

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Escuela Profesional de Agronomía

**EFFECTO DE DOSIS Y MOMENTOS DE APLICACIÓN DEL
BIOFERTILIZANTE EN EL RENDIMIENTO DE MAÍZ (*Zea
mays* L.) ECOTIPO CABANITA EN LARI-AREQUIPA**

TESIS

Presentado por:

Bach. David Franklin Calderón Vilca

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO AGRÓNOMO

TACNA – PERÚ

2026

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Escuela Profesional de Agronomía

**EFFECTO DE DOSIS Y MOMENTOS DE APLICACIÓN DEL
BIOFERTILIZANTE EN EL RENDIMIENTO DE MAÍZ (Zea mays L.) ECOTIPO
CABANITA EN LARI-AREQUIPA**

TESIS SUSTENTADA Y APROBADA EL 3 DE NOVIEMBRE DEL
2025 SIENDO EL JURADO CALIFICADOR:

PRESIDENTE:


Dr. OSCAR OCTAVIO FERNÁNDEZ CUTIRE

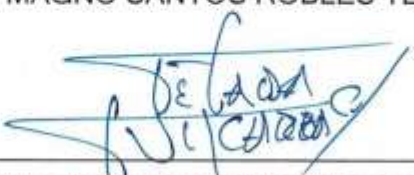
SECRETARIO:


Dr. NIVARDO NÚÑEZ TORREBLANCA

VOCAL:


MSc. MAGNO SANTOS ROBLES TELLO

ASESOR:


Dr. JUAN CARLOS TEJADA VIZCARRA

CERTIFICADO DE SIMILITUD

Yo, Juan Carlos Tejada Vizcarra , en mi calidad de asesor acreditado mediante la **Resolución de Facultad/Resolución de Pregrado N.º 15320-2025-FI/UNJBG**, de fecha 04 de diciembre de 2025, del trabajo de tesis titulado: "Efecto de dosis y momentos de aplicación del biofertilizante en el rendimiento de maíz (Zea mays L.) ecotipo cabañita en Lari-Arequipa", presentado por el Bach. David Franklin Calderón Vilca, para optar el título profesional de Ingeniera Agrónoma.

Habiendo verificado el cumplimiento de lo dispuesto en el Reglamento de Originalidad y Similitud de trabajos de investigación y producción intelectual, y considerando que, conforme a la revisión, evaluación y análisis efectuados a través del software de similitud textual **TURNITIN**, el documento presenta un nivel de similitud del 4%, porcentaje que se encuentra dentro de los parámetros establecidos, **CERTIFICO** que la tesis cumple con los criterios normativos de originalidad y similitud, quedando autorizada para proseguir con los trámites correspondientes, incluida su sustentación y publicación en el Repositorio Institucional de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann.

Se expide el presente certificado a solicitud de la interesada, para los fines pertinentes.

Tacna, 04 de diciembre del 2025

FIRMA DEL ASESOR:

Nombres y Apellidos:



Dr. Juan Carlos Tejada Vizcarra
DNI:30820494



FIRMA DEL TESISTA:

Nombres y Apellidos:



Bach. David Franklin Calderón
Vilca
DNI:75165613



DEDICATORIA

Esta obra está dedicada, en primer lugar, a mi amado Dios, quien mora en lo más alto de los cielos y ha sido mi guía constante. En segundo lugar, a mi madre, cuyo amor incondicional, compañía permanente y esfuerzo incansable me brindaron todo lo necesario para alcanzar esta tan anhelada meta. Asimismo, dedico este trabajo a mi querido hermano, por su fe inquebrantable en mí y por el apoyo generoso que siempre me ha ofrecido.

AGRADECIMIENTOS

Expreso mi más profundo agradecimiento, en primer lugar, a Dios, por la sabiduría y fortaleza otorgadas en los momentos en que más las necesité. A mis padres, por su apoyo incondicional y permanente, que ha sido la base de mis logros. A mi hermano, por su presencia y fraternidad sincera. A mis amigos, por su apoyo moral constante y compañía en los momentos más difíciles de mi vida. Finalmente, extendiendo mi gratitud a mis docentes, por el conocimiento, la orientación y las enseñanzas transmitidas a lo largo de mi formación.

ÍNDICE DE CONTENIDO

Hoja de Jurados.....	ii
Certificado de Similitud	iii
Dedicatoria.....	iv
Agradecimientos	v
Índice de Contenido	vi
Índice de Tablas.....	ix
Índice de Figuras	x
Resumen	xi
Abstract.....	xii
Introducción	1
Capítulo I: El Problema	3
1.1 Planteamiento del problema	3
1.1.1 Problema general	5
1.1.2 Problema específico	5
1.2 Justificación	5
Capítulo II: Objetivos e Hipótesis	9
2.1 Objetivos.....	9
2.1.1 Objetivo general	9
2.1.2 Objetivo específico	9
2.2 Hipótesis.....	9
2.2 Variables.....	10

2.3.1 Variables independientes (x):	10
2.3.2 Variables dependientes (Y):	10
Capítulo III: Marco Teórico.....	11
3.1 Antecedentes.....	11
3.1.1 Antecedentes internacionales	11
3.1.2 Antecedentes nacionales	14
3.2 Fenología y manejo agronómico	17
3.3 Biofertilizante	22
3.3.1 Tipos de biofertilizantes.....	23
3.3.2 Características fisicoquímicas y biológicas del biofertilizante procedente de desechos de peces.....	24
3.3.3 Biofertilizante elaborado a base de Hidrolizados Proteicos (HP) de pescado.....	25
3.3.4 Efecto beneficios de la aplicación de biofertilizante en la agricultura.....	25
3.3.5 Efecto de la aplicación de fertilizantes químicos y biofertilizantes sobre Maíz (Zea mays).....	27
3.4 Descripción de la Especie (Zea).....	28
3.4.1 Maíz (Zea mays).....	28
3.4.2 Clasificación Taxonómica.....	29
3.4.3 Morfología	30
3.4.4 Fertilización	33
Capítulo IV: Materiales y Métodos	34
4.1 Nivel de la investigación	34

4.2 Ubicación del campo experimental	34
4.2.1 Ubicación geográfica.	34
4.5 Material experimental.....	39
4.6 Factores de estudio	40
4.6.1 Codificación de los tratamientos.....	41
4.7 Diseño experimental	42
4.8 Características del campo experimental	42
4.9 Aleatorización del campo experimental	43
4.10 Variables de respuesta	43
4.12 Análisis de datos	49
Capítulo V: Resultados y Discusiones	50
5.1 Resultados.....	50
5.2 Discusiones.....	64
Conclusiones	71
Recomendaciones	72
Revisión Bibliográfica.....	73
Anexos	81

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Análisis físico – químico de suelo del área experimental.....	35
Tabla 2. Situación del clima en la zona experimental.....	37
Tabla 3. Codificación de tratamientos aplicados	41
Tabla 4. Análisis de varianza de altura de planta (cm) del cultivo de maíz ecotipo Cabanita	50
Tabla 5. Análisis de varianza de peso de frutos por planta (g) del cultivo de maíz ecotipo Cabanita	51
Tabla 6. Prueba de significación Tukey del factor biofertilizante de peso de mazorca por planta (g)	52
Tabla 7. Prueba de significación Tukey del factor momentos de aplicación en peso de mazorca por planta (g).....	53
Tabla 8. Análisis de varianza de longitud de mazorca (cm) del cultivo de maíz ecotipo Cabanita	54
Tabla 9. Análisis de varianza de diámetro de mazorca (cm) del cultivo de maíz ecotipo Cabanita	55
Tabla 10. Prueba de significación Tukey del factor dosis de bioestimulante del diámetro de mazorca (cm).....	56
Tabla 11. Prueba de significación Tukey del factor momentos de aplicación del diámetro de mazorca (cm).....	57
Tabla 12. Análisis de varianza de volumen radicular (cm ³) del cultivo de maíz ecotipo Cabanita	58
Tabla 13. Prueba de significación Tukey del factor dosis de biofertilizante de volumen radicular (cm ³)	59

Tabla 14. Análisis de varianza de rendimiento total (t/ha) del cultivo de maíz ecotipo Cabanita	60
Tabla 15. Prueba de significación Tukey del factor dosis de biofertilizante de rendimiento total (t/ha)	61
Tabla 16. Prueba de significación del factor momentos de aplicación de rendimiento total (t/ha)	62
Tabla 17. Prueba de significación Tukey de la interacción dosis de biofertilizante y momentos de aplicación en rendimiento total (t/ha).....	63

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Campo experimental (distribución de tratamientos) 43

Figura 2. Barras de rendimiento total (t/ha)..... 64

RESUMEN

El presente estudio titulado “Efecto de dosis y momentos de aplicación del biofertilizante en el rendimiento de maíz (*Zea mays* L.) ecotipo Cabanita en Lari – Arequipa” tuvo como objetivo evaluar el efecto de diferentes dosis y frecuencias de aplicación de un biofertilizante a base de hidrolizado de pescado sobre el rendimiento del cultivo. El experimento se realizó bajo un Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA) con arreglo factorial 3×3, nueve tratamientos y cuatro repeticiones, considerando tres dosis (0,40; 0,80 y 1,20 L/ha) y tres momentos de aplicación (4, 6 y 8 veces por campaña). Los resultados mostraron efectos significativos en variables productivas como peso de mazorca (478,17 g), diámetro de mazorca (23,45 cm), volumen radicular (9 544,37 cm³) y rendimiento total de grano seco (14,82 t/ha), destacando la combinación 1,20 L/ha aplicada ocho veces (a₂b₂) como la de mejor desempeño; en contraste, la altura de planta y la longitud de mazorca no evidenciaron diferencias estadísticas.

Palabras clave: Maíz Cabañita, biofertilizante, hidrolizado de pescado, rendimiento.

ABSTRACT

The present study entitled "Effect of doses and timing of biofertilizer application on the yield of corn (*Zea mays* L.) Cabanita ecotype in Lari - Arequipa" had the objective of evaluating the effect of different doses and frequencies of application of a biofertilizer based on fish hydrolysate on crop yield. The experiment was conducted under a Randomized Complete Block Design (RCBD) with a 3×3 factorial arrangement, nine treatments and four replications, considering three doses (0,40; 0,80 and 1,20 L/ha) and three application times (4, 6 and 8 times per season). The results showed significant effects on productive variables such as ear weight (478,17 g), ear diameter (23,45 cm), root volume (9 544,37 cm³) and total dry grain yield (14,82 t/ha), highlighting the combination 1,20 L/ha applied eight times (a2b2) as the best performer; in contrast, plant height and ear length did not show statistical differences.

Key words: Cabañita corn, biofertilizer, fish hydrolysate, yield.

INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays* L.) constituye uno de los cultivos más relevantes a nivel mundial por su versatilidad alimentaria, industrial y pecuaria, con una producción estimada de 1 161,86 millones de toneladas en la campaña 2022/2023 (Producción Agrícola Mundial, 2022). En el contexto peruano, la importancia del cultivo se refleja en la diversidad de razas nativas y variedades locales, que además de representar un recurso alimenticio estratégico, forman parte de la identidad cultural y económica de diversas regiones. Particularmente en la región de Arequipa, el maíz Cabañita ocupa un lugar destacado por su amplia aceptación en la dieta y por su potencial para dinamizar la economía agrícola local, registrando en los últimos años rendimientos promedios de 3,02 t/ha para maíz amiláceo y 16,05 t/ha para maíz choclo (SIEA, 2024).

No obstante, la dependencia creciente del uso de fertilizantes sintéticos en los sistemas agrícolas convencionales ha generado consecuencias adversas como la degradación de suelos, la contaminación de cuerpos de agua y la reducción de la biodiversidad microbiana, además de riesgos para la salud de los agricultores y consumidores (Mendoza, 2023). En este escenario, surge la necesidad de adoptar tecnologías sostenibles de fertilización que reduzcan el impacto

ambiental y fortalezcan la seguridad alimentaria, siendo los biofertilizantes de origen orgánico una alternativa viable. Entre ellos, el hidrolizado de pescado, obtenido a partir de la valorización de residuos de la agroindustria pesquera, destaca por su aporte de nutrientes esenciales, aminoácidos y compuestos bioactivos que favorecen el crecimiento y la productividad vegetal.

Diversos estudios internacionales y nacionales han demostrado el potencial de este insumo en distintos cultivos. Investigaciones como las de Saputra et al. (2022) en arroz y De la Cruz (2020) en zucchini evidenciaron incrementos en absorción de nutrientes y rendimiento; mientras que, en el ámbito nacional, trabajos de Delgado et al. (2019) y Flórez et al. (2020) confirmaron la eficacia de fertilizantes elaborados con subproductos de trucha y jurel, al mejorar parámetros de crecimiento y germinación. Estos antecedentes resaltan la pertinencia de explorar el uso del hidrolizado de pescado en cultivos de importancia local como el maíz Cabañita, bajo condiciones agroecológicas altoandinas.

En este marco, la presente investigación se planteó como objetivo general evaluar el efecto de diferentes dosis y momentos de aplicación de biofertilizante en el rendimiento del maíz ecotipo Cabañita en Lari – Arequipa.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del problema

El maíz es el cereal con el mayor rendimiento de grano por hectárea a nivel mundial y ocupa el segundo lugar en producción global, solo después del trigo. Su relevancia económica es indiscutible, ya que sirve tanto como alimento para humanos y ganado, como para la elaboración de productos industrializados (Simón & Golik, 2018). El Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) estimó que la producción mundial de maíz para el período 2022/2023 alcanzaría los 1 161,86 millones de toneladas, subrayando su importancia como alimento esencial en el ámbito global (Producción Agrícola Mundial.com, 2022).

A nivel nacional, según el SIEA (2024), durante el 2023 se registró una producción de 1 124 276,67 toneladas de maíz amarillo duro, 208 781,75 toneladas de maíz amiláceo y 379 101,61 toneladas de maíz choclo. En la región de Arequipa, la producción estimada fue de 1 078,00 toneladas de maíz amarillo duro, 7 211,65 toneladas de maíz amiláceo y 30 675,44 toneladas de maíz choclo, con rendimientos de 8,84 t/ha para maíz amarillo duro, 3,02 t/ha para maíz amiláceo y 16,05 t/ha para maíz

choclo, según los informes del Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego – Sistema Integrado de Estadística Agraria (SIEA).

Sin embargo, los rendimientos obtenidos bajo un manejo agronómico convencional, basado en el uso de fertilizantes sintéticos, han provocado un deterioro progresivo de los suelos agrícolas, la contaminación de fuentes de agua, y un desequilibrio nutricional que afecta la absorción de nutrientes en las plantas. Estos factores, además, han contribuido a la aparición de enfermedades en los agricultores y a la reducción de la calidad de los alimentos producidos. Por ello, resulta crucial la implementación de nuevas técnicas de fertilización que no solo satisfagan las necesidades de los cultivos, sino que también minimicen el uso de fertilizantes inorgánicos, buscando equilibrar la producción agrícola y la conservación del ecosistema (Mendoza, 2023).

Dada la importancia del cultivo de maíz en la región de Arequipa, tanto por su alta demanda como por su papel en la producción de productos derivados, este estudio tiene como objetivo evaluar el efecto de diferentes dosis y momentos de aplicación de biofertilizante, específicamente hidrolizado de pescado, en el rendimiento del maíz ecotipo Cabanita en el distrito de Lari, Arequipa; pretendiendo no solo

mejorar los rendimientos del cultivo, sino también promover una agricultura más sustentable y respetuosa con el medio ambiente.

1.1.1 Problema general

¿Cuál será la dosis y el momento de aplicación de biofertilizante más adecuado en el rendimiento de Maíz ecotipo Cabanita en el distrito de Lari-Arequipa?

1.1.2 Problema específico

¿Cuál será la dosis de biofertilizante (hidrolizado de pescado) más adecuado en el rendimiento de Maíz ecotipo Cabanita en Lari- Arequipa?

¿Cuál será el momento de aplicación de biofertilizante (hidrolizado de pescado) más adecuado en el rendimiento de Maíz ecotipo Cabanita en Lari - Arequipa?

1.2 Justificación

El uso intensivo y prolongado de fertilizantes sintéticos en la agricultura moderna ha precipitado una serie de problemas ambientales y de salud pública que requieren atención urgente. La degradación del suelo, la contaminación de los cuerpos de agua y la pérdida de biodiversidad del suelo son solo algunas de las consecuencias adversas

de estos agroquímicos. Adicionalmente, los agricultores expuestos a estos productos enfrentan riesgos para su salud, y la calidad de los alimentos producidos se ve comprometida. Estas circunstancias demandan la adopción de nuevas técnicas de fertilización que no solo satisfagan las necesidades nutricionales de los cultivos, sino que también minimicen el impacto ambiental y promuevan la salud de los ecosistemas agrícolas.

El cultivo de maíz, uno de los cereales más importantes a nivel global, es particularmente relevante en la región de Arequipa, donde desempeña un papel importante en la economía local y en la producción de alimentos diversificados. La importancia económica y alimentaria del maíz se refleja en su alto rendimiento y su amplio uso, tanto como alimento humano, forraje para ganado y materia prima para productos industriales. Por lo tanto, optimizar las prácticas de cultivo del maíz no solo tiene implicaciones económicas significativas, sino también repercusiones directas en la sostenibilidad alimentaria y ambiental.

El hidrolizado de pescado, un tipo de biofertilizante líquido, se presenta como una alternativa viable a los fertilizantes sintéticos. Este producto, derivado de la descomposición enzimática de proteínas de pescado, es rico en nutrientes esenciales como el N:P:K en una relación

de 4:2:2 equiparándose a una aplicación convencional de 20:20:20 (Cevallos & Hidalgo, 2018) y puede mejorar la fertilidad del suelo y el crecimiento de las plantas de manera sostenible. La utilización de biofertilizantes como el hidrolizado de pescado puede contribuir significativamente a la reducción de la contaminación ambiental y a la mejora de la salud del suelo, al tiempo que proporciona a las plantas los nutrientes necesarios para un crecimiento óptimo.

La investigación propuesta busca evaluar la eficiencia de diferentes dosis y momentos de aplicación de biofertilizante en el cultivo de maíz en Arequipa. Este enfoque no solo pretende mejorar el rendimiento del maíz, sino también promover prácticas agrícolas que sean ambientalmente responsables y económicamente viables. La investigación se enfoca en parámetros clave como la productividad del maíz, la calidad del suelo y la reducción de la dependencia de fertilizantes químicos sintéticos. Los resultados esperados podrían proporcionar valiosas recomendaciones para los agricultores locales y servir como un modelo replicable en otras regiones con condiciones agrícolas similares.

Además, este estudio tiene el potencial de influir en políticas agrícolas y en la adopción de prácticas sostenibles a nivel regional y nacional. Al demostrar los beneficios de los biofertilizantes líquidos, se

pueden fomentar políticas que apoyen la transición hacia una agricultura más sostenible y menos dependiente de productos químicos sintéticos. Esto no solo beneficiará a los agricultores y al medio ambiente, sino que también contribuirá a la producción de alimentos más saludables y a la protección de los recursos naturales.

CAPÍTULO II

OBJETIVOS E HIPÓTESIS

2.1 Objetivos

2.1.1 Objetivo general

Evaluar el efecto de dosis y momentos de aplicación de biofertilizante en el rendimiento de Maíz ecotipo Cabanita en Lari – Arequipa.

2.1.2 Objetivo específico

Determinar la dosis de biofertilizante de mayor significación en el rendimiento de Maíz ecotipo Cabanita en Lari -Arequipa.

Determinar la frecuencia de aplicación de biofertilizante de mayor significación en el rendimiento de Maíz ecotipo Cabanita en Lari – Arequipa.

2.2 Hipótesis

2.2.1 Hipótesis general

Existe una dosis y frecuencia de aplicación de biofertilizante (hidrolisis de pescado) de mayor significación en el rendimiento de Maíz ecotipo Cabanita en Lari – Arequipa.

2.2.1 Hipótesis general

Que, al menos una dosis de biofertilizante (hidrolisis de pescado) influye significativamente en el rendimiento de Maíz ecotipo Cabanita en Lari – Arequipa.

La frecuencia de aplicación de biofertilizante (hidrolisis de pescado) influye significativamente en el rendimiento de Maíz ecotipo Cabanita en Lari – Arequipa.

2.2 Variables

2.3.1 Variables independientes (x):

- Dosis de aplicación de biofertilizante.
- Momentos de aplicación de biofertilizante.

2.3.2 Variables dependientes (Y):

- Altura de planta (cm)
- Peso de frutos por planta (g)
- Longitud de mazorca (cm)
- Diámetro de mazorca (cm)
- Profundidad de raíz (cm)
- Rendimiento total (t/ha)

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO

3.1 Antecedentes

3.1.1 Antecedentes internacionales

Zapata & Gutiérrez (2017), Mencionan en su estudio: “Hidrolizados de pescado-producción, beneficios y nuevos avances en la industria”, Universidad Nacional de Colombia sede Palmira – Colombia, periodo 2017”. El objetivo principal de esta revisión es promover la producción, el desarrollo y las investigaciones innovadoras sobre el hidrolizado de pescado desde una perspectiva nutricional, funcional y tecnológica, nos informan sobre la relevancia de la cadena de producción de la agroindustria en la economía global, así como sobre la considerable cantidad de subproductos generados anualmente por esta industria, lo que resulta en pérdidas económicas y ambientales. Estos subproductos tienen el potencial de ser aprovechados por otras industrias, la aplicación de técnicas de hidrólisis permite el procesamiento integral de estos subproductos de pescado, respaldado por investigaciones en curso y tecnologías que buscan mejorar los procesos para obtener resultados óptimos

De La Cruz (2020), en su tesis: "Efecto de la aplicación de biofertilizantes para mejorar el rendimiento de zucchini el Guabo el Oro", Universidad Agraria del Ecuador, Guayaquil – Ecuador, periodo 2020". con el objetivo de analizar los efectos de distintas dosis de biofertilizantes en la producción de zucchini (*Cucúrbita pepo* L.). Este experimento estableció un diseño de bloques completo al azar (DBCA) con cinco tratamientos y cuatro repeticiones; como resultado llegó a encontrar que el tratamiento T1 (Humus de lombriz) fue el de mejores resultados sobre todo en rendimiento con 9 487,50 kg/ha, seguido del T2 (Guano de murciélago) con un valor de 8 748,96 kg/ha y el T5 (Testigo absoluto) con el menor promedio de 6 106,25 kg/ha.

Saputra et al. (2022), Mencionan en su estudio: "Absorción de nutrientes y rendimiento del arroz cultivado bajo intensificación con aminoácidos de pescado como fertilizante orgánico líquido", Universidad Lambung Mangkurat, Banjarbaru, Kalimantan del Sur - Indonesia, periodo 2020-2022. Este estudio evaluó el impacto de los aminoácidos de pescado, utilizados como fertilizante líquido orgánico (FAA), en el rendimiento del cultivo intensivo de *Oryza sativa* L. "arroz". se llevó en condiciones de invernadero, utilizando un diseño completamente aleatorizado con cinco tratamientos: Control (T0), 1 mL FAA/L (T1), 2 mL FAA/L (T2), 3 mL FAA/L (T3) y 4 mL FAA/L (T4). La aplicación de FAA

tuvo un impacto significativo en la absorción de fósforo, el peso de la biomasa fresca, el peso del grano y la productividad del cultivo, aunque no mostró un efecto significativo en la absorción de potasio, el peso de la biomasa seca y el peso de 100 granos de arroz, el tratamiento más efectivo fue T1, que aumentó la absorción de fósforo en más del 20 % y el peso seco, así como la productividad del arroz en más del 30 % en comparación con el control y estos resultados respaldan la utilidad de los aminoácidos de pescado como fertilizante para el cultivo de arroz.

Kusuma et al. (2021), Mencionan en su estudio: “El uso de fertilizantes orgánicos a base de desechos de pescado para mejorar el crecimiento del arroz rojo balinés (*Oriza Sativa* L. Cv. Barak Cenana)”, Universidad Udayana – Indonesia, periodo 2021. El objetivo de este estudio fue investigar el efecto del fertilizante orgánico líquido elaborado a partir de desechos de pescado sobre el crecimiento de plántulas de arroz rojo de Bali, en el experimento se aplicó un Diseño Completo Aleatorio (CRD) que consistió en 8 tratamientos con 5 repeticiones, estos correspondientes a diferentes concentraciones: 0,5 % (T1), 1 % (T2), 1,5 % (T3), 2 % (T4), 2,5 % (T5), 3 % (T6), y los controles fueron sin fertilizante (T0) y con bacterias promotoras del crecimiento de las plantas, PGPR (T7). Los resultados mostraron que la aplicación de un 2,5% de fertilizante de desechos de pescado produjo los resultados más altos,

luego de la medición de parámetros, incluido el porcentaje de germinación (88,18%), la altura de la planta (28,78 cm) y la longitud de la raíz (20,74 cm) en el día 15 después de la siembra, estos resultados confirman los beneficios del fertilizante líquido a base de residuos de pescado en la germinación y crecimiento inicial de las plántulas de arroz.

3.1.2 Antecedentes nacionales

Florez et al. (2020), Mencionan en su estudio: “Evaluación de fitotoxicidad y caracterización de un fertilizante líquido elaborado mediante fermentación láctica utilizando subproductos del procesamiento de trucha (*Oncorhynchus mykiss*), Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima – Peru, periodo 2019. El objetivo de la investigación fue elaborar un fertilizante líquido utilizando subproductos de trucha (FLVT), caracterizarlo y evaluar la fitotoxicidad, en la prueba de fitotoxicidad en semillas de lechuga *Lactuca sativa*, las concentraciones del FLVT de 0,1% a 0,001% estuvieron libres de sustancias fitotóxicas y con valores de índice de germinación (IG) mayores a 80%, por lo cual se recomienda el uso de este bioproceso en los subproductos del procesamiento primario de la actividad acuícola debido al clima de la selva peruana, la fermentación puede ser llevada a cabo si el uso de equipos costosos.

Delgado et al. (2019), Mencionan en su estudio: “Elaboración de Fertilizante Orgánico a partir de vísceras de trucha (*Oncorhynchus mikyss*) y jurel (*Trachurus murphyi*), cuantificación y evaluación del efecto de los nutrimentos minerales, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa – Perú, periodo 2018”. La investigación se realizó con la finalidad de elaborar un fertilizante a partir de vísceras de pescado, donde se evaluó la proporción entre las vísceras y el agua, además del tipo de organismo (trucha o jurel), la cantidad de levadura, la temperatura y pH, para el proceso más eficiente, en razón del mayor contenido de minerales: nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio, y como resultado se observó que el fertilizante producido con una proporción del 75 % de vísceras de jurel y un 25 % de agua presentaba las concentraciones más altas de nitrógeno (0,56 %), fósforo (1 732,56 ppm) y potasio (0,046 %), a los 20 días de aplicar el Biol y el Biosol obtenidos de trucha y jurel, se registró un aumento en el crecimiento de las plantas de lechuga y rábano en comparación con los grupos de control no tratados, estos resultados sugieren que los fertilizantes derivados de residuos de pescado fermentados tienen la capacidad de mejorar el desarrollo vegetal.

Sánchez et al. (2023), Mencionan en su estudio: “Biofertilizante a base de desechos de pescado aumenta el rendimiento de *Vigna unguiculata* L. Walp, *zea mays* L., y la microbiota rizosférica, Universidad

Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque -Perú”, periodo 2023. El objetivo de esta investigación fue determinar el efecto de un biofertilizante proveniente de desechos de peces sobre el rendimiento de caupí y maíz, y su efecto sobre su microbiota rizosférica, donde se determinaron las características fisicoquímicas y biológicas del biofertilizante, para luego ser aplicado en campo bajo un diseño de bloques completamente al azar con seis tratamientos: testigo absoluto, testigo químico, biofertilizante al 1%; 1,25%; 1,5% y 1,25% más fertilizante químico, los hallazgos de esta investigación confirman que es viable reducir en un 50% la cantidad de fertilizante químico utilizado en cultivos de relevancia económica, como parte de un enfoque de agricultura sostenible. Además, este estudio inaugura la posibilidad de explorar cómo influyen en el crecimiento y la productividad agrícola los biofertilizantes elaborados a partir de desechos de peces y los promotores del crecimiento vegetal.

(Maquen-Perleche et al., 2023), Presentan su tesis: “Efecto del Biol de residuos de pescado en el rendimiento y microorganismos rizosféricos de *Vigna unguiculata* L. Walp y *Zea mays* L.” Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque – Perú, periodo 2023. El objetivo de la investigación fue determinar el efecto del Biol de residuos de pescado en el rendimiento y microorganismos rizosféricos de frijol caupí y maíz, bajo un diseño de bloques completamente aleatorios con seis tratamientos:

Testigo (T1), Fertilizante químico, FQ (T2), Biol 1 % (T3), Biol 1,25 % (T4), Biol 1,5 % (T5) y Biol 1,25 % + FQ 100 % (T6). El biol obtenido con el tratamiento, que consistía en una combinación específica de melaza, consorcio microbiano, agua desclorada y residuo hidrobiológico, demostró tener un pH de 4,3 y contenía altos porcentajes de materia orgánica, nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio, estas características hicieron que fuera reconocido como un abono orgánico adecuado para su uso en la agricultura sin contaminación aumentó los parámetros de crecimiento vegetativo y el rendimiento en biomasa aérea fresca y seca del maíz amarillo duro, y de esta manera demostró el efecto benéfico del Biol de residuos de pescado en el desarrollo de frijol caupí y maíz y en la fertilidad microbiana del suelo.

3.2 Fenología y manejo agronómico

La fenología del cultivo de maíz, se refiere a las diferentes etapas que experimenta a lo largo de su ciclo de vida, estas etapas implican cambios significativos en su morfología y fisiología a medida que avanza el tiempo donde existen diversas escalas para describir el desarrollo, siendo una de las más comunes la propuesta por Ritchie y Hanway. Esta escala divide el ciclo del maíz en dos grandes etapas: la vegetativa y la reproductiva (Simón & Golik, 2018).

En el estudio de la fenología del maíz blanco Urubamba, se identificaron disparidades que podrían atribuirse a una variedad de condiciones ambientales, como temperatura, humedad, tipo de suelo y altitud. Se evidenció que el porcentaje de emergencia y el diámetro del tallo variaron significativamente, mostrando una respuesta positiva con un 98,96% de emergencia y un diámetro promedio de 32,78 mm en diversas regiones de Perú (Torres, 2023)

Estas variedades experimentan cambios en respuesta a las condiciones ambientales o al manejo, la mayoría de estas adaptaciones son adaptativas, lo que implica que tienen la capacidad de reproducirse de manera más efectiva en el entorno en el que se desarrollan (Gamarra et al., 2020). Es crucial tener en cuenta la adaptabilidad del maíz blanco Urubamba en la producción agrícola, ya que esta característica permite que una variedad de maíz pueda prosperar y ser cultivada en diversas condiciones ambientales (Caldas, 2018). En la región amazónica del Perú, es necesario considerar los factores ambientales del suelo para determinar cuáles son las variedades de maíz más apropiadas para la zona.

El desarrollo de los cultivos está regulado por la genética, factores ambientales y la sucesión de los distintos estados o procesos fisiológicos

y morfológicos, de esta manera se conoce la fase de fenología (Quiñones, 2022).

VE: "Fase de Emergencia, desde que la radícula emerge hasta que el coleóptilo aparece sobre el suelo".

V1: "Desarrollo de la primera hoja, se considera completamente emergida cuando el cuello es visible, marcando la línea entre el cuerpo y la vaina, con una curva definida. Primero se ve la punta de la hoja, seguida del cuerpo y finalmente el cuello y la vaina".

V2: "Desarrollo de la segunda hoja".

V3: "Desarrollo de la tercera hoja. En promedio, el maíz presenta tres hojas a los doce días, con el punto de crecimiento del tallo debajo de la superficie del suelo".

V3: "Tiene un efecto mínimo o nulo en el punto de crecimiento o el rendimiento final del grano".

V5: "Completa formación de hojas y espigas, con la aparición de una panoja de tamaño microscópico en el extremo superior del tallo".

VN: "Desarrollo de la enésima hoja".

VT: "Inicio del panojamiento, que ocurre unos 2 o 3 días antes de que las barbas emerjan completamente, y se completa con la aparición de las anteras de las flores en la panoja".

Fases de reproducción del maíz (*Zea mays*)

R1: "Emergencia completa de las barbas, aproximadamente 66 días después de la siembra, con un período de 3 días para la polinización de todos los pistilos (barbas) de una espiga".

R2: "Formación de la ampolla (blíster), alrededor de 10 a 14 días después de la emergencia de las barbas".

R3: "Etapa del grano lechoso, después de 18 a 22 días de la emergencia de las barbas, con granos de color amarillo. La calidad de esta etapa determina el desarrollo y tamaño de los granos".

R4: "Etapa del grano pastoso, con acumulación de almidón en el endospermo y un embrión más desarrollado que en la etapa R3, con 4 hojas embrionarias".

R5: "Etapa del grano dentado, con secado externo de los granos y formación de una capa dura de almidón de color blanco, indicando la necesidad de hacer ensilaje".

R6: "Madurez fisiológica, en la que los granos alcanzan su peso máximo y se produce la abscisión en la zona de unión con la panoja, con un contenido de humedad del 30 al 35%".

El ciclo fenológico del cultivo se vio afectado por la temperatura ambiente impactó en el rendimiento, resultando en un promedio de 7,42 toneladas por hectárea, significativamente inferior al promedio genético especificado para la variedad DEKALB 7508, con una duración de 13 días para la emergencia hasta la primera hoja verdadera, 76 días para el crecimiento vegetativo, 18 días para la floración y fecundación, y 61 días para el llenado de grano y madurez, totalizando 175 días desde la siembra hasta la madurez, este retraso se atribuye al clima frío durante el desarrollo del estudio, además registró una altura máxima de 2,10 metros para el crecimiento del cultivo de maíz amarillo duro (*Zea mays* L.) var. Dekalb 7508 (Campos, 2022).

El maíz es susceptible al frío y puede sufrir daños a temperaturas que oscilan entre 0 °C y 10 °C bajo luz normal, y entre 10 °C y 15 °C bajo luz radiante, dependiendo de la variedad específica. La influencia de temperaturas más bajas se refleja en la función enzimática y las propiedades de la membrana, lo cual se manifiesta en una reducción de la

fotosíntesis, el crecimiento, el alargamiento de las hojas y la capacidad de absorción de agua y nutrientes (Guzman, 2017).

Se indica que las condiciones óptimas de temperatura para el cultivo de maíz son diferentes según la ubicación geográfica. En áreas áridas, se considera apropiado un rango de temperatura entre 30°C y 34°C, mientras que en zonas tropicales en altiplanos se sitúa alrededor de los 21°C, se destaca que las temperaturas fuera de los rangos óptimos pueden restringir el potencial de producción en regiones tropicales debido a su impacto en la tasa metabólica, además, se señala que las diferencias en la producción de cultivos en diversos entornos se atribuyen a la duración prolongada de los estados fenológicos de los cultivos; a mayor duración del ciclo de cultivo, menor producción se obtiene (Mallma, 2019).

3.3 Biofertilizante

El maíz desempeña un papel crucial en la seguridad alimentaria del país, siendo un cultivo de suma relevancia en el territorio. Durante las últimas dos décadas, ha experimentado un notable aumento en su rendimiento y popularidad, en gran parte gracias a la introducción y adopción de una amplia gama de híbridos de semillas.

3.3.1 Tipos de biofertilizantes

3.3.1.1 Hidrolizados Proteicos (HP) de pescado

Los hidrolizados de proteína de pescado (HPP) se destacan como una fuente proteica de alta calidad debido a su equilibrio de aminoácidos, su fácil digestión y su rápida absorción en el organismo, también se han considerado eficaces como fertilizantes para plantas, mejorando el crecimiento y el rendimiento de los cultivos a los que se aplican. Además, se ha observado que pueden influir positivamente en la producción de compuestos fitoquímicos valiosos, que pueden tener potencial como nutraceuticos o antioxidantes en la industria alimentaria (Zapata & Gutiérrez, 2017)

Una amplia variedad de pescados, incluyendo el salmón, la sardina, el arenque, el bacalao, el bagre, el tiburón, el capelán, el atún, el calamar y la langosta, se utilizan como materias primas para la obtención de estos hidrolizados, siendo objeto de numerosos estudios e investigaciones, se refiere a organismos marinos fallecidos, en mal estado o desechados, así como a partes como recortes, cabezas, intestinos, colas, aletas, piel, escamas y huesos de peces (Ahuja et al., 2021).

3.3.1.2 Biol

El biol, un fertilizante líquido de origen orgánico, se produce mediante la fermentación anaeróbica de residuos orgánicos este proceso se lleva a cabo en un biodigestor, un recipiente hermético donde se combinan estiércoles de animales y agua en proporciones adecuadas, dejándolos fermentar durante un período determinado. La fermentación resultante genera biogás, que puede aprovecharse como fuente de energía, mientras que el producto obtenido se utiliza como fertilizante en la agricultura (Sarmiento et al., 2023)

3.3.2 Características fisicoquímicas y biológicas del biofertilizante procedente de desechos de peces

El biofertilizante mostró contenidos de nitrógeno (1,65%), fósforo (2,98%), potasio (1,25%), así como presencia de calcio, magnesio, sodio, carbonatos, bicarbonatos, cloruros y sulfatos. En términos microbiológicos, el biol registró una cantidad inferior a 1,8 NMP/100 mL de coliformes totales, termotolerantes, E. coli y Salmonella spp., resultados comparables a los obtenidos con varios tipos de fertilizantes líquidos (Sánchez et al., 2023).

3.3.3 Biofertilizante elaborado a base de Hidrolizados Proteicos (HP) de pescado

Se trata del líquido estabilizado que resulta de la descomposición anaeróbica de materia orgánica (León et al., 2019) El Biol se produce mediante la fermentación anaeróbica de diversos residuos de pescado, ya sean de origen industrial, artesanal o del mercado, para estos se utiliza residuos donde pueden incluir especímenes descartados, cabezas, huesos, vísceras y escamas, y se sigue un proceso de fermentación implica el uso de una combinación de microorganismos como *Saccharomyces cerevisiae* durante 15 días, *Bacillus subtilis* durante 25 días, *Pseudomonas stutzeri* y *Bacillus flexus* durante 4 días, y levadura durante 90 días. También se puede realizar la fermentación con ácido acético, o incluso sin la adición de microorganismos ni enzimas durante un período de 15 días (Thendral & Geetha, 2019).

3.3.4 Efecto beneficios de la aplicación de biofertilizante en la agricultura

Se han identificado diferencias estadísticamente significativas entre las diversas dosis de abono y los tipos de fertilizantes en relación con el tamaño de las mazorcas, la cantidad de mazorcas por planta y el peso de los granos por área neta experimental y por hectárea, se observa un

impacto considerable en el tamaño y la cantidad de mazorcas por planta con la aplicación de abonos orgánicos, muestran diferencias estadísticas entre sí, presentando mejores resultados que el grupo de control (Caldas, 2018)

La producción de abonos orgánicos también brinda una oportunidad económica para las poblaciones de pescadores y agricultores, siendo una actividad rentable debido al bajo costo de los residuos y la inversión económica mínima requerida en equipos y procesos, las vísceras de pescado, siendo subproductos de la pesca y la acuicultura, pueden ser reutilizadas como materia prima en procesos de fermentación anaeróbica para la producción de abonos orgánicos, así como en procesos de ensilaje biológico para la elaboración de alimento para animales (Delgado et al., 2019).

Las semillas tratadas con una concentración del 2,5% de fertilizante exhibieron los mejores resultados en términos de porcentaje medio de germinación (88,18%), altura de la planta (28,78 cm), cantidad de hojas (2,8) y longitud de la raíz (20,74 cm), la inmersión de semillas en fertilizante derivado de desechos de pescado en el crecimiento de arroz demostró un impacto considerable en comparación con el grupo de control. (Kusuma et al., 2021).

3.3.5 Efecto de la aplicación de fertilizantes químicos y biofertilizantes sobre Maíz (*Zea mays*)

El uso de biofertilizantes derivados de desechos de peces y promotores del crecimiento vegetal en el crecimiento y rendimiento agrícola cabe indicar que se aplicaron de distintas (tres) concentraciones de biofertilizante derivado de desechos de peces (1%; 1,25% y 1,5%) resultó en un aumento del crecimiento vegetativo y el rendimiento de los cultivos de caupí y maíz en comparación con el grupo de control sin tratamiento, el tratamiento más efectivo fue el biofertilizante al 1,25% combinado con fertilizante químico en los cultivos evaluados. Además, el biofertilizante incrementó la actividad microbiana del suelo, medida en términos de unidades formadoras de colonias de microorganismos fijadores de nitrógeno y solubilizadores de fosfato por gramo de suelo, en la cosecha de caupí y maíz. Estos hallazgos respaldan la viabilidad de reducir la cantidad de fertilizante químico (hasta un 50%) en cultivos de importancia económica como parte de un enfoque agrícola sostenible. (Sánchez et al., 2023).

3.4 Descripción de la Especie (*Zea*)

3.4.1 Maíz (*Zea mays*)

El maíz, originario de América, es un cereal cuyo proceso de domesticación tuvo lugar principalmente en Mesoamérica, desde donde se extendió por todo el continente. Aunque no existe consenso sobre el momento exacto en que comenzó este proceso de domesticación, los pueblos indígenas de México afirman que esta planta simboliza diez mil años de cultura para ellos(Ortega, 2014)

La necesidad de mejorar la productividad del cultivo de maíz y aumentar su rentabilidad justifica la implementación de paquetes tecnológicos. Estos paquetes están diseñados para optimizar la producción por unidad de superficie. Para lograr este objetivo, se requiere una planificación cuidadosa de todas las actividades agrícolas, desde la siembra hasta la cosecha. Esto implica la selección de semillas de alta calidad y variedades adecuadas para cada región, así como la siembra a la densidad óptima. Además, es crucial controlar las plagas, enfermedades y malezas de manera oportuna durante todo el ciclo del cultivo (Ortigoza et al., 2019).

3.4.2 Clasificación Taxonómica

Cuando se discute acerca de las propiedades botánicas del cultivo, se señala que el maíz (*Zea mays* L.) es miembro de la familia de las gramíneas, perteneciente a la tribu de los máideas y se presume que su origen se encuentra en los trópicos de América Latina, particularmente en los géneros *Zea*, *Tripsacum* y *Euchlaena*. La relevancia de estos géneros radica en su conexión fitogenética con el género *Zea* (Avila et al., 2014).

Ortigoza et al., (2019) Se presenta la clasificación taxonómica del maíz de la siguiente.

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Liliopsida

Subclase: Commeliidae

Orden: Poales

Familia: Gramíneas

Tribu: Maydeae

Género: *Zea*

Especie: mays

Nombre científico: Zea mays L.

3.4.3 Morfología

El maíz es una planta anual de gran tamaño, de hojas abundantes y un sistema radicular fibroso donde su tallo tiene pocos macollos y las yemas laterales en la axila de las hojas superiores darán lugar a una inflorescencia femenina, la mazorca, que está envuelta por hojas y sirve como reserva (Ortega, 2014). Las mazorcas son espigas cilíndricas con un eje central donde se encuentran las espiguillas dispuestas en pares, cada una con dos flores, una fértil y otra abortiva, alineadas en filas paralelas y las hojas se desprenden de los nodos de manera alternada, son lanceoladas y puntiagudas, con pequeñas lígulas (Ortigoza et al., 2019).

3.4.3.1 Sistema radicular

La formación del sistema de raíces del maíz comienza con la radícula de la semilla, la cual debe ser sembrada a una profundidad óptima para asegurar un adecuado crecimiento, después de que la plúmula emerge, el desarrollo de las raíces disminuye, llegando a detenerse prácticamente por completo cuando la plántula alcanza la etapa de tres hojas.(Avila et al., 2014)

3.4.3.2 Tallos

El tallo central del maíz consiste en una estructura que comprende nudos y entrenudos, cuya cantidad y longitud pueden variar significativamente. En la parte inferior y subterránea del tallo, los entrenudos son muy cortos y dan origen a las raíces principales y a los brotes laterales. Por otro lado, los entrenudos superiores son cilíndricos, al observar el tallo en sección transversal, se puede notar que la epidermis está compuesta por paredes gruesas y haces vasculares, los cuales desempeñan un papel fundamental en el transporte de agua y nutrientes obtenidos del suelo o producidos en las hojas (Ortigoza et al., 2019)

3.4.3.3 Hojas

La hoja de este cereal presenta similitudes con la de otras plantas de la familia de las gramíneas, compuesta por vaina, cuello y lámina, la vaina, que es una estructura cilíndrica abierta en la base, emerge desde la parte superior del nudo y el cuello actúa como la zona de conexión entre la vaina y la lámina, que es una estructura angosta y delgada, alcanzando hasta 1,5 metros de largo y 10 centímetros de ancho, con un extremo agudamente puntiagudo, el nervio central de la hoja está bien desarrollado y se destaca en la parte inferior, mientras que en el lado superior es cóncavo (Ortega, 2014).

3.4.3.4 Flores

El maíz es una planta monoica, lo que significa que posee flores masculinas y femeninas que se encuentran separadas, pero en la misma planta. La flor masculina adopta una forma de panícula y se ubica en la parte superior de la planta, mientras que la femenina, que dará lugar a la mazorca, se sitúa a media altura, la estructura de la flor femenina, en realidad, consiste en una serie de flores dispuestas en una ramificación lateral, que tiene una forma cilíndrica y está envuelta por brácteas o espata, que simulan hojas (Ortigoza et al., 2019).

3.4.3.5 Fruto

El fruto del maíz es indehiscente y cada grano se conoce como cariósido, con la semilla careciendo de latencia siendo que el pericarpio representa alrededor del 5 al 6 % del peso total del grano, mientras que la aleurona constituye aproximadamente el 2 o 3 %. y la testa de la semilla están fusionados, formando la pared del fruto, en su estado maduro, el fruto incluye la pared, el embrión diploide y el endosperma triploide. El embrión representa alrededor del 12-13 %, mientras que el endospermo, que es predominante, constituye aproximadamente el 80-85 %. El restante porcentaje lo ocupa la piloriza, una pequeña estructura cónica que, junto con el pedicelo, une el grano a la espiga. (Ortigoza et al., 2019).

3.4.4 Fertilización

La fertilización juega un papel central en el cultivo del maíz, ya que provee los macro y micronutrientes necesarios para su desarrollo, entre estos nutrientes, el nitrógeno es especialmente crucial y un abonamiento adecuado garantiza que los fertilizantes funcionen de manera óptima, maximizando su eficacia en el campo (López et al., 2022).

CAPÍTULO IV

MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Nivel de la investigación

La investigación se desarrolló bajo una metodología experimental orientada a la validación de las hipótesis planteadas. Durante la ejecución del experimento, se identificaron y registraron de manera rigurosa las posibles desviaciones, lo que aseguró la credibilidad y la fiabilidad de los resultados obtenidos.

4.2 Ubicación del campo experimental

El estudio de investigación se llevó a cabo en el tramo ubicado en el distrito de Lari, provincia de Caylloma, en el departamento de Arequipa.

4.2.1 Ubicación geográfica.

- Latitud sur: 15°37'17"S
- Longitud oeste: 71°46'26"O
- Altitud: 3 358 msnm

4.2.2 Antecedentes del campo experimental

El área experimental seleccionada en el estudio había estado antecedida por cultivos de maíz aproximadamente dos años antes, puesto que, previo a la instalación del experimento, se mantenía en un prolongado periodo de barbecho sin uso. Este valle resultó adecuado para dicho tipo de cultivos.

4.3 Situación del suelo experimental

Para conocer el estado nutricional del suelo, se procedió a la toma de muestras en el área experimental, las cuales fueron remitidas al laboratorio de ensayo acreditado por el organismo de acreditación INACAL para la realización de los análisis físicos y químicos. Dichos procedimientos proporcionaron los resultados que se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1

Análisis físico – químico de suelo del área experimental

Parámetro	Valor	Unidad
pH	7	-
Conductividad eléctrica	0,1	mS/m
Materia orgánica	1,0	%
Fósforo disponible	9,1	mg/kg

Potasio disponible	382,43	mg/kg
Calcio cambiabile	13,35	cmol/kg
Magnesio cambiabile	2,57	cmol/kg
Potasio cambiabile	0,83	cmol/kg
Sodio cambiabile	0,5	cmol/kg
Carbonatos de calcio equivalentes	0,5	%
Arena	62,6	%
Limo	29,7	%
Arcilla	7,7	%
Clase textural	Franco arenoso	-

El análisis indicó que el suelo presentó un pH de 7,0, clasificándose como neutro, lo que representó condiciones químicas adecuadas para la disponibilidad de la mayoría de nutrientes. La conductividad eléctrica fue de 0,1 mS/m, reflejando un nivel muy bajo de sales solubles y, por tanto, sin problemas de salinidad.

El contenido de materia orgánica fue de 1,0 %, valor considerado bajo, lo cual evidenció una limitada presencia de compuestos orgánicos en el suelo. El fósforo disponible alcanzó 9,1 mg/kg, correspondiente a un nivel bajo según criterios de fertilidad. En cuanto a potasio disponible, se determinó 382,43 mg/kg, lo que evidenció un nivel alto.

Respecto a los cationes intercambiables, el suelo presentó calcio cambiabile de 13,35 cmol/kg, considerado muy alto, y magnesio cambiabile

de 2,57 cmol/kg, que se ubicó en un nivel medio. El potasio cambiante fue de 0,83 cmol/kg, considerado alto, mientras que el sodio cambiante registró 0,5 cmol/kg, nivel medio.

En cuanto a la textura, los valores de fracciones mostraron 62,6 % de arena, 29,7 % de limo y 7,7 % de arcilla, clasificándose el suelo como franco arenoso. Asimismo, el contenido de carbonatos de calcio equivalentes fue de 0,5 %, lo que indicó una presencia baja de carbonatos.

4.4 Situación climática del campo experimental

Para conocer las condiciones climáticas en el área experimental se utilizaron los registros proporcionados por la estación meteorológica de Caylloma, correspondientes al periodo comprendido entre octubre de 2024 y abril de 2025. Los datos obtenidos se presentan en la Tabla 2.

Tabla 2

Situación del clima en la zona experimental

Año / Mes / Día	Temperatura (°C)		Humedad relativa (%)	Precipitación (mm/día)
	Max	Min		
Octubre	18,88	-2,52	85,56	0,47
Noviembre	18,35	-0,33	87,71	2,62

Diciembre	17,30	0,85	87,64	3,62
Enero	15,15	1,53	91,83	5,51
Febrero	14,80	1,12	92,42	7,88
Marzo	14,65	1,98	91,82	7,17
Abril	14,68	-0,13	92,46	2,02

Durante el periodo comprendido entre octubre y abril, la temperatura máxima mostró un descenso progresivo, iniciando en 18,88 °C en octubre y alcanzando valores cercanos a 14,65 °C en marzo, manteniéndose en un nivel similar en abril con 14,68 °C. La temperatura mínima presentó una marcada variabilidad, registrando -2,52 °C en octubre, elevándose hasta 1,98 °C en marzo y descendiendo nuevamente a -0,13 °C en abril, lo que reflejó la persistencia de condiciones de heladas al inicio y final del periodo.

La humedad relativa se mantuvo en niveles elevados a lo largo de la serie, comenzando con 85,56 % en octubre y aumentando progresivamente hasta alcanzar 92,46 % en abril, lo que evidenció un ambiente húmedo durante toda la etapa de evaluación.

En cuanto a la precipitación, se observó un incremento sostenido desde octubre, cuando se registraron 0,47 mm diarios, hasta febrero con 7,88 mm y marzo con 7,17 mm, meses que concentraron la mayor disponibilidad hídrica. Posteriormente, en abril, la precipitación disminuyó

a 2,02 mm diarios, marcando el inicio de la reducción de lluvias en la zona de estudio.

4.5 Material experimental

Los materiales empleados en la experimentación fueron los siguientes:

Semillas de maíz ecotipo Cabanita: La cepa de maíz Cabanita, originaria de los Andes de Perú y Bolivia, es un ecotipo que se adapta bien a las grandes altitudes (2 500 - 3 500 msnm) y es resistente a las condiciones climáticas adversas, las enfermedades y los parásitos. Sus plantas son altas y robustas, con granos medianos a grandes y harinosos de color blanco, amarillo o púrpura. Este maíz se utiliza principalmente para el sustento humano en la producción de platos tradicionales y chicha, una bebida fermentada, y tiene un ciclo de crecimiento de 150 a 200 días. Su cultivo es esencial para el sustento y las prácticas agrícolas sostenibles de las comunidades andinas, contribuyendo así a la biodiversidad agrícola de la región.

Biofertilizante (hidrolizado de pescado): es un fertilizante orgánico líquido que se produce hidrolizando desechos de pescado. Este proceso convierte las proteínas y otros nutrientes en formas más fácilmente disponibles para las plantas. Este biofertilizante mejora la

fertilidad del suelo y favorece el crecimiento de las plantas al ser abundante en nitrógeno, fósforo, potasio, aminoácidos y micronutrientes esenciales. Además, fomenta la actividad microbiana del suelo, lo que facilita el reciclaje de nutrientes y la descomposición de la materia orgánica. Su aplicación constante puede mejorar el rendimiento de los cultivos y la resistencia a las enfermedades, al tiempo que reduce la necesidad de fertilizantes químicos, promoviendo así prácticas agrícolas sostenibles y favorables para el medio ambiente (Cevallos & Hidalgo, 2018).

Para establecer las dosis a aplicar en este estudio, se tomó como referencia el trabajo de Chapoñan (2018), quien determinó que la dosis óptima de hidrolizado de pescado es de 1 ml/L. En cuanto a los momentos de aplicación, se propone programar partiendo de las recomendaciones generales de los bioestimulantes, siendo estas, cuatro aplicaciones a lo largo del ciclo del cultivo. Estas aplicaciones se realizarán considerando las etapas críticas de desarrollo: la etapa germinativa, el desarrollo vegetativo, el periodo previo a la floración y la plena maduración de los frutos.

4.6 Factores de estudio

Se tuvo los siguientes factores de estudio:

Factor A: Dosis de aplicación de biofertilizante

- a_0 : 0,40 lt/ha.,
- a_1 : 0,80 lt/ha y
- a_2 : 1,20 lt/ha.

Factor B: Momentos de aplicación

- b_0 : 4 veces por campaña,
- b_1 : 6 veces por campaña y
- b_2 : 8 veces por campaña

4.6.1 Codificación de los tratamientos

Tabla 3

Codificación de tratamientos aplicados

Dosis	Frecuencia	Código	Tratamiento
a_0	b_0	a_0b_0	t_1
a_0	b_1	a_0b_1	t_2
a_0	b_2	a_0b_2	t_3
a_1	b_0	a_1b_0	t_4
a_1	b_1	a_1b_1	t_5
a_1	b_2	a_1b_2	t_6
a_2	b_0	a_2b_0	t_7
a_2	b_1	a_2b_1	t_8
a_2	b_2	a_2b_2	t_9

4.7 Diseño experimental

Para la zona de experimentación se aplicó un Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA) con una disposición factorial de 3×3 y cuatro repeticiones. Dicho diseño estuvo conformado por 36 unidades experimentales, que incluyeron un total de nueve tratamientos distribuidos en cada bloque.

4.8 Características del campo experimental

a. Campo experimental

- Largo: 25 m
- Ancho: 25 m
- Área total: 625 m²

b. Características de los bloques

- Largo: 25 m
- Ancho: 6 m
- Área total: 150m²

c. Características de la unidad experimental

- Largo: 6 m
- Ancho: 2,5 m
- Área total: 15 m²
- Distanciamiento entre plantas: 0,50 m

- Distanciamiento entre líneas: 1m
- Número de plantas por golpe: 3 plantas.

4.9 Aleatorización del campo experimental

Figura 1. Campo experimental (distribución de tratamientos)

T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	B1	BLOQUES
T9	T8	T7	T6	T5	T4	T3	T2	T1	B2	
T6	T7	T8	T9	T1	T2	T3	T4	T5	B3	
T3	T1	T5	T8	T9	T7	T6	T2	T4	B4	

4.10 Variables de respuesta

4.10.1 Altura de planta (cm)

Para esta variable se seleccionaron 10 plantas por unidad experimental. La recolección de datos se efectuó utilizando un flexómetro con capacidad de cinco metros. Las mediciones se realizaron desde la base del tallo hasta el inicio del estambre, lo que aseguró la precisión y la consistencia de la información obtenida.

4.10.2 Peso de mazorcas por planta (g)

En esta variable se seleccionaron aleatoriamente 10 plantas por unidad experimental. El peso de las mazorcas se determinó mediante una balanza digital con capacidad de diez kilogramos. Las mazorcas de cada planta fueron pesadas individualmente y, posteriormente, se calculó un valor promedio con el fin de obtener un resultado general representativo.

4.10.3 Longitud de mazorca (cm)

Se seleccionaron aleatoriamente diez mazorcas de maíz por cada unidad experimental. Las mediciones se realizaron con un vernier digital con capacidad de quince milímetros. Se midió la longitud total de cada mazorca, desde la inserción del pedicelo hasta el ápice, lo que garantizó la precisión en los datos obtenidos.

4.10.4 Diámetro de mazorca (cm)

Se seleccionaron aleatoriamente 10 mazorcas de maíz ecotipo Cabanita por cada unidad experimental. El diámetro de cada mazorca se midió empleando un vernier digital con capacidad de quince milímetros. Las mediciones se efectuaron en la parte media de la mazorca con el propósito de asegurar uniformidad y precisión en los datos obtenidos.

4.10.5 Volumen radicular (cm³)

Al término del periodo de producción se seleccionaron de manera aleatoria 10 plantas por cada unidad experimental. Las raíces completas fueron extraídas empleando una pala y, posteriormente, se procedió a su lavado. El volumen de las raíces se determinó utilizando un flexómetro de cinco metros de capacidad, registrando la medida desde el cuello de la planta hasta la parte terminal de la raíz principal, además de su ancho y espesor.

4.10.7 Rendimiento total (t/ha)

Para determinar el rendimiento se pesaron todas las mazorcas de grano seco de cada unidad experimental. Posteriormente, se calculó el peso promedio correspondiente a cada tratamiento. Dicho promedio fue ajustado a la extensión de una hectárea mediante la aplicación de una regla de tres simple, lo que permitió la extrapolación de los resultados obtenidos.

4.11 Conducción del cultivo

4.11.1 Área experimental

El experimento se desarrolló en un área de 625 m², con una dimensión de 25 m de largo por 25 m de ancho. El diseño de bloques

contempló parcelas de 25 m de largo por 6 m de ancho, alcanzando un área de 150 m² cada una. La unidad experimental presentó una dimensión de 6 m de largo por 2,5 m de ancho, equivalente a 15 m². El distanciamiento utilizado fue de 1 m entre líneas y 0,50 m entre plantas, depositándose tres semillas por golpe para asegurar una adecuada densidad poblacional.

4.11.2 Preparación del terreno

La delimitación del área experimental se efectuó el 13 de junio de 2024. Posteriormente, el 6 de julio de 2024 se procedió a la eliminación de malezas mediante quema. El análisis de suelo permitió identificar las características físicas y químicas del terreno antes de la siembra. Posteriormente, se realizaron dos riegos de preparación: el primero el 13 de agosto de 2024 y el segundo el 20 de septiembre de 2024. El 15 de agosto de 2024 se llevó a cabo la roturación con arado de disco, seguida de la nivelación del terreno. Finalmente, el 29 de septiembre de 2024 se confeccionaron los surcos y se incorporaron 50 kg de estiércol por surco como abonamiento de fondo.

4.11.3 Siembra y establecimiento

La siembra se efectuó el 29 de septiembre de 2024, depositándose tres semillas por golpe. La germinación presentó irregularidades debido a

la acción de aves, la profundidad de siembra, la falta de humedad y factores climáticos, por lo que el 7 de noviembre de 2024 se efectuó una resiembra en los puntos donde no se logró emergencia.

4.11.4 Aplicación de biofertilizantes y tratamientos

El biofertilizante de pescado se preparó en el campo experimental de Los Pichones mediante la fermentación de vísceras de pescado, melaza, microorganismos y lixiviado de humus de lombriz, proceso iniciado el 20 de septiembre de 2024 y finalizado el 21 de octubre de 2024. La primera aplicación del biofertilizante en campo se realizó el 27 de noviembre de 2024.

4.11.5 Labores culturales

El aporque se efectuó el 3 de diciembre de 2024, con el fin de favorecer la estabilidad de las plantas y mejorar la aireación del suelo. Asimismo, se registró la presencia de controladores biológicos de plagas en la parcela experimental.

4.11.6 Manejo fitosanitario

El manejo fitosanitario del cultivo se condujo de manera orgánica durante todo el ciclo. El 4 de diciembre de 2024 se detectó la presencia de gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*), el cual fue controlado con

biopreparados a base de ajo, ají y jabón potásico, complementados con aplicaciones de *Bacillus thuringiensis*. Posteriormente, el 11 de marzo de 2025 se registró el gusano mazorquero (*Helicoverpa zea*), cuyo daño en mazorcas se redujo mediante extractos de neem y la liberación de *Trichogramma spp.* como controlador biológico. Finalmente, en el mismo periodo se identificó la roya del maíz (*Puccinia sorghi*), que fue atendida con aplicaciones de extractos de cola de caballo y sulfato de cobre en dosis permitidas en agricultura orgánica, garantizando un control efectivo y sostenible sin recurrir a productos químicos de síntesis.

4.11.7 Riego

El sistema de riego consistió en aplicaciones periódicas que acompañaron las etapas críticas del cultivo. El primer riego se realizó el 13 de agosto de 2024 como parte de la preparación del terreno y el segundo el 20 de septiembre de 2024 antes de la siembra. Posteriormente, los riegos se efectuaron en intervalos aproximados de un mes, ajustándose a las condiciones climáticas y a las necesidades del cultivo.

4.11.8 Desarrollo fenológico

La formación de espiga se observó el 5 de enero de 2025, mientras que el llenado de mazorcas inició el 16 de enero de 2025 y se extendió hasta febrero. En esta etapa se constató la formación de hasta tres mazorcas por planta. El proceso de llenado concluyó hacia el 24 de mayo de 2025.

4.11.9 Cosecha y evaluaciones

La evaluación de variables agronómicas se realizó el 24 de mayo de 2025, registrándose la altura de planta, peso de mazorca por planta, longitud de mazorca, volumen radicular y diámetro de mazorca. La cosecha final y la estimación del rendimiento total se realizaron el 28 de mayo de 2025, tras dejar secar el material en campo

4.12 Análisis de datos

Para el análisis estadístico se empleó la técnica de análisis de varianza (ANOVA). La prueba estadística aplicada fue la prueba de F, con un nivel de significación de 0,05. Para la comparación de medias entre los diferentes tratamientos se utilizó la prueba de significación de Tukey, igualmente con un nivel de significación de 0,05.

CAPÍTULO V

RESULTADOS Y DISCUSIONES

5.1 Resultados

5.1.1 Altura de planta (cm)

Tabla 4

Análisis de varianza de altura de planta (cm) del cultivo de maíz ecotipo Cabanita

F.V.	gl	SC	CM	Fc	p-valor
Bloques	3	0,35	0,12	15,37	0,00**
Dosis de biofertilizante	2	0,01	0,01	0,69	0,51 ^{ns}
Momentos de aplicación	2	0,00	0,00	0,13	0,88 ^{ns}
Dosis de biofertilizante*M..	4	0,04	0,01	1,22	0,33 ^{ns}
Error	24	0,18	0,01		
Total	35	0,58			

Cv.: 5,30% (**): Altamente significativo (ns): No significativo

En la tabla 4, el análisis de varianza mostró diferencias altamente significativas únicamente entre los bloques ($F=15,37$; $p<0,01$), lo que indicó variabilidad ambiental dentro del área experimental. En contraste, las dosis de biofertilizante ($F=0,69$; $p=0,51$), los momentos de aplicación ($F=0,13$; $p=0,88$) y la interacción ($F=1,22$; $p=0,33$) no influyeron significativamente sobre la altura de planta del maíz ecotipo cabanita.

El coeficiente de variación fue 5,30%, lo que evidenció alta precisión experimental y confiabilidad en las mediciones realizadas.

5.1.2 Peso de frutos por planta (g)

Tabla 5

Análisis de varianza de peso de frutos por planta (g) del cultivo de maíz ecotipo Cabanita

F.V.	gl	SC	CM	F	p-valor
Bloques	3	278 934,92	92 978,31	26,28	0,00**
Dosis	2	45 282,18	22 641,09	6,40	0,01**
Aplicaciones	2	40 739,18	20 369,59	5,76	0,01**
Dosis * Aplicaciones	4	30 757,22	7 689,30	2,17	0,10 ^{ns}
Error	24	84 915,35	3 538,14		
Total	35	480 628,84			

Cv.: 13,83% (**): Altamente significativo (ns): No significativo

En la tabla 5, el análisis de varianza mostró efectos altamente significativos en los bloques ($F=26,28$; $p<0,01$), lo que reflejó variabilidad ambiental dentro del experimento. Asimismo, tanto las dosis de biofertilizante ($F=6,40$; $p=0,01$) como los momentos de aplicación ($F=5,76$; $p=0,01$) ejercieron influencia significativa sobre el peso de frutos por planta, evidenciando la respuesta positiva de la variable a estos factores. En contraste, la interacción dosis $\times$ aplicaciones ($F=2,17$; $p=0,10$) no

resultó significativa, por lo que los efectos se manifestaron de manera independiente.

El coeficiente de variación fue 13,83%, lo que indicó una adecuada precisión experimental y confiabilidad en las comparaciones realizadas.

Tabla 6

Prueba de significación Tukey del factor biofertilizante de peso de mazorca por planta (g)

Dosis de biofertilizante	Media (g)	Significación α 0,05	
1,20 lt/ha	478,17	A	
0,80 lt/ha	418,45	A	B
0,40 lt/ha	393,67		B

En la tabla 6, la prueba de Tukey ($\alpha=0,05$) mostró que la dosis a_2 (1,20 L/ha) alcanzó el mayor peso promedio de mazorca (478,17 g), integrando el grupo A. La dosis a_1 (0,80 L/ha) obtuvo un valor intermedio (418,45 g) y se ubicó en los grupos A y B, sin diferencias estadísticas claras respecto a los extremos. En contraste, la dosis a_0 (0,40 L/ha) registró el menor promedio (393,67 g) y conformó solo el grupo B, evidenciando que el incremento de dosis favoreció el peso de la mazorca.

Tabla 7

Prueba de significación Tukey del factor momentos de aplicación en peso de mazorca por planta (g)

Momentos de aplicación	Media (g)	Significación α 0,05
8 veces	477,42	A
4 veces	410,67	B
6 veces	402,20	B

En la tabla 7, la prueba de Tukey ($\alpha=0,05$) indicó que el tratamiento con ocho aplicaciones ($b_2 = 477,42$ g) conformó el grupo A, registrando el valor más alto. En contraste, los tratamientos con cuatro aplicaciones ($b_0 = 410,67$ g) y seis aplicaciones ($b_1 = 402,20$ g) se agruparon en el grupo B, mostrando promedios estadísticamente semejantes entre sí y diferenciados del tratamiento con mayor número de aplicaciones.

5.1.3 Longitud de mazorca (cm)

Tabla 8

Análisis de varianza de longitud de mazorca (cm) del cultivo de maíz ecotipo Cabanita

F.V.	gl	SC	CM	Fc	p-valor
Bloques	3	5,95	1,98	1,99	0,14 ^{ns}
Dosis	2	6,15	3,08	3,09	0,06 ^{ns}
Aplicaciones	2	1,87	0,93	0,94	0,41 ^{ns}
Dosis * Aplicaciones	4	2,87	0,72	0,72	0,59 ^{ns}
Error	24	23,86	0,99		
Total	35	40,69			

Cv.: 6,96% (ns): No significativo

En la tabla 8, el análisis de varianza mostró que los bloques ($F=1,99$; $p=0,14$) no presentaron efectos significativos sobre la longitud de mazorca del maíz ecotipo Cabanita. Asimismo, las dosis de biofertilizante ($F=3,09$; $p=0,06$) no alcanzaron significancia estadística, aunque se aproximaron al umbral convencional. Los momentos de aplicación ($F=0,94$; $p=0,41$) y la interacción dosis $\times$ aplicaciones ($F=0,72$; $p=0,59$) tampoco fueron significativos.

El coeficiente de variación fue 6,96%, lo cual indicó una adecuada precisión experimental y garantizó confiabilidad en las comparaciones entre tratamientos evaluados.

5.1.4 Diámetro de mazorca (cm)

Tabla 9

Análisis de varianza de diámetro de mazorca (cm) del cultivo de maíz ecotipo Cabanita

F.V.	SC	gl	CM	Fc	p-valor
Bloques	9,43	3	3,14	4,56	0,01**
Dosis	6,76	2	3,38	4,90	0,02*
Aplicaciones	5,54	2	2,77	4,02	0,03*
Dosis * Aplicaciones	2,42	4	0,61	0,88	0,49 ^{ns}
Error	16,56	24	0,69		
Total	40,72	35			

Cv.: 3,60%, (**): Altamente significativo, (*): Significativo, (ns): No significativo

En la tabla 9, el análisis de varianza reveló diferencias altamente significativas entre los bloques ($F=4,56$; $p=0,01$), lo que evidenció heterogeneidad ambiental en el área experimental. Asimismo, se detectaron efectos significativos de las dosis de biofertilizante ($F=4,90$; $p=0,02$) y de los momentos de aplicación ($F=4,02$; $p=0,03$) sobre el diámetro de mazorca, confirmando la influencia de ambos factores principales en la variable. En contraste, la interacción dosis $\times$ aplicaciones ($F=0,88$; $p=0,49$) no fue significativa.

El coeficiente de variación alcanzó 3,60%, reflejando excelente precisión experimental y confiabilidad estadística en las comparaciones realizadas.

Tabla 10

Prueba de significación Tukey del factor dosis de bioestimulante del diámetro de mazorca (cm)

Dosis de biofertilizante	Medias (cm)	Significación α 0,05
1,20 lt/ha	23,45	A
0,80 lt/ha	23,32	A
0,40 lt/ha	22,47	B

En la tabla 10, la prueba de Tukey ($\alpha=0,05$) determinó que la dosis a2 (1,20 L/ha = 23,45 cm) y la dosis a1 (0,80 L/ha = 23,32 cm) integraron el grupo A, presentando valores estadísticamente semejantes en el diámetro de mazorca. En contraste, la dosis a0 (0,40 L/ha = 22,47 cm) se clasificó dentro del grupo B, diferenciándose significativamente de los niveles superiores. Esto indica que las dosis mayores mantuvieron diámetros equivalentes y superiores, mientras que la menor dosis mostró el valor más reducido.

Tabla 11

Prueba de significación Tukey del factor momentos de aplicación del diámetro de mazorca (cm)

Momentos de aplicación	Medias (cm)	Significación α 0,05	
8 veces	23,43	A	
4 veces	23,28	A	B
6 veces	22,53		B

En la tabla 11, la prueba de Tukey ($\alpha=0,05$) mostró que el tratamiento con ocho aplicaciones ($b_2 = 23,43$ cm) se agrupó en la categoría A, registrando el valor más alto en el diámetro de mazorca. El tratamiento con cuatro aplicaciones ($b_0 = 23,28$ cm) integró simultáneamente los grupos A y B, presentando un comportamiento estadísticamente intermedio. En contraste, el tratamiento con seis aplicaciones ($b_1 = 22,53$ cm) se ubicó en el grupo B, diferenciándose significativamente del mayor valor y confirmando la existencia de diferencias entre los niveles evaluados.

5.1.5 Volumen radicular (cm³)

Tabla 12

Análisis de varianza de volumen radicular (cm³) del cultivo de maíz ecotipo Cabanita

F.V.	gl	SC	CM	Fc	p-valor
Bloques	3	2E+07	6 774 893	8,78	0,00**
Dosis	2	8 444 924	4 222 462	5,47	0,01**
Aplicaciones	2	122 252	61 126,1	0,08	0,92ns
Dosis *	4	803 960	200 990	0,26	0,90ns
Aplicaciones					
Error	24	1,9E+07	771 679		
Total	35	4,8E+07			

Cv.: 9,74% (**): Altamente significativo (ns): No significativo

En la tabla 12, el análisis de varianza mostró efectos altamente significativos en los bloques ($F=8,78$; $p<0,01$), lo que reflejó diferencias ambientales dentro del área experimental. Asimismo, el factor dosis de biofertilizante ($F=5,47$; $p=0,01$) influyó significativamente sobre el volumen radicular, confirmando su incidencia directa en la variable. En contraste, los momentos de aplicación ($F=0,08$; $p=0,92$) y la interacción dosis × aplicaciones ($F=0,26$; $p=0,90$) no presentaron significancia estadística, actuando de manera independiente.

El coeficiente de variación fue 9,74%, lo que indicó adecuada precisión experimental y confiabilidad en las comparaciones entre tratamientos.

Tabla 13

Prueba de significación Tukey del factor dosis de biofertilizante de volumen radicular (cm³)

Dosis de biofertilizante	Medias (cm ³)	Significación α 0,05	
0,80 lt/ha	9 544,37	A	
1,20 lt/ha	9 138,88	A	B
0,40 lt/ha	8 376,07		B

En la tabla 13, la prueba de Tukey ($\alpha=0,05$) indicó que la dosis a_1 (0,80 L/ha = 9 544,37 cm³) obtuvo el mayor volumen radicular, clasificándose dentro del grupo A. La dosis a_2 (1,20 L/ha = 9 138,88 cm³) se agrupó en las categorías A y B, mostrando un comportamiento intermedio sin diferencia estadística frente al nivel superior ni frente al inferior. En contraste, la dosis a_0 (0,40 L/ha = 8 376,07 cm³) perteneció únicamente al grupo B, registrando el menor promedio observado.

5.1.6 Rendimiento total (t/ha)

Tabla 14

Análisis de varianza de rendimiento total (t/ha) del cultivo de maíz ecotipo Cabanita

F.V.	gl	SC	CM	Fc	p-valor
Bloques	3	38,74	12,91	47,79	0,00**
Dosis	2	2,26	1,13	4,17	0,03*
Aplicaciones	2	2,18	1,09	4,03	0,03*
Dosis * Aplicaciones	4	3,72	0,93	3,44	0,02*
Error	24	6,49	0,27		
Total	35	53,38			

Cv.: 3,74%

(**): Altamente significativo

(*): Significativo

En la tabla 14, el análisis de varianza del rendimiento total (t/ha) en maíz ecotipo Cabanita mostró efectos altamente significativos en los bloques ($F=47,79$; $p<0,01$), evidenciando heterogeneidad ambiental en el área experimental. Tanto las dosis de biofertilizante ($F=4,17$; $p=0,03$) como los momentos de aplicación ($F=4,03$; $p=0,03$) fueron estadísticamente significativos, confirmando su influencia sobre la variable. Además, la interacción dosis $\times$ aplicaciones ($F=3,44$; $p=0,02$) también resultó significativa, indicando que los efectos de ambos factores dependieron de su combinación.

El coeficiente de variación fue 3,74%, reflejando excelente precisión experimental y confiabilidad en las comparaciones realizadas.

Tabla 15

Prueba de significación Tukey del factor dosis de biofertilizante de rendimiento total (t/ha)

Dosis de biofertilizante	Medias (t/ha)	Significación α 0,05	
1,20 lt/ha	14,11	A	
0,80 lt/ha	14,06	A	B
0,40 lt/ha	13,56		B

En la tabla 15, la prueba de Tukey ($\alpha=0,05$) mostró que la dosis a_2 (1,20 L/ha = 14,11 t/ha) alcanzó el mayor rendimiento total, clasificándose dentro del grupo A. La dosis a_1 (0,80 L/ha = 14,06 t/ha) se ubicó en los grupos A y B, con un valor intermedio sin diferencia significativa frente a los extremos. En cambio, la dosis a_0 (0,40 L/ha = 13,56 t/ha) integró únicamente el grupo B, presentando el promedio más bajo de rendimiento total observado en la comparación.

Tabla 16

Prueba de significación del factor momentos de aplicación de rendimiento total (t/ha)

Momentos de aplicación	Medias (t/ha)	Significación α 0,05	
8 veces	14,25	A	
6 veces	13,8	A	B
4 veces	13,67		B

En la tabla 16, la prueba de Tukey ($\alpha=0,05$) mostró que el tratamiento con ocho aplicaciones ($b_2 = 14,25$ t/ha) alcanzó el mayor rendimiento total, integrando el grupo A. El tratamiento con seis aplicaciones ($b_1 = 13,80$ t/ha) se ubicó en los grupos A y B, con un promedio intermedio sin diferencia estadística respecto al nivel superior ni al inferior. Finalmente, el tratamiento con cuatro aplicaciones ($b_0 = 13,67$ t/ha) se clasificó únicamente en el grupo B, presentando el valor más bajo de rendimiento en la comparación realizada.

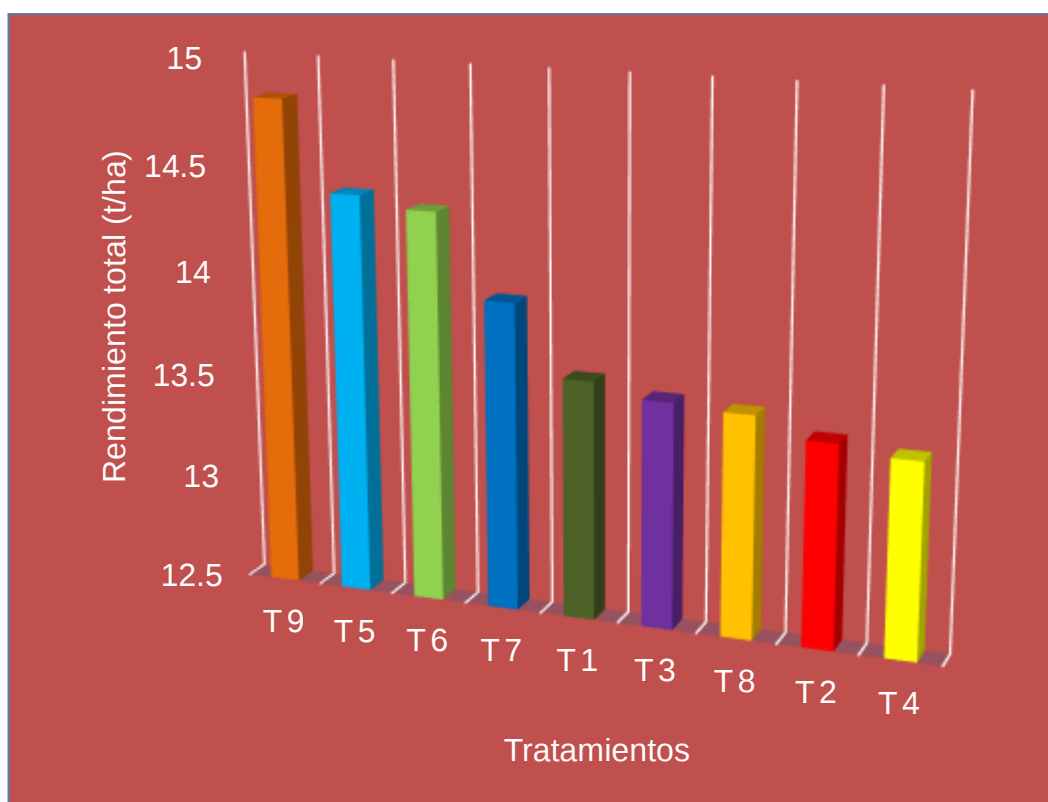
Tabla 17

Prueba de significación Tukey de la interacción dosis de biofertilizante y momentos de aplicación en rendimiento total (t/ha)

Dosis de biofertilizante	Momentos de aplicación	Medias (t/ha)	Significación α 0,05	
1,20 lt/ha	8 veces	14,82	A	
0,80 lt/ha	6 veces	14,40	A	B
0,80 lt/ha	8 veces	14,35	A	B
1,20 lt/ha	4 veces	13,96	A	B
0,40 lt/ha	4 veces	13,63	A	B
0,40 lt/ha	8 veces	13,57		B
1,20 lt/ha	6 veces	13,55		B
0,40 lt/ha	6 veces	13,46		B
0,80 lt/ha	4 veces	13,42		B

En la tabla 17, la prueba de Tukey ($\alpha=0,05$) indicó que la combinación a_2b_2 ($t_9 = 1,20 \text{ L/ha} \times 8 \text{ aplicaciones} = 14,82 \text{ t/ha}$) alcanzó el mayor rendimiento total, ubicándose en el grupo A y diferenciándose claramente de los demás tratamientos. En un segundo nivel se situaron a_1b_1 ($t_5 = 0,80 \text{ L/ha} \times 6 \text{ aplicaciones} = 14,40 \text{ t/ha}$), a_1b_2 ($t_6 = 0,80 \text{ L/ha} \times 8 \text{ aplicaciones} = 14,35 \text{ t/ha}$), a_2b_0 ($t_7 = 1,20 \text{ L/ha} \times 4 \text{ aplicaciones} = 13,96 \text{ t/ha}$) y a_0b_0 ($t_1 = 0,40 \text{ L/ha} \times 4 \text{ aplicaciones} = 13,63 \text{ t/ha}$), clasificados en A y B. Finalmente, los tratamientos a_0b_2 ($t_3 = 13,57 \text{ t/ha}$), a_2b_1 ($t_8 = 13,55 \text{ t/ha}$), a_0b_1 ($t_2 = 13,46 \text{ t/ha}$) y a_1b_0 ($t_4 = 13,42 \text{ t/ha}$) se agruparon únicamente en el grupo B, mostrando los promedios inferiores.

Figura 2. Barras de rendimiento total (t/ha)



5.2 Discusiones

Altura de planta (cm)

El ANOVA mostró que la altura del maíz Cabanita no fue significativamente afectada por dosis ni momentos de biofertilizante ($p > 0,05$), aunque sí por bloques ($F=15,37$; $p < 0,01$). Este resultado confirma que la altura es un carácter estable, más dependiente de factores genéticos y ambientales que de la biofertilización.

De manera similar, Saputra et al. (2022) observaron en arroz que, aunque la FAA incrementó la absorción de fósforo en más del 20 % y la productividad en más del 30 %, la biomasa seca y el peso de 100 granos no variaron, lo cual coincide con nuestra evidencia de que no todos los caracteres muestran sensibilidad a la biofertilización. Por otro lado, Kusuma et al. (2021) reportaron en arroz rojo balinés un incremento temprano en altura (28,78 cm) y raíces (20,74 cm) con 2,5 % de biofertilizante, pero sin continuidad a lo largo del ciclo, lo que sugiere que los efectos pueden ser transitorios. En la misma línea, Flórez et al. (2020) y Vizcarra et al. (2025a) encontraron en lechuga que, aunque los biofertilizantes líquidos no generaron fitotoxicidad (índices de germinación >80 %) ni reducciones en el peso (300,26 g/planta a 600 L/ha), la altura se mantuvo sin diferencias significativas. Así, en conjunto, tanto nuestros resultados como los de otros autores reafirman que la altura es un rasgo poco sensible a la biofertilización y menos plástico que variables reproductivas o de calidad.

Peso de mazorca por planta (g)

El peso de mazorca fue significativamente influenciado por dosis ($F=6,40$; $p=0,01$) y momentos de aplicación ($F=5,76$; $p=0,01$). Tukey identificó valores superiores en a2 (478,17 g) y b2 (477,42 g), frente a

menores promedios en dosis y frecuencias reducidas. Estos resultados son coherentes con los de De la Cruz (2020), quien en zucchini reportó rendimientos de 9 487,50 kg/ha con humus de lombriz, muy superiores al guano de murciélago (8 748,96 kg/ha) y al testigo (6 106,25 kg/ha). En la misma línea, Vizcarra et al. (2024) en vainita mostraron que el hidrolizado de pescado a 80 L/ha alcanzó 0,455 t/ha, superando al biol frutado y al testigo, debido a su riqueza en arginina (3,60 %), tirosina (4,50 %), lisina (3,30 %), nitrógeno (17,36 g/L) y fósforo (5,74 g/L). Comparativamente, Delgado et al. (2019) también reportaron que un biol con 75 % de vísceras de jurel (0,56 % N y 1 732,56 ppm P) elevó la biomasa en lechuga y rábano. En maíz, Sánchez et al. (2023) y Maquen-Perleche et al., (2023) coincidieron al demostrar que los bioles de pescado incrementan biomasa fresca y seca, incluso reduciendo hasta en 50 % el uso de fertilizantes químicos. Por lo tanto, tanto en nuestro caso como en estudios previos, el peso de órganos cosechables refleja una marcada sensibilidad a los nutrientes aportados por biofertilizantes de origen pesquero.

Longitud de mazorca (cm)

La longitud de mazorca no presentó diferencias significativas en dosis, momentos ni interacción ($p > 0,05$).

Este comportamiento coincide con Saputra et al. (2022), quienes comprobaron que la FAA en arroz mejoró la productividad global sin modificar el peso de 100 granos, mostrando que ciertos caracteres son menos influenciados. De manera análoga, Flórez et al. (2020) demostraron que biofertilizantes de trucha mantuvieron germinaciones >80 % en lechuga, pero sin modificar sustancialmente la longitud del tallo. Vizcarra et al. (2025a) también señalaron que, aunque dosis de hasta 600 L/ha aumentaron el peso unitario de lechuga (300,26 g/planta), no hubo mejoras significativas en rendimiento por hectárea. Esto evidencia que, tanto en maíz como en hortalizas, la longitud de estructuras reproductivas y vegetativas es un rasgo de mayor estabilidad genética, con escasa respuesta a biofertilización.

Diámetro de mazorca (cm)

El diámetro de mazorca presentó diferencias significativas en bloques ($F=4,56$; $p=0,01$), dosis ($F=4,90$; $p=0,02$) y momentos ($F=4,02$; $p=0,03$). Tukey indicó valores mayores en a2 (23,45 cm) y a1 (23,32 cm) respecto a a0 (22,47 cm), así como en b2 (23,43 cm) frente a b1 (22,53 cm).

Este comportamiento se asemeja a lo reportado por Kusuma et al. (2021), quienes con 2,5 % de biofertilizante en arroz rojo registraron incrementos en tallo (28,78 cm) y raíz (20,74 cm), indicadores asociados al vigor inicial. Comparativamente, Vizcarra et al. (2024) observaron en vainita rendimientos de 0,455 t/ha con hidrolizado de pescado, y Vizcarra et al. (2025a, 2025b) en lechuga y espinaca mostraron que dosis óptimas (670,74 L/ha y 200 L/ha, respectivamente) elevaron el peso unitario y rendimiento total. Delgado et al. (2019) complementan estos hallazgos al evidenciar que biofertilizantes de pescado, por su aporte de N, P y K, incrementaron biomasa en lechuga y rábano. En conjunto, tanto en este estudio como en otros, el diámetro de órganos reproductivos se comporta como un rasgo más sensible y directamente relacionado con la disponibilidad de nutrientes orgánicos.

Volumen radicular (cm³)

El análisis mostró efectos significativos en bloques ($F=8,78$; $p<0,01$) y dosis ($F=5,47$; $p=0,01$). Tukey reveló que a1 (9544,37 cm³) fue superior a a2 (9 138,88 cm³) y a0 (8 376,07 cm³). Estos resultados se alinean con Saputra et al. (2022), quienes observaron que la dosis t1 (1 mL FAA/L) fue más efectiva que concentraciones mayores, con incrementos de productividad superiores al 30 %. De forma semejante,

Kusuma et al. (2021) identificaron que 2,5 % fue la dosis óptima en arroz rojo, alcanzando germinación de 88,18 % y longitud radicular de 20,74 cm. Vizcarra et al. (2025a) en lechuga mostraron que 600 L/ha produjeron 300,26 g/planta, mientras que Vizcarra et al. (2025b) en espinaca hallaron que 200 L/ha generaron el mayor rendimiento (3,403 t/ha), aunque la mayor biomasa por planta se obtuvo con 800 L/ha (192,84 g). Comparativamente, nuestros resultados reafirman el concepto de “punto óptimo fisiológico”, donde dosis intermedias maximizan la eficiencia del sistema radicular, evitando excesos que limitan la respuesta.

Rendimiento total (t/ha)

El rendimiento total fue significativamente influenciado por dosis ($F=4,17$; $p=0,03$), momentos ($F=4,03$; $p=0,03$) e interacción ($F=3,44$; $p=0,02$). La combinación a2b2 (1,20 L/ha $\times$ 8 aplicaciones) alcanzó 14,82 t/ha de grano seco, constituyendo el mayor valor.

Este comportamiento guarda relación con lo reportado por De la Cruz (2020), quien en zucchini alcanzó 9 487,50 kg/ha con humus, superando ampliamente al testigo (6 106,25 kg/ha). Asimismo, Saputra et al. (2022) en arroz reportaron incrementos superiores al 30 % con FAA, y Kusuma et al. (2021) en arroz rojo señalaron que 2,5 % de biofertilizante elevó altura y biomasa. A nivel nacional, Sánchez et al. (2023)

demonstraron que el biofertilizante de pescado en maíz redujo en 50 % la necesidad de fertilizante químico sin disminuir productividad, mientras que Maquen-Perleche et al., (2023) destacaron aumentos en biomasa fresca y seca de maíz amarillo duro y caupí con bioles de pescado. Vizcarra et al. (2025a, 2025b) confirmaron que el mayor rendimiento depende de la interacción dosis–frecuencia más que de la máxima aplicación (ejemplo: 600 L/ha en lechuga = 300,26 g/planta; 200 L/ha en espinaca = 3,403 t/ha). Finalmente, nuestros hallazgos se alinean con lo planteado por Zapata & Gutiérrez (2017), quienes resaltan el valor de los residuos pesqueros para formular biofertilizantes sostenibles con impacto directo en la productividad agrícola.

CONCLUSIONES

Se concluye que las dosis y los momentos de aplicación del biofertilizante influyeron de manera significativa en el rendimiento del maíz ecotipo Cabanita en Lari – Arequipa, destacando la combinación de 1,20 L/ha aplicada ocho veces (a_2b_2) como la más eficiente, con un rendimiento total de 14,82 t/ha de grano seco.

De manera específica, la dosis de 1,20 L/ha se estableció como la más significativa, al registrar los promedios más altos en peso de mazorca (478,17 g), diámetro (23,45 cm) y rendimiento total (14,11 t/ha), lo que valida este nivel de aplicación como el más adecuado para obtener mayores beneficios productivos.

Asimismo, la frecuencia de ocho aplicaciones por campaña resultó ser la más favorable, con incrementos en peso de mazorca (477,42 g), diámetro (23,43 cm) y rendimiento total (14,25 t/ha), consolidándose como la estrategia de manejo más adecuada para mejorar el desempeño del maíz Cabanita en las condiciones agroecológicas de la zona de estudio.

RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar evaluaciones en diferentes campañas agrícolas para confirmar los beneficios agronómicos, económicos y ambientales del hidrolizado de pescado en maíz Cabanita.

Se recomienda aumentar la frecuencia de aplicación del biofertilizante a fin de verificar si un suministro más constante potencia la productividad y mejora indicadores como biomasa radicular y diámetro de mazorca.

Se recomienda explorar dosis superiores a 1,20 L/ha con el propósito de identificar el umbral fisiológico de respuesta y definir el rango óptimo de aprovechamiento de nutrientes y compuestos bioactivos.

Se recomienda aplicar dosis de 1,20 L/ha con ocho aplicaciones, dado que en esta investigación se alcanzó un rendimiento total de 14,82 t/ha de grano seco, junto con incrementos en peso de mazorca, diámetro y volumen radicular, constituyendo una alternativa eficiente y sostenible para mejorar la productividad del maíz Cabanita en la región.

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Ahuja, I., Ween, O., Ebbesvik, M., Kvande, I., Boer, A., & Petter, J. (2021).

Los desechos de pescado como fertilizante. *Centro Noruego de Agricultura Orgánica*, 6(7). <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0956053X20303913>

Avila, J., Avila, J., Damian Martinez, D., & Rivas, F. (2014). *El cultivo del maiz y generalidades - sistema*. <https://agricultura.unison.mx/memorias%20de%.pdf>

Caldas, Y. (2018). *Efecto de los abonos orgánicos en el rendimiento del cultivo de maiz (Zea Mays L.) variedad blanca Urubamba en condiciones edafoclimáticas de San Cristobal - Huacrachuco-Huánuco, 2018* [Tesis, UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZAN HUÁNUCO]. <https://repositorio.unheval.edu.pe/handle/20.500.13080/5261>

Campos, S. (2022). *Estudio de la temperatura ambiental en el rendimiento y fenología del cultivo de maíz (Zea mays L) Santa 2021* [Tesis, UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA]. <https://repositorio.uns.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14278/4146/52619.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Cevallos, V. H. O., & Hidalgo, Á. L. (2018). Producción y caracterización bioquímica de hidrolizado enzimático elaborado a partir de los residuos de la pesca. *Alternativas*, 19(2), 97-106.
- Chapoñan Riojas, L. E. (2018). Dosis y tiempo de aplicación de proteína hidrolizada líquida en etapa de germinación del germinado hidropónico de maíz (zea mays l.) en Lambayeque.
- De La Cruz, M. (2020). *Efecto de la aplicación de biofertilizantes para mejorar el rendimiento de zucchini el guabo – el oro* [Tesis, UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR]. [https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/DE%20LA%20CRUZ%20GONZALEZ%20MARC Y%20YOMIRA_compressed\(1\).pdf](https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/DE%20LA%20CRUZ%20GONZALEZ%20MARC%20YOMIRA_compressed(1).pdf)
- Delgado, E., Benavente, G., & Cáceres, G. (2019). Elaboración de Fertilizante Orgánico a partir de vísceras de trucha (*Oncorhynchus mikyss*) y jurel (*Trachurus murphyi*), cuantificación y evaluación del efecto de los nutrimentos minerales. *Anales Científicos*, 80(2), 452. <https://doi.org/10.21704/ac.v80i2.1471>
- Florez, M., Roldán, D., & Juscamaita, J. (2020). Evaluación de fitotoxicidad y caracterización de un fertilizante líquido elaborado mediante fermentación láctica utilizando subproductos del procesamiento de trucha (*Oncorhynchus mykiss*). *Ecología Aplicada*, 19(2), 121. <https://doi.org/10.21704/rea.v19i2.1563>

- Gamarra, G., Munive, R., Munive, Y., Azabache, A., Sevilla, R., & Lapa, A. (2020). Comportamiento de poblaciones de maíz amiláceo de la variedad Blanco del Cusco en el valle del Mantaro, Perú. *Agroindustrial Science*, 10(3), 279–286. <https://doi.org/10.17268/agroind.sci.2020.03.09>
- Guzman, D. (2017). *Etapas fenológicas del maíz (zea mays l.) Var. Tusilla bajo las condiciones climáticas del cantón cumandá, provincia de chimborazo*. [Tesis, UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO]. <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/25123>
- Kusuma, D., Suriani, N., & Ramona, Y. (2021). El uso de fertilizantes orgánicos a base de desechos de pescado para mejorar el crecimiento del arroz rojo balinés (Oriza SativaL Cv. Barak Cenana). *Revista Asiática de Investigación Aplicada Para El Desarrollo y El Empoderamiento Comunitario.*, 5(2). https://www.researchgate.net/publication/354587287_The_Use_of_Fish_Waste_Based_Organic_Fertilizer_to_Improve_the_Growth_of_Balinese_Red_Rice_Oryza_Sativa_L_Cv_Barak_Cenana
- León, C., Rodríguez, C., & Mendoza, G. (2019). Diseño e implementación de una planta piloto de producción de Biogás, Biol y Biosol. *Arnaldoa*, 26(3), 1017–1032. <https://doi.org/10.22497/arnaldoa.263.26311>

- López, J., Váscónes, G., Carrillo, M., & Durán, C. (2022). Eficiencia agronómica de nitrógeno y rendimiento de maíz amarillo con fertilización orgánica y mineral en época seca. *Revista Espamciencia*, 13(2), 40–47. 10.51260/revista_esпамciencia.v13i2.302
- Maquen-Perleche, J., Aldana-Carbonel, S., Suárez Muguerza, L., Sánchez-Purihuamán, M., Caro-Castro, J., & Carreño-Farfán, C. (2023). Biofertilizante a base de desechos de pescado aumenta el rendimiento de *Vigna unguiculata* L. Walp, *Zea mays* L. y la microbiota rizosférica. *Scientia Agropecuaria*, 14(4), 529–538. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2023.044>
- Mallma, G. (2019). *Evaluación de la influencia del cambio climático en los cultivos de solanum tuberosum y zea mays en la microcuenca de calicanto en apurímac* [Tesis, UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA]. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/4226>
- Mendoza, D. (2023). *Identificar los efectos de las diferentes dosis del biofertilizante aplicado a cultivos intercalados de maíz (Zea mays L.) y fréjol cuarentón (Phaseolus vulgaris L.)* [Tesis de Grado, Universidad Técnica Estatal de Quevedo]. Repositorio Institucional: <https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/7008>

Ortega, I. S. (2014). Maíz I (*Zea mays*). *Reduca (Biología). Serie Botánica*, 7(2), 151–171.

Ortigoza, J., Guerreño, C., López, A., Talavera, J., & Gonzalez, D. (2019). *Guía técnica de cultivo de maíz*. https://www.jica.go.jp/Resource/paraguay/espanol/office/others/c8h0vm0000ad5gke-att/gt_04.pdf

Producción Agrícola Mundial.com. (2022, September 8). *Producción Mundial de Maíz 2022/2023. Boletín informativo*. Producción Agrícola Mundial.Com.

Quiñones, J. (2022). *Utilización del instrumento greenseeker para dosificar la segunda fertilización nitrogenada en maíz amarillo duro (zea mays l.) la molina* [Tesis, UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA]. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/5536/qui%C3%B1ones-vasquez-josselyn-daniela.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Sánchez, M., Maquen, J., Aldana, S., Muguerza, L., Caro, J., & Carreño, C. (2023). Biofertilizante a base de desechos de pescado aumenta el rendimiento de *Vigna unguiculata* L. Walp, *zea mays* L., y la microbiota rizosférica. *Scientia Agropecuaria*, 14(4), 529–538. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2023.044>

- Saputra, R., Sari, N., & Norsaleha, R. (2022). Absorción de nutrientes y rendimiento del arroz cultivado bajo intensificación con aminoácidos de pescado como fertilizante orgánico líquido. *Revista Internacional de Biociencias*, 20(4), 85–96. <https://doi.org/10.12692/ijb/20.4.85-96>
- Sarmiento, G., Rivera, W., Mena, L., Quispe, R., Velarde, L., & Lipa, L. (2023). Efecto del uso de vermicompost, acolchado orgánico y cobertura plástica sobre algunas propiedades del suelo y el cultivo de brócoli (*brassica oleracea* L.), en Perú. *Chilean Journal of Agricultural and Animal Sciences*, 39(1), 35–44. <https://doi.org/10.29393/CHJAA39-4EUGL60004>
- SIEA. (2024). *Herramientas Tecnológicas*. Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (MIDAGRI). <https://siea.midagri.gob.pe/portal/>
- Simón, M., & Golik, S. (2018). *Cereales de verano* (Editorial de la Universidad de La Plata, Ed.; Primera edición). https://www.researchgate.net/profile/Maria-Simon-8/publication/346045854_cereales_de_verano_2018/links/5fb83e7f299bf104cf6556e4/cereales-de-verano-2018.pdf#page=10
- Thendral, B., & Geetha, A. (2019). Caracterización fisicoquímica de estiércol líquido fermentado tradicionalmente procedente de desechos de pescado (gunapaselam). *Indian Journal of*

Traditional Knowledge, 18(4), 830–836.

https://www.researchgate.net/publication/337075573_Physicochemical_characterization_of_traditionally_fermented_liquid_manure_from_fish_waste_Gunapaselam?channel=doi&linkId=5dc3a54fa6fdcc2d2ff7e04a&showFulltext=true

Torres, F. (2023). *Fenología, adaptabilidad y rentabilidad del maíz blanco urubamba (zea mays l.), con densidades de siembra y niveles de fertilización en chachapoyas - amazonas*. [Tesis, UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS]. <https://repositorio.untrm.edu.pe/bitstream/handle/20500.14077/3352/Frans%20Torres%20Gonzales.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Vizcarra, J. C. T., Quispe, W. S. A., Rebaza, L. U. M. T., Huarcusi, J. M. M., Atencio, J. A. A., & Carrillo, K. A. M. (2024). Evaluación comparativa del efecto de biofertilizantes sobre el rendimiento de dos variedades de vainita (*Phaseolus vulgaris* L.). *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, 11(2), 57-64.

Vizcarra, J. C. T., Rebaza, L. U. M. T., Aro, F. Y. Q., Huarcusi, J. M. M., Atencio, J. A. A., Carrillo, K. A. M., & Aguilar, Y. D. G. (2025b). Efecto de hidrólisis de residuos de pescado sobre el cultivo de la

espinaca (*Spinacia oleracea*) en la ciudad de Tacna–
Perú. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de
Recursos Naturales*, 12(1), 57-63.

Vizcarra, J. C. T., Rebaza, L. U. M. T., Huarcusi, J. M. M., Atencio, J. A.
A., Carrillo, K. A. M., & Aguilar, Y. D. G. (2025a). Efecto del
hidrolizado de residuos de pescado en el cultivo de lechuga
crespa (*Lactuca sativa*) en Tacna, Perú. *Revista de Investigación
e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, 12(1), 13-22.

Zapata, J., & Gutiérrez, C. (2017). Hidrolizados de pescado-producción,
beneficios y nuevos avances en la industria. In *Acta Agronomica*
(Vol. 66, Issue 3). Universidad Nacional de Colombia.
<https://doi.org/10.15446/acag.v66n3.52595>

ANEXOS

Anexo 1. Promedios de la variable altura de planta (cm)

Bloques	Tratamientos								
	t1	t2	t3	t4	t5	t6	t7	t8	t9
BI	1,68	1,55	1,62	1,56	1,63	1,67	1,52	1,59	1,61

BII	1,54	1,71	1,53	1,54	1,55	1,32	1,47	1,40	1,45
BIII	1,66	1,71	1,82	1,59	1,71	1,66	1,85	1,62	1,71
BIV	1,67	1,72	1,77	1,68	1,86	1,83	1,86	1,77	1,67

Anexo 2. Promedios de la variable peso de mazorca por planta (g)

Bloques	Tratamientos								
	t1	t2	t3	t4	t5	t6	t7	t8	t9
BI	520,0	530,0	580,0	560,0	590,4	560,0	530,0	520,0	680,0
BII	480,0	490,0	380,0	450,0	440,0	510,0	460,0	370,0	510,0
BIII	264,0	320,0	364,0	220,0	268,0	424,0	436,0	434,0	524,0
BIV	278,0	262,0	256,0	332,0	300,0	367,0	398,0	302,0	574,0

Anexo 3. Promedios de la variable longitud de mazorca (cm)

Bloques	Tratamientos								
	t1	t2	t3	t4	t5	t6	t7	t8	t9
BI	15,25	13,50	13,60	15,80	16,00	15,80	14,20	14,50	16,30
BII	13,80	13,40	15,20	14,20	13,60	15,20	14,20	13,80	15,50
BIII	11,40	14,40	14,20	13,20	13,60	13,60	14,70	15,80	16,00
BIV	13,60	14,20	13,40	14,50	14,30	12,20	14,60	13,70	14,80

Anexo 4. Promedios de las variables de diámetro de mazorca (cm)

Bloques	Tratamientos								
	t1	t2	t3	t4	t5	t6	t7	t8	t9
BI	22,80	21,90	22,80	24,00	23,00	24,10	23,40	22,00	25,20

BII	22,90	22,70	23,20	22,80	21,80	22,10	23,20	22,20	23,00
BIII	22,40	20,00	21,90	23,20	23,70	24,20	22,70	21,80	23,20
BIV	22,72	23,10	23,20	24,20	24,00	22,70	25,00	24,14	25,50

Anexo 5. Promedios de la variable volumen radicular (cm³)

Bloques	Tratamientos								
	t1	t2	t3	t4	t5	t6	t7	t8	t9
BI	6996,00	7270,80	8131,00	7831,60	8623,20	6393,80	8466,40	8368,20	8702,80
BII	7742,60	8788,80	8109,20	9411,00	10466,00	10024,20	9086,00	9139,60	8649,40
BIII	6748,00	8127,20	8612,40	10963,60	9040,40	10319,80	9913,20	9334,80	9785,80
BIV	10578,40	9933,20	9475,20	9855,20	10194,80	11408,80	9667,20	9566,00	8987,20

Anexo 6. Promedios de la variable rendimiento total (t/ha)

Bloques	Tratamientos								
	t1	t2	t3	t4	t5	t6	t7	t8	t9
BI	12,27	12,80	12,93	12,60	13,60	13,67	13,40	11,60	13,87
BII	12,93	13,13	12,27	11,93	13,13	12,73	12,93	12,60	13,33
BIII	14,47	13,93	15,00	14,47	14,80	15,87	14,33	15,40	16,07
BIV	14,87	14,00	14,07	14,67	16,07	15,13	15,20	14,60	16,03

Anexo 7. Panel fotográfico de la conducción del cultivo



Fotografía 1. Elaboración del hidrolizado de pescado.



Fotografía 2. Preparación del área experimental, quema de malezas.



Fotografía 3. Roturación y nivelados de suelos con maquinaria agrícola.



Fotografía 4. Formación de camellones con arado de discos.



Fotografía 5. Siembra de maíz ecotipo Cabanita.



Fotografía 6. Emergencia del cultivo de maíz ecotipo Cabanita.



Fotografía 7. Siembra en emergencia del área experimental.



Fotografía 8. Abonamiento en el área experimental.



Fotografía 9. Identificación de controladores biológicos naturales.



Fotografía 10. Jornada de aporque para evitar acame del maíz.



Fotografía 11. Eliminación de maleza y aporcado.



Fotografía 12. Aplicación de fungicidas orgánicas preventivas.



Fotografía 13. Pleno desarrollo del cultivo de maíz ecotipo Cabanita.



Fotografía 14. Aplicación de tratamientos en el área experimental.



Fotografía 15. Fumigación orgánica preventiva.



Fotografía 16. Cosecha del cultivo de maíz del área experimental.



Fotografía 17. Evaluación de altura de planta.



Fotografía 18. Evaluación de la longitud de mazorca.



Fotografía 19. Pesado de maíz por unidad experimental.

Anexo 8. Análisis de laboratorio de suelo



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



INFORME DE ENSAYO N° 07175-24/SU/ LABSAF - AREQUIPA

I. INFORMACIÓN GENERAL

Cliente : Franklin Calderón Vilca
 Propietario / Productor : Franklin Calderón Vilca
 Dirección del cliente : Arequipa
 Solicitado por : Franklin Calderón Vilca
 Muestrado por : Cliente
 Número de muestra(s) : 01 muestra
 Producto declarado : Suelo Agrícola
 Presentación de las muestra(s) : Bolsas de plástico
 Referencia del muestra(s) : Reservado por el Cliente
 Procedencia de muestra(s) : Mancarana - Lari - Placarpata - Arequipa - Arequipa (*)
 Fecha(s) de muestra(s) : 2024-07-07 (*)
 Fecha de recepción de muestra(s) : 2024-07-09
 Lugar de ensayo : Laboratorio de Suelos, Aguas y Follajes - LABSAF Arequipa
 Fecha(s) de análisis : 2024-07-09 al 2024-07-19
 Cotización del servicio : 213-24AQP
 Fecha de emisión : 2024-07-22

II. RESULTADO DE ANÁLISIS

ITEM	1	2	3	4	5	6
Código de Laboratorio	SUB49-AQP-24	-	-	-	-	-
Muestra Analizada	Suelo	-	-	-	-	-
Fecha de Muestreo	2024-07-07	-	-	-	-	-
Hora de Inicio de Muestreo (h)	7:00:00 (*)	-	-	-	-	-
Condición de la muestra	Confirme	-	-	-	-	-
Código de identificación de la Muestra por el Cliente	-	-	-	-	-	-
Ensayo	Unidad	LC	Resultados			
pH	unif. pH	0,1	7,0	-	-	-
Conductividad Eléctrica	mS/m	1,0	6,0	-	-	-
Materia Orgánica	%	0,5	3,5	-	-	-
Fósforo Disponible	mg/kg	0,8	8,1	-	-	-
Potasio Disponible	mg/kg	4,00	387,43	-	-	-
Carbonatos de calcio equivalente	%	0,5	0,5	-	-	-
Sodio cambiante	cmol/kg	0,10	1,53	-	-	-
Potasio cambiante	cmol/kg	0,10	0,83	-	-	-
Calcio cambiante	cmol/kg	0,20	13,35	-	-	-
Magnésio cambiante	cmol/kg	0,10	2,57	-	-	-
Análisis de Textura						
arena	%	-	62,6	-	-	-
limo	%	-	29,7	-	-	-
arcilla	%	-	7,7	-	-	-
Clase Textural	-	-	Franco Arenoso	-	-	-