UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA CONSERVACIÓN

EFECTO DE LA APLICACIÓN COMBINADA DE FERTILIZANTE QUÍMICO Y HUMUS DE LOMBRIZ EN EL CULTIVO DE REPOLLO (*Brassica oloracea var. Capitata L.)* EN EL VALLE DE CATACAMAS, OLANCHO

POR:

MARÍA JOSÉ ESTRADA PONCE

TESIS

CATACAMAS, OLANCHO **SEPTIEMBRE, 2025**

EFECTO DE LA APLICACIÓN COMBINADA DE FERTILIZANTE QUÍMICO Y HUMUS DE LOMBRIZ EN EL CULTIVO DE REPOLLO (*Brassica oloracea var. Capitata L.*) EN EL VALLE DE CATACAMAS, OLANCHO

POR:
MARÍA JOSÉ ESTRADA PONCE

OSCAR OVIDIO REDONDO FLORES, M.SC.

DIRECTOR DE TESIS

TESIS

PRESENTADO A LA UNIVERDIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA COMO REQUISITO PREVIO A LA GRADUACIÓN

CATACAMAS **OLANCHO**

SEPTIEMBRE, 2025

DEDICATORIA

Dedico este trabajo, con todo mi cariño ya agradecimiento:

A Dios, por ser quien me guía en cada paso y por otorgarme la fortaleza para culminar este proceso.

A mis padres, Darwin Estrada y Francia Ponce, por su amor incondicional, sus sacrificios silenciosos y su fe inquebrantable en mí. Gracias por enseñarme que el esfuerzo y la humildad son semillas que siempre dan buen fruto.

A mis hermanos, Alejandra Leonela y Darwin Jahir Estrada Ponce, por ser mi motivación diaria. Cada logro mío es también de ustedes.

A mis abuelos y a mis tías, que han sido pilares fundamentales en mi vida. Gracias por su entrega, su apoyo incondicional y por estar siempre presentes, incluso en la distancia. Cada palabra de aliento y cada gesto de cariño han sido parte esencial en este camino.

A mis docentes y mentores, que no solo enseñaron ciencia, sino también vocación y compromiso.

Y a mí misma, por no rendirme, por continuar adelante incluso cuando las fuerzas flaqueaban, por creer en este sueño que hoy se materializa en papel.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco profundamente:

A la Universidad Nacional de Agricultura, por brindarme la formación académica, el espacio y las herramientas para desarrollarme como profesional íntegra.

A mi director de tesis, M.Sc. Oscar Ovidio Redondo Flores, por su acompañamiento, exigencia académica y valiosos aportes en cada etapa de esta investigación.

Al personal del área de estación experimental de la UNAG, especialmente a Saady Argeñal, por su apoyo técnico, su paciencia y buena disposición durante el desarrollo del ensayo.

A compañeras y amigas Abigail Cruz y Keren Palacios, que con risas, desvelos y aprendizajes compartidos hicieron de este camino una experiencia inolvidable.

A toda mi familia, por ser la base sólida sobre la que he construido cada paso. Gracias por sostenerme en los días nublados y celebrar conmigo cada pequeño triunfo. Su amor, su confianza y su ejemplo han sido un factor importante en este recorrido.

Y finalmente, a la tierra misma, por permitirme conocerla, trabajarla y aprender de ella. Que nunca se me olvide que de ella venimos… y a ella debemos cuidar.

CONTENIDO

RESUMEN x
I. INTRODUCCIÓN 1
II. OBJETIVOS 2
Objetivo General 2
Objetivos Específicos 2
III. REVISION DE LITERATURA 3
3.1. Generalidades del cultivo 3
3.2. Importancia 3
3.3. Descripción botánica 3
3.3.1. Taxonomía 4
3.4. Condiciones Agroecológicas 4
3.4.1. Clima: 4
3.4.2. Suelo 5
3.5. Manejo del cultivo 5
3.5.1. Semillero: 5
3.5.2. Preparación del suelo y trasplante 6
3.5.3. Fertilización 6
3.5.4. Riego 7
3.5.5. Malezas 7
3.5.6. Plagas Insectiles 8
3.5.7. Enfermedades 8
3.5.8. Importancia nutricional 8
3.5.9. Cosecha 9
3.6. Agricultura orgánica 9
3.6.1. Beneficios de la Agricultura Orgánica 9
3.6.2. Producción Orgánica en nuestro país 10
3.6.3. Materia orgánica 11
3.7. Generalidades de la lombriz 11
3.7.1. Descripción taxonómica 12
3.7.2. Anatomía 12

3.7.3. Excreción 13
3.7.4. Reproducción 13
3.7.5. Enemigos naturales de la Lombriz 14
3.7.6. Aspectos de producción 14
3.7.7. Sustrato como alimentos para las lombrices: 15
3.8. Humus de lombriz 16
3.8.1. Importancia del humus de lombriz 16
3.8.2. Beneficios del Humus de lombriz 17
3.9. Fertilizantes Químicos 17
3.9.1. Utilidad 18
3.9.2. Efectos secundarios de utilizar químicos en el suelo 18
3.10. Importancia de las prácticas agrícolas sostenibles 18
3.11. Combinación de fertilizantes orgánicos y químicos 19
3.12. Antecedentes teóricos 19
IV. METODOLOGÍA 21
4.1. Descripción del sitio 21
4.2. Ubicación 21
..... 21
4.3. Materiales y Equipo 22
4.4. Método 22
4.5. Manejo Agronómico 22
4.5.1. Análisis de suelo: 22
4.5.2. Alimentación de las lombrices: 23
4.5.3. Análisis químico del humus de lombriz: 23
4.5.4. Preparación del terreno: 23
4.5.5. Trazado de las parcelas: 23
4.5.6. Obtención de las plántulas: 24
4.5.7. Trasplante: 24
4.5.8. Riego: 24
4.5.9. Fertilización: 24
4.5.10. Control de malezas: 25
4.5.11. Control de plagas: 25
4.5.12. Aporque: 26
4.5.13. Cosecha 26
4.6. Tratamientos evaluados 26
4.6.1. Modelo estadístico 27
4.7. Variables de respuesta 27

4.7.1. Porcentaje de prendimiento: ... 27
4.7.2. Diámetro de cabeza: ... 27
4.7.3. Peso promedio de la cabeza ... 28
4.7.4. Rendimiento bruto ... 28
4.7.5. Rendimiento comercial: ... 28
4.7.7. Compactación de cabeza: ... 28
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN ... 30
5.1 Análisis químico del humus de lombriz: ... 30
5.2 Análisis de laboratorio de suelos: ... 32
5.3 Porcentaje de prendimiento: ... 34
5.4 Diámetro de cabeza: ... 34
5.5 Peso promedio de la cabeza: ... 36
5.6 Rendimiento bruto: ... 37
5.7 Rendimiento comercial: ... 39
5.8 Porcentaje de repollo de descarte: ... 40
5.9 Compactación de cabeza: ... 41
5.10 Análisis económico: ... 42
VI. CONCLUSIONES ... 44
VII. RECOMENDACIONES ... 45
VIII. REFERENCIAS ... 46
IX. ANEXOS ... 51

Anexo 1. Croquis de tratamientos ... 51
Anexo 2. Análisis de suelos ... 52
Anexo 3. Análisis humus de lombriz ... 55
Anexo 4. Dosificación por planta ... 56
Anexo 5. Diámetro de cabeza según la escala de Chalfant ... 56
Anexo 6. Compactación de cabeza ... 56
Anexo 7. Análisis económico ... 57
Anexo 8. Análisis estadístico ... 58

TABLA DE FIGURAS

Figura1. Lugar de investigación UNAG 21
Figura 2. Diámetro de cabeza 35
Figura 3. Diámetro según escala de Chalfant 36
Figura 4. Peso promedio de la cabeza 37
Figura 5. Rendimiento Bruto 38
Figura 6. rendimiento comercial mediante 39
Figura 7. Porcentaje de repollo de descarte 40
Figura 8. Compactación de cabeza % 41
Figura 9. Análisis Económico 43
Figura 10. Análisis de suelo T1 52
Figura 11. Análisis de Suelo T2 52
Figura 12. Análisis de suelo T3 53
Figura 13. Análisis de suelo T4 53

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Dosis de Fertilizante químico (Kg/ha) 25
Tabla 2. Descripción de los tratamientos y repeticiones del ensayo 26
Tabla 3 Análisis de humus de lombriz 31
Tabla 4. Análisis Químico de Suelo previo al experimento 33
Tabla 5. Análisis de suelos posterior al experimento 33
Tabla 6 Croquis de tratamientos 51
Tabla 7. Dosificación por planta 56
Tabla 8. Diámetro de cabeza según la escala de Chalfant 56
Tabla 9. Compactación de las cabezas en porcentaje 56
Tabla 10. Análisis económico proyección en ha 57
Tabla 11. Análisis económico 57
Tabla 12. Base de datos para el análisis estadístico 58
Tabla 13. ANOVA 59

Estrada Ponce, M.J 2025. Efecto de la aplicación combinada de fertilizante químico y humus de lombriz en el cultivo de repollo (*Brassica oloracea var. Capitata l.*) En el valle de Catacamas, Olancho. Tesis Ingeniería en Gestión Integral de los Recursos Naturales. Universidad Nacional de Agricultura. 70 p.

RESUMEN

El presente estudio se realizó a cabo con la finalidad de evaluar el efecto agronómico y económico de la aplicación combinada de fertilizante químico y humus de lombriz en el cultivo de repollo (*Brassica oleracea* var. *capitata L.*), bajo las condiciones del Valle de Catacamas, Olancho. La investigación se llevó a cabo en la estación experimental ``Raúl René Valle`` de la Universidad Nacional de Agricultura (UNAG), utilizando un diseño en bloques completamente al azar con cinco tratamientos y tres repeticiones. Los tratamientos incluyeron diversas proporciones de fertilizante químico y humus de lombriz, aplicados según requerimientos nutricionales del cultivo. Se analizaron factores como el porcentaje de prendimiento, el diámetro y el peso de la cabeza, el rendimiento bruto y comercial, la compactación por cabeza, el porcentaje de descarte, además de un estudio económico. Los resultados mostraron que los tratamientos T4 (25% humus + 75% químico) presentó los rendimientos más altos en términos agronómicos, sobresaliendo en peso, tamaño y compactación de las cabezas. Asimismo, el análisis económico demostró que este mismo tratamiento fue el más factible, ya que llegó a ser el más rentable en comparación con otros. Se concluye que la combinación de fertilizantes orgánicos y químicos puede potenciar determinados parámetros productivos del repollo, aunque su viabilidad económica dependerá de una gestión más estratégica de los recursos y del aprovechamiento local de recursos orgánicos.

Palabras clave: nutrición vegetal, productividad agrícola, fertilidad del suelo, rentabilidad agrícola, manejo integrado de fertilización, calidad de cosecha, agricultura sostenible.

I. INTRODUCCIÓN

La agricultura enfrenta hoy en día importantes desafíos debido al uso excesivo de los productos químicos, exigiendo así incrementar los rendimientos mientras se preserva la salud del suelo. Indudablemente el uso de estos recursos químicos ha aumentado la cantidad de producción de estos productos agrícolas, sin embargo, esto trae consigo una serie de consecuencias altamente negativas: contaminación del suelo incluyendo la contaminación de los acuíferos por estos productos químicos, disminución de la calidad de los productos agrícolas y produciendo baja fertilidad en los suelos por la pérdida de sus reservas de humus y por la erosión.

En la actualidad se está promoviendo el uso de fertilizantes orgánicos para disminuir los efectos negativos de los fertilizantes químicos, el uso El humus de lombriz es un abono orgánico rico en nutrientes que se genera a partir de la descomposición de residuos orgánicos por lombrices, este se ha establecido como un fertilizante orgánico muy eficiente. Este proceso no solo enriquece el suelo, sino que también mejora su estructura, incrementa la capacidad de retención de agua y estimula la actividad de microorganismos beneficiosos. En este contexto, se presenta una alternativa valiosa para mejorar la producción agrícola, especialmente en el caso del repollo, un alimento de alta demanda en el mercado. Aparte de su relevancia económica, la calidad de los cultivos influye de manera directa en la salud de las personas.

Este estudio pretende investigar cómo la combinación de humus de lombriz y fertilizantes químicos afecta el cultivo del repollo. Se busca determinar si esta sinergia puede optimizar el crecimiento, el rendimiento y la calidad del cultivo, así como evaluar su impacto en las propiedades del suelo.

II. OBJETIVOS

Objetivo General

Evaluar el impacto agronómico y económico de la aplicación combinada de fertilizante químico y humus de lombriz en el crecimiento, desarrollo y rendimiento del cultivo de repollo (*Brassica oloracea var. Capitata L.*).

Objetivos Específicos

- Determinar el comportamiento del crecimiento y rendimiento del cultivo de repollo como respuesta a la fertilización combinada de humus de lombriz con fertilizante químico.
- Comparar el comportamiento agronómico del cultivo del repollo para identificar la combinación más efectiva.
- Estimar la factibilidad económica del manejo integrado de fertilización, mediante un análisis costo-beneficio.

III. REVISION DE LITERATURA

3.1.Generalidades del cultivo

El repollo (*Brassica oloracea var. Capitata L.*) El repollo es una especie hortícola originaria de una amplia región de Europa, donde se encuentran formas silvestres en hábitats costeros y litorales de zonas geográficas diversas como Dinamarca y Grecia. Su cultivo se remonta aproximadamente al 2500 aC, con evidencia de su domesticación por los antiguos egipcios y su posterior difusión por la civilización griega (Ministerio de Agricultura, s.f).

3.2.Importancia

Históricamente, se le atribuían propiedades digestivas y efectos contra la embriaguez. En la actualidad es una de las hortalizas más cultivadas en el mundo de mayor relevancia en las regiones de clima templado y ha demostrado una adaptabilidad significativa en entornos tropicales. a este cultivo se dedica la mayor superficie de las huertas por su gran demanda para consumo y la posibilidad de poder cultivarse casi todo el año (Saracho, 2018). En Honduras, su siembra se concentra en los altiplanos de la zona central y en las áreas montañosas de Ocotepeque y Francisco Morazán, entre otras. (Ávila, 2010)

3.3. Descripción botánica

La planta de repollo es perenne de 0,5-1,5 m, glabra, con raíz axonomorfa que puede engrosarse en algunas variedades. Posee hojas grandes, carnosas y glaucas, con los nervios prominentes. Las basales pecioladas, liradas, con 1-2 segmentos laterales y el terminal mucho mayor. Flores amarillas, con los sépalos erectos, agrupadas en racimos.

Las flores abiertas sobrepasan a los botones florales del extremo del racimo. Fruto en silícua con rostro (Navarra, s.f).

El repollo presenta un ciclo de vida bianual, dividido en dos fases principales: vegetativa y reproductiva. La fase reproductiva se activa mediante la exposición a bajas temperaturas, las cuales inducen los procesos fisiológicos necesarios para la floración y la producción de semillas. Esta etapa es de especial interés en los programas de propagación y mejoramiento genético.

Por otro lado, la fase vegetativa es la más relevante desde el punto de vista productivo, ya que en ella se forma la estructura comercializable, denominada pella o cabeza. En climas tropicales, la pella se desarrolla de manera natural y está compuesta por hojas sin pecíolos, dispuestas de forma compacta o abierta, formando una estructura esférica. Su color varía según la variedad, siendo los más comunes el verde y, en menor medida, el morado. El peso de la pella depende del cultivar y de las condiciones ambientales, pudiendo oscilar entre 1 y 16 kg.

3.3.1. Taxonomía

- Reino: Plantae
- Clase: Magnoliopsida
- Familia: Brassicaceae
- Género: Brassica
- Orden: Brassicales
- Nombre científico: Brassica oleracea var. capitata
- Nombre común: Repollo, col (wikipedia, 2025)

3.4.Condiciones Agroecológicas

3.4.1. Clima:

Los repollos (Brassica oleracea var. capitata) son cultivos adaptables a climas templados, con un óptimo desarrollo en ambientes marítimos con un índice de humedad

alta. Su crecimiento inicia a temperaturas superiores a 7 °C, alcanzando un desarrollo óptimo en el rango de 15 a 18 °C. Temperaturas elevadas pueden afectar negativamente su desarrollo, favoreciendo la aparición de puntas quemadas, mientras que valores superiores a 27 °C pueden inducir la formación prematura del tallo floral, lo que provoca la apertura de las cabezas. No obstante, presentan una alta tolerancia a las heladas. El método de cultivo más común implica el trasplante de plántulas desde invernadero hacia campo abierto. (Yara, 2018)

3.4.2. Suelo:

El repollo se adapta a una amplia variedad de suelos, aunque prefiere aquellos de textura media, profundos y ricos en materia orgánica. (Saracho, 2018) Puede cultivarse en suelos que van desde arenosos y limo-arenosos hasta franco-arenosos, mientras que en suelos arcillosos su ciclo de cultivo suele ser más prolongado. El pH óptimo del suelo oscila entre 5,5 y 6,5; en caso de valores inferiores a 5,5, es recomendable aplicar enmiendas a base de calcio para corregir la acidez. (ganadria, s.f)

3.5.Manejo del cultivo

3.5.1. Semillero:

En los últimos años, la producción de plántulas en bandejas bajo sistemas protegidos ha aumentado significativamente, garantizando una mejor calidad de las plantas destinadas al trasplante. El éxito del cultivo de repollo depende en gran medida de la calidad del semillero, por lo que es fundamental establecerlo en un terreno donde no se haya cultivado repollo en al menos 2 o 3 años. (Rizo, 2019)

Para su preparación, el suelo debe ser removido y enriquecido con materia orgánica, recomendándose la aplicación de 5 a 10 libras de estiércol o gallinaza por metro de banco de semillero. Además, es crucial utilizar semillas de alta calidad, libres de plagas y enfermedades, y asegurar un adecuado espaciamiento entre las plántulas para favorecer su correcto desarrollo. (Rizo, 2019)

3.5.2. Preparación del suelo y trasplante

(Martínez, 2014) asegura que la preparación del terreno antes de la siembra es una de las prácticas agrícolas que mayor atención y cuidado requiere de parte del agricultor. Una preparación adecuada del terreno promoverá el crecimiento y desarrollo óptimo del sistema de raíces del repollo. Las raíces se desarrollarán dentro de un volumen mayor de suelo, por lo que podrán extraer con más facilidad el agua y los nutrimentos requeridos para alcanzar la producción deseada. Mediante la preparación del terreno se eliminan residuos vegetales existentes, se mejora la aireación del suelo, se facilita la descomposición de la materia orgánica y se favorece el control de plagas y enfermedades del suelo.

El trasplante se efectúa cuando la planta tiene entre tres a cuatro hojas verdaderas y tallos cortos y gruesos entre los 25 a 35 días después de sembrada la semillas. Según las condiciones de la zona, esto puede ocurrir entre treinta y cuarenta días después de la siembra. Se realiza el trasplante en camas de aproximadamente 1 m de ancho o en surcos con una distancia entre planas de 50 a 60 cm en dependencia de la variedad (Rizo, 2019).

3.5.3. Fertilización

Según (ganadria, s.f) el repollo es un cultivo muy exigente a la fertilización. Se recomienda la aplicación de 100 kg/ha de nitrógeno, fraccionado en dos aplicaciones, la mitad en el trasplante y el resto treinta días después. El fósforo se aplica a razón de 150 a 200 kg/ha, todo en la siembra. Para suplir esta cantidad, se aplican 630 kg/ha de fórmula fertilizante 10-30-10 en el trasplante y 100 kg de nitrato de amonio, treinta días después del trasplante. En suelos con altos contenidos de materia orgánica (igual o superior a 12%), se debe aplicar la mitad del nitrógeno, pues un exceso produce repollos muy tiernos y poco compactos.

3.5.4. Riego

El repollo requiere un suministro constante de agua para un desarrollo óptimo. En climas cálidos y suelos ligeros, el riego es esencial para evitar cabezas pequeñas, duras y de sabor intenso. Un riego profundo al momento del trasplante favorece el enraizamiento, pero debe evitarse el encharcamiento. Además, un riego repentino tras un período de sequía puede causar fisuras en las cabezas debido al crecimiento acelerado. (Yara, 2018)

Para mantener una distribución homogénea del agua, es fundamental monitorear la presión en el sistema de riego, revisar las descargas de los goteros y reparar posibles fugas. El riego por goteo, aspersión o surcos debe ser lo suficientemente profundo para estimular el crecimiento radicular y mantener la humedad en las capas inferiores del suelo, incluso en las primeras etapas del cultivo. Un manejo adecuado del riego no solo favorece el crecimiento vigoroso del repollo, sino que también lo protege contra plagas. (California, s.f)

3.5.5. Malezas

La presencia de malezas en los cultivos de repollo es inaceptable, ya que compiten por el agua y los nutrientes, reduciendo su rendimiento. Estudios han determinado que el período crítico libre de malezas, es decir, el tiempo máximo desde la siembra en que pueden tolerarse sin afectar significativamente el cultivo, varía entre dos y cuatro semanas en el repollo sembrado (Management, 2008).

Tal como menciona (Martínez, 2014) para el combate de malezas en el campo de cultivo, se pueden aplicar los herbicidas oxifluorfen en dosis de 0,5 kg ia/ha o el clorobromurón, así como la mezcla de oxifluorfen y pendimetalina, a razón de 0,5 y 1 kg ia/ha antes del trasplante, para eliminar malezas de hoja ancha y gramíneas.

3.5.6. Plagas Insectiles

- **Plagas insectiles:** del suelo que afectan al repollo incluyen la gallina ciega (*Phyllophaga* sp.) y los gusanos cortadores (*Agrotis* sp.).
- **Plagas insectiles:** del follaje se encuentran los áfidos del repollo (*Brevicoryne brassicae*), el áfido (*Myzus persicae*), los minadores, las chinches de ala de encaje, las moscas blancas, los gusanos del repollo (*Ascia monuste* y *Leptophobia aripa*), las orugas y la palomilla dorso de diamante (*Plutella xylostella*), siendo esta última la más dañina para el cultivo. (García G. , 2000)

3.5.7. Enfermedades

Diversos microorganismos afectan distintas partes del repollo, causando enfermedades a lo largo de su desarrollo. Algunas de las más importantes incluyen el mal del talluelo, que daña las plántulas en el semillero, y la cenicilla o mildiú, que impacta tanto en esta etapa como durante el llenado de la cabeza. Tras el trasplante, pueden aparecer enfermedades como la marchitez o fusariosis, provocada por el hongo *Fusarium oxysporum* f. sp. *conglutinans*. En la fase de formación y llenado de la cabeza, las enfermedades más perjudiciales son la pudrición blanca y la quema o chamusco. (Rizo, 2019)

3.5.8. Importancia nutricional

Conforme a lo expresado por (alimentacion, 2012) el repollo es una excelente fuente de vitamina C, folatos, fibra y minerales como potasio, hierro y fósforo. Su alto contenido en fibra favorece el tránsito intestinal y ayuda a prevenir enfermedades. Además, contiene fitonutrientes con propiedades anticancerígenas, asociándose su consumo a un menor riesgo de cáncer de pulmón, próstata, mama y tracto gastrointestinal. También se ha demostrado que puede inhibir mutaciones celulares precancerosas. Sin embargo, en personas predispuestas, sus compuestos bociógenos pueden afectar la función tiroidea al dificultar la absorción de yodo.

3.5.9. Cosecha

La cosecha del repollo debe realizarse cuando la cabeza alcance el tamaño y firmeza adecuados, lo cual depende de la variedad y la distancia de siembra. Retrasar la cosecha puede provocar que las cabezas se rajen debido al crecimiento continuo de hojas internas, siendo algunas variedades más susceptibles. Factores como lluvias inesperadas, cambios bruscos en la humedad, riego irregular o fertilización tardía pueden aumentar este problema. Por otro lado, una cosecha prematura reduce el rendimiento, hace que las cabezas sean más frágiles y disminuye su vida útil en almacenamiento (Rullán3, 2014).

3.6.Agricultura orgánica

De acuerdo con (bbva, 2024) es difícil encontrar un aspecto negativo en los abonos orgánicos. Estos abonos naturales para plantes son fertilizantes elaborados exclusivamente a partir de materias orgánicas como restos vegetales, estiércol o cenizas, sin que haya ningún tipo de ingrediente químico.

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), entre sus ventajas destacan la protección de la fertilidad de los suelos y la biodiversidad, y se consideran una herramienta básica para los cultivos sostenibles, desde grandes explotaciones a un pequeño huerto urbano o el abono para plantas. De hecho, su fomento como alternativa a los fertilizantes sintéticos es una de las buenas prácticas que recogen las legislaciones sobre productos orgánicos por medio mundo.

3.6.1. Beneficios de la Agricultura Orgánica

La agricultura orgánica busca sostenibilidad a largo plazo, promoviendo un equilibrio ecológico en el suelo, el agua y el aire. Usa técnicas naturales para mejorar la fertilidad del suelo, evitar la erosión, reducir la contaminación del agua y mitigar el calentamiento global.

Fomenta la biodiversidad al preferir semillas tradicionales y prácticas que protegen los ecosistemas locales, sin usar organismos modificados genéticamente (OMG) por precaución. Además, ofrece servicios ecológicos importantes, como la estabilización del suelo y la polinización, apoyando un sistema agrícola menos dañino para el medio ambiente. (FAO, ¿Qué beneficios ambientales produce la agricultura orgánica?, s.f.)

3.6.2. Producción Orgánica en nuestro país

Honduras tiene un gran potencial para el desarrollo de la agricultura orgánica, especialmente en áreas montañosas donde la mayoría de los pequeños y medianos productores están localizados. Reconociendo esta oportunidad, el Servicio Nacional de Sanidad Agropecuaria (SENASA), a través de su Subdirección Técnica de Sanidad Vegetal, estableció en 2001 el Departamento de Agricultura Orgánica para fomentar y regular esta práctica.

Este Departamento implementó el "Reglamento para la Agricultura Orgánica", que sirve como marco legal para regular la producción, procesamiento, comercialización y certificación de productos agrícolas orgánicos. Estos procedimientos garantizan que los productores que obtienen la certificación cumplan con los estándares requeridos, lo que contribuye a la confianza de los consumidores y al acceso a mercados internacionales.

Actualmente, en Honduras hay 14,671 productores de agricultura orgánica registrados, cultivando en un área de aproximadamente 87,345 hectáreas en 17 departamentos del país. Existen también 142 organizaciones de productores, junto con procesadores, comercializadores y certificadoras oficiales.

Entre los principales cultivos orgánicos en Honduras están el café, cacao, piña, miel de abeja, rambután, aguacate, y caña de azúcar, entre otros, que se exportan principalmente a Estados Unidos, Europa, Canadá y algunos países de Asia. (Agricultua y Ganaderia, 2022). (SAG, s.f.)

3.6.3. Materia orgánica

Según (Raffino, 2024) la materia orgánica es la materia conformada por compuestos químicos que contienen átomos de carbono, razón por la cual se conoce a la química orgánica como la “química del carbono”. Cuando hablamos de materia orgánica nos referimos a la que está vinculada con la vida: la que conforma los cuerpos de los seres vivos, así como la mayoría de sus sustancias y materiales de desecho.

En términos geológicos, la materia orgánica constituye la capa más superficial del suelo, compuesta por restos en descomposición de seres vivos, como plantas, animales y residuos que brindan diversos nutrientes a los organismos productores, como la vegetación. Los suelos más fértiles son aquellos con mayor presencia de materia orgánica.

3.7.Generalidades de la lombriz

La lombriz de tierra, de tonalidad gris rojiza, es un animal común para quienes tienen un jardín o practican la pesca. Aunque es originaria de Europa, hoy en día se encuentra ampliamente distribuida en Norteamérica y Asia occidental. Suelen medir entre 7 y 8 centímetros de longitud, aunque algunas pueden alcanzar hasta 35 centímetros con el cuerpo enrollado.

La lombriz posee su boca en el primer segmento de su cuerpo. Mientras excava la tierra, la ingiere y extrae de ella los nutrientes provenientes de la descomposición de materia orgánica, como hojas y raíces. Su papel es fundamental para la salud del suelo, ya que, a través de sus desechos, transporta minerales y nutrientes a la superficie, mientras que los túneles que crea favorecen la oxigenación del terreno. Además, una lombriz puede consumir diariamente hasta un tercio de su peso corporal (Geographic, 2010).

3.7.1. Descripción taxonómica

Las lombrices de tierra pertenecen al filo Annelida, dentro de la clase Clitellata y el orden Haplotaxida. Su familia más representativa es Lumbricidae, que incluye géneros como Lumbricus y Eisenia.

- Clasificación taxonómica
- Reino: Animalia
- Filo: Annelida
- Clase: Clitellata
- Orden: Haplotaxida
- Familia: Lumbricidae
- Género: Eisenia
- Especie: *Eisenia fetida* (Wikipedia, Eisenia fetida, 2025)

3.7.2. Anatomía

De acuerdo con (Benavides, Espitia, Bracho, & Benítez, 2006) La lombriz es de cuerpo cilíndrico, alargado y segmentado en forma de anillos, los cuales van separados por una especie de tabique. Cada anillo cumple funciones especializadas. En el cuerpo se distinguen: el prostomio, un lóbulo localizado en el extremo anterior y en el cual se encuentra la boca; clitello, es un abultamiento localizado en el segmento central, parte anterior, el cual está integrado por 5 a 6 anillos; en el extremo posterior se localiza el pigidio, segmento en donde se halla ubicado el ano.

El cuerpo está provisto de unas quetas en forma de cerdas que le sirven para la locomoción. Estas quetas están ausentes en el primero y último segmentos. En la parte dorsal del cuerpo, van dispuestos unos poros a través de los cuales segrega una sustancia que mantiene la humedad corporal de la lombriz evitando su deshidratación.

3.7.3. Excreción

La excreción ocurre a través de órganos especializados llamados nefridios, con dos presentes en cada anillo. Su forma es similar a la de un cuerno de vaca. Su extremo más amplio está inmerso en el celoma y se conecta con tubos uriníferos que desembocan en poros uriníferos en la superficie del cuerpo. Las células internas, provistas de cilios, generan movimientos que facilitan la eliminación de la orina del celoma. (Lombricultura, 2011)

Los excrementos de lombriz son un fertilizante natural altamente beneficioso, compuesto por una mezcla activa de bacterias, enzimas, restos de materia orgánica y estiércol animal. Son ricos en nutrientes esenciales para el crecimiento de las plantas, como nitratos, fósforo, magnesio, potasio y calcio, además de contener oligoelementos como manganeso, cobre, zinc, cobalto, boro, hierro, carbono y nitrógeno. A diferencia de otros fertilizantes, estos nutrientes están inmediatamente disponibles para las plantas sin riesgo de quemarlas.

Durante el proceso digestivo de la lombriz, los desechos orgánicos se transforman químicamente, resultando en un fertilizante inodoro y con pH neutro (7). Además, se deposita una fina capa de aceite sobre los excrementos, lo que permite que los nutrientes se liberen lentamente a lo largo de dos meses, proporcionando un suministro continuo de alimento para las plantas. (Vite, sf)

3.7.4. Reproducción

Durante el apareamiento, que ocurre en la superficie, las lombrices intercambian esperma, ya que, aunque son hermafroditas, no pueden autofecundarse. Luego, cada lombriz segrega un líquido desde el clitelio, una estructura engrosada en el tercio anterior de su cuerpo, formando un pequeño capullo en forma de limón. Dentro de este capullo se depositan los ovocitos y el esperma, y posteriormente es enterrado. Tras un período de gestación de entre dos y cuatro semanas, las crías emergen a la superficie. (Geographic, 2010)

3.7.5. Enemigos naturales de la Lombriz

El ser humano es uno de los principales enemigos de la lombriz, ya que en su hábitat natural las perjudica con el uso de fitosanitarios, abonos químicos y antiparasitarios. En la lombricultura, una mala gestión, como la baja humedad o un pH demasiado ácido, favorece la presencia de parásitos.

Entre los depredadores más peligrosos para los criaderos se encuentran ratas, ratones, erizos, perenquenes, planarias, pájaros, lagartos, ranas y topos. Además, insectos como escarabajos, moscas, ácaros rosas, gorgojos y cochinillas compiten con las lombrices por la materia orgánica, aunque no alteran su entorno. Las hormigas pueden consumir los azúcares del alimento de las lombrices y establecer hormigueros en los sistemas de producción. Para ahuyentarlas, se recomienda humedecer y remover regularmente el sustrato, lo que las obliga a buscar otro lugar. (Inversa, 2011)

3.7.6. Aspectos de producción

Humedad: La humedad y la aireación del sustrato son fundamentales para las lombrices. Un exceso de agua, con humedad superior al 85 %, reduce la oxigenación, afectando su alimentación, respiración y reproducción. Esto provoca un estado de latencia en el que dejan de producir vermicompost y de aparearse. Por otro lado, una humedad inferior al 70 % dificulta su desplazamiento y la ingesta de alimento. Condiciones extremas, con niveles por debajo del 55 % o por encima del 95 %, pueden ser letales. Para garantizar su supervivencia y óptimo desarrollo, la humedad ideal debe mantenerse entre el 70 % y el 80 %. (Rivas, s.f)

Temperatura: La temperatura óptima para el desarrollo de las lombrices varía entre 18°C y 25°C, con una temperatura corporal ideal de 19-20°C. Cuando la temperatura baja por debajo de 15°C, las lombrices entran en un período de latencia, reduciendo su actividad. Durante este tiempo, dejan de reproducirse y crecer, y los espermatóforos no eclosionan hasta que las condiciones mejoren. Además, el ciclo evolutivo se alarga, ya que los cocones (huevos) y los embriones permanecen más tiempo sin eclosionar.

Temperaturas superiores a 35°C-40°C o inferiores a 4°C son mortales para las lombrices. (Cruz, 2006)

Longevidad: (Benavides, Espitia, Bracho, & Benítez, 2006) asegura que la lombriz puede vivir hasta 16 años y un reproductor adulto alcanza a producir entre 1.200 y 1.500 crías anuales, pudiendo convivir una población de 40.000 a 50.000 lombrices por metro cuadrado de criadero.

pH: De acuerdo con (Rivas, s.f) La lombriz vive en sustratos con pH de 5 a 8,4. Fuera de esta escala, la lombriz entra en una etapa de latencia. Con pH ácido en el sustrato (<7) puede desarrollarse una plaga conocida en el mundo de la lombricultura como planaria.

3.7.7. Sustrato como alimentos para las lombrices:

Antes de iniciar la actividad de lombricultura, es crucial asegurar una fuente adecuada de alimentos en cantidad y calidad. Los principales alimentos para las lombrices son restos vegetales y residuos de cultivos de la finca, estiércol de herbívoros y aves, restos de cocina como frutas, verduras, borras de café e infusiones, así como materiales vegetales como lino, esparto, algodón, cartón y papel crudo (sin tinta). Sin embargo, deben evitarse las cáscaras de cítricos, carnes y pescados. La materia orgánica de origen animal es esencial, ya que proporciona la proteína necesaria para la reproducción de las lombrices.

El estiércol de vaca es el mejor sustrato para la lombriz roja (Eisenia foetida), seguido por el estiércol de conejo y caballo. En cuanto a los restos vegetales, las frutas dulces, hortalizas y borras de café son los más beneficiosos. También es importante tener precaución con alimentos de origen desconocido y evitar aquellos que puedan haber sido tratados con pesticidas. (García A. G., 2015)

3.8.Humus de lombriz

El origen de la agricultura, se remonta a aproximadamente 10,000 años a.C., comenzó en la región de Egipto y Mesopotamia, donde las lombrices de tierra tenían un papel relevante en la fertilidad del suelo. Los egipcios admiraban profundamente a las lombrices estos comprendían su importancia en la fertilidad. De hecho, la reina Cleopatra consideraba a las lombrices como sagradas y castigaba severamente a quienes intentaran llevarlas fuera de Egipto. El filósofo griego Aristóteles también reconoció su importancia y las llamó "los intestinos de la tierra", destacando su labor en la mejora de los suelos.

No obstante, no fue hasta 1881 que se obtuvo información científica sobre estos anélidos, cuando Charles Darwin, quien desde joven mostró interés en las lombrices, publicó su libro The Formation of Vegetable Mould through the Action of Worms, with Observation on their Habits. En este libro, Darwin se destacó a investigar cómo las lombrices actúan como un arado natural que ha trabajado el suelo desde antes de la existencia del ser humano. Sus investigaciones lo consolidaron como el "padre de la lombricultora", debido a su profundo análisis de la biología y los hábitos de las lombrices. (Lombrimadrid, s.f.)

(lombricultores, s.f.) sostiene que el humus de lombriz es un producto formado única y exclusivamente por las excretas o turrículos, producto de la digestión natural de las lombrices compostadoras; se presenta en la forma de infinidad de agregados cilíndricos, de uno o dos milímetros de longitud, cubiertos por una fina película muco-proteica, “membrana peritrófica” que aglutina y retiene miles de microorganismos del suelo, compuestos húmicos, órgano-minerales y nutrimentos.

3.8.1. Importancia del humus de lombriz

El humus de lombriz es un fertilizante orgánico que destaca por su estabilidad biológica, lo que significa que no se descompone ni produce fermentación o putrefacción, cualidades que lo hacen especialmente adecuado para mejorar la salud y

estructura del suelo. Gracias a su alta solubilización, producto de su composición enzimática y bacteriana, provocando que los nutrientes que contiene son fácilmente absorbidos por las raíces de las plantas, lo cual acelera su efectividad.

Además, el humus de lombriz favorece el crecimiento de plantas, árboles y arbustos, al incrementar su porte y vigor. Este fertilizante orgánico también actúa como biorregulador, protegiendo a las plantas de enfermedades y ayudándolas a resistir cambios extremos de humedad y temperatura durante el trasplante. (infoagro, Lombricompuesto, Vermicompost O Humus De Lombriz, 2017)

3.8.2. Beneficios del Humus de lombriz

- Permite procesar recursos que, de otro modo, serían arrojados a la basura, reduciendo la necesidad de más camiones recolectores, con la consecuente contaminación del aire, olor y ruido.
- Al evitar que los residuos orgánicos se acumulen en los basureros, se evita la producción de gases tóxicos y líquidos que pueden contaminar el subsuelo.
- El humus de lombriz es un fertilizante alto en nitrógeno, potasio, fósforo y magnesio, además de minerales y micronutrientes necesarios para los cultivos, más fácilmente absorbidos por las plantas que los fertilizantes sintéticos.
- El humus de lombriz también contiene hormonas de crecimiento para los cultivos, así como enzimas y una alta población microbiológica benéfica y libre de patógenos. (Morales, s.f.)

3.9.Fertilizantes Químicos

(Rural, 2019) Afirma que son nutrientes elaborados por el hombre que, generalmente, son de origen mineral, animal, vegetal o sintético. Dentro de los fertilizantes químicos están los elaborados con los “nutrientes principales” para la tierra, que son nitrógeno, fósforo y potasio.

Cuando hablamos de fertilizantes, nos referimos a sustancias que utilizamos en la tierra, a modo de insumo para la agricultura, para que los suelos sean más ricos en nutrientes. Los fertilizantes para las plantas permiten un mejor crecimiento y mayor rendimiento a futuro, incrementando el potencial productivo del suelo.

3.9.1. Utilidad

No siempre la tierra, por más que se trate de suelos privilegiados, está provista de todas las sustancias necesarias para que cada tipo de plantación crezca, se desarrolle y reproduzca de la mejor manera.

Muchas veces se deteriora y requiere del uso de fertilizantes que aporten los sustratos y nutrientes que hagan falta, por ejemplo, los fertilizantes pueden proveer nitrógeno para las plantas. Estos nutrientes son sumamente necesarios, tanto como la luz solar y el agua, por lo que la fertilización del suelo es un paso necesario en cualquier tipo de cultivo. (Agro, 2022)

3.9.2. Efectos secundarios de utilizar químicos en el suelo

El uso de productos químicos en el suelo puede tener muchas consecuencias negativas. Estos incluyen desequilibrios de nutrientes que pueden debilitar las plantas y destruir las bacterias beneficiosas del suelo, lo que dificulta la descomposición de la materia orgánica y aumenta el riesgo de infección. Además, las frutas y verduras pierden su sabor, disminuye su contenido de humus y aumenta la susceptibilidad de las plantas a plagas y enfermedades. (nostoc, 2018)

3.10. Importancia de las prácticas agrícolas sostenibles

(Piñeiro, y otros, 2021) Asegura que las prácticas agrícolas sostenibles permiten un uso más eficiente de los recursos naturales, mitigan el impacto de la agricultura en el medio ambiente y fortalecen la capacidad de adaptación al cambio climático y la variabilidad climática.

Además, la combinación de fertilizantes químicos y orgánicos es una estrategia reconocida por sus beneficios económicos y agronómicos. Según un artículo de (Cherlinka, 2024), esta práctica permite reducir costos al disminuir la cantidad de fertilizantes químicos utilizados, que suelen ser más costosos, y aprovechar las ventajas de los fertilizantes orgánicos, como la mejora de la estructura del suelo y la retención de humedad.

Debido a que estas prácticas generalmente requieren un esfuerzo sustancial o la asignación de recursos por parte de los agricultores, se necesitan incentivos para apoyar la adopción por parte de los agricultores. A pesar del creciente interés, ha habido poca evaluación sistemática de los incentivos-adopción-cadena de resultados, es decir, qué incentivos promueven mejor la adopción y cuáles conducen a los resultados de sostenibilidad deseados.

3.11. Combinación de fertilizantes orgánicos y químicos

Los estudios muestran que combinar fertilizantes orgánicos y químicos puede mejorar el rendimiento de varios cultivos. En plantas como el chile, tomate, soya, café, y fresa, esta combinación ayuda a maximizar la producción y reducir el uso de fertilizantes químicos a lo largo del tiempo. En algunos casos, como el cultivo de garbanzo y caña panelera, la fertilización mixta también disminuye el impacto ambiental y mejora la salud del suelo, promoviendo un crecimiento más sostenible y efectivo para los cultivos.

3.12. Antecedentes teóricos

Según investigaciones de (Tlelo-Cuautle, Taboada-Gaytán, Cruz-Hernández, López-Sánchez, & López, 2023) la combinación de estiércol ovino en nivel alto (15 t ha^{-1}) en combinación con un nivel medio de fertilización química (80N-40P-80K) produjo los mayores rendimientos de fruto fresco por unidad de superficie en el cultivo de chile Poblano. La altura de planta, el número de frutos y el peso de fruto por planta fueron influenciadas positivamente por la aplicación combinada de ambas fuentes de nutrientes.

Como menciona (Abreu Cruz, y otros, 2018) en sus investigaciones la aplicación de fertilizante químico 100 % mostró resultados superiores respecto al resto de los tratamientos en los indicadores morfológicos, reproductivos y de rendimiento en la primera cosecha. El reemplazo de un 25 % de fertilizante químico por vermicompost (4 t ha^{-1} y 6 t ha^{-1}), elevó el rendimiento de *C. annuum* cv. Magistral a valores similares al tratamiento con fertilizante químico 100 % en la segunda cosecha. Los resultados obtenidos evidencian que el humus de lombriz puede constituir una alternativa eficaz para reducir el uso de fertilizante químico sin afectar la productividad, en el cultivo de *C. annuum*.

IV. METODOLOGÍA

4.1. Descripción del sitio

Este estudio se realizó en la estación experimental ``Raúl René Valle`` de la Universidad Nacional de Agricultura (UNAG), situada a 6 km de la ciudad de Catacamas, Olancho, con destino a la carretera a Dulce Nombre de Culmí, Barrio El Espino (Wikipedia, wikipedia, 2011). Se encuentra a una altitud de 350 msnm, con una precipitación promedio anual de 845 mm, presenta una temperatura promedio anual de 24.2 °C (Climate-Data.org, s,f) y una humedad relativa del 76% (Climate, s.f).

La parcela destinada a este proyecto contaba con condiciones favorables para la producción de hortalizas, incluyendo suelos fértiles y un sistema de riego que permitió mantener la humedad adecuada para el crecimiento del repollo. Esta práctica se realizó durante los meses de febrero a junio del 2025, con el objetivo de aplicar técnicas agrícolas adecuadas para el desarrollo óptimo del cultivo.

4.2. Ubicación

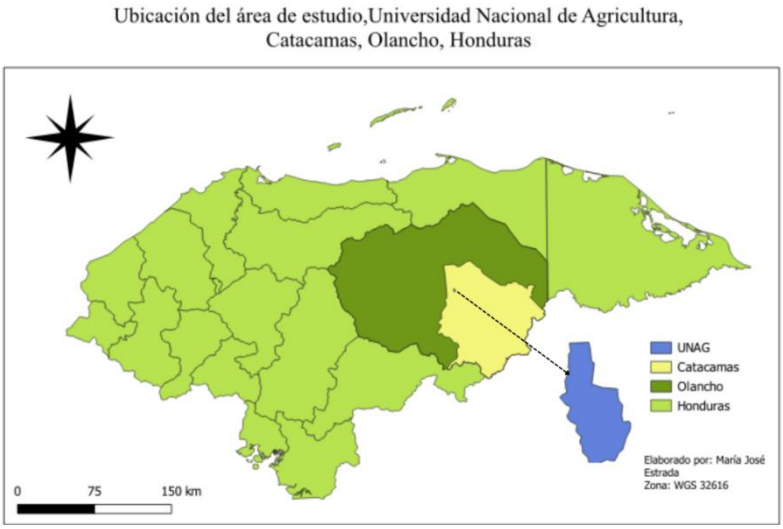


Figura1. Lugar de investigación UNAG

4.3. Materiales y Equipo

Para llevar a cabo la investigación, se emplearon abonos como humus de lombriz y fertilizantes químicos, además de plántulas de repollo, mano de obra, herramientas como azadones y palas, un libro de campo, estacas, etiquetas, balanza graduada en gramos, regla o cinta métrica, balanza de reloj y cámara fotográfica

4.4.Método

Se utilizó un enfoque de investigación cuantitativa, con el propósito de generar datos medibles y objetivos sobre el impacto de la combinación de fertilizantes químicos y humus de lombriz en el cultivo de repollo. La cuantificación resultó esencial para evaluar el crecimiento, desarrollo y rendimiento del cultivo bajo diferentes tratamientos de fertilización, lo que implicó la recolección de datos numéricos como el diámetro de la planta, el peso por cabeza y el rendimiento por parcela. Estos datos permitieron realizar comparaciones precisas entre los tratamientos, estableciendo diferencias significativas mediante análisis estadísticos.

4.5.Manejo Agronómico

4.5.1. Análisis de suelo:

Previo a la instalación del experimento se tomó una muestra de suelo con el propósito de determinar las características relevantes del mismo y evaluar su estado inicial en términos de pH, materia orgánica y nutrientes esenciales (N, P, K). Tras el análisis, se aplicaron los tratamientos experimentales, que combinaron diferentes proporciones de fertilizante y humus. Al finalizar, se recolectaron nuevas muestras para compararlas con las condiciones iniciales, evaluando el impacto en la fertilidad del suelo. (Anexo 4.)

4.5.2. Alimentación de las lombrices:

Las lombrices utilizadas en la producción de humus requirieron una alimentación adecuada para garantizar la calidad del abono que generaron. En este estudio, se empleó una dieta compuesta por estiércol de caballo, cabra y oveja, materiales ricos en nutrientes esenciales para el desarrollo de las lombrices y el procesamiento eficiente de la materia orgánica, ya que el estiércol de caballo aportó aireación, mientras que el de cabra y oveja proporcionó nitrógeno y minerales esenciales.

4.5.3. Análisis químico del humus de lombriz:

Previo a su utilización, se realizó un análisis al humus de lombriz con el objetivo de evaluar su calidad y determinar su nivel de salubridad. Este análisis permitió identificar los principales parámetros físico-químicos, como el pH, la materia orgánica, los niveles de nitrógeno, fósforo y potasio, así como la posible presencia de metales pesados o microorganismos no deseados. Para este fin, las muestras fueron enviadas al laboratorio de la Fundación Hondureña de Investigación Agrícola (FHIA) para su respectivo análisis. (Anexo 5.)

4.5.4. Preparación del terreno:

La preparación del terreno se llevó a cabo con un pase de arado y dos de rastra, a una profundidad de 40 cm, con el fin de crear las condiciones necesarias para un buen desarrollo del cultivo.

4.5.5. Trazado de las parcelas:

Tras la preparación del suelo, se procedió al trazado de las parcelas experimentales, utilizando estacas y una cinta métrica. Las parcelas tuvieron dimensiones de 1.20 metros de ancho por 4.8 metros de largo. A continuación, se llevó a cabo el sorteo para asignar los bloques y tratamientos correspondientes según el diseño experimental. Entre cada bloque, se delimitó un espacio de un metro de ancho para facilitar las labores en el

campo, así mismo, se elaboraron rótulos para la identificación de las parcelas experimentales.

4.5.6. Obtención de las plántulas:

Las plántulas fueron obtenidas del vivero de la Cooperativa Horticultores de Siguatepeque Limitada (COHORSIL), seleccionando aquellas que presentaron un buen vigor para su trasplante.

4.5.7. Trasplante:

Las plántulas fueron trasplantadas manteniendo un distanciamiento de 24 centímetros entre cada una, con un total de 20 plántulas por unidad experimental, distribuidas en dos surcos de 10 plantas cada uno. Cada plántula se colocó cuidadosamente sobre la dosis de humus de lombriz previamente aplicada según el tratamiento correspondiente.

4.5.8. Riego:

Se realizaron riegos periódicos según lo requirió el cultivo mediante el sistema de riego por goteo. El riego se efectuó dos veces al día, uno por la mañana y otro por la tarde-noche, durante un periodo de una hora cada vez, verificando siempre que la humedad del suelo fuese la adecuada para el cultivo. En la época lluviosa, el riego se suspendió para evitar excesos de humedad; mientras que en la época seca se mantuvo la frecuencia de establecida.

4.5.9. Fertilización:

Para los tratamientos que incluyeron la aplicación de humus de lombriz, se utilizó la dosis correspondiente para cada plántula, la cual se aplicó 8 días antes del trasplante en forma de postura, con una separación de 24 centímetros entre cada una. Se dejó una marca en cada postura para indicar el lugar donde posteriormente sería colocada la plántula.

En cuanto al fertilizante químico (P y K), este se aplicó al 100% cinco días después del trasplante, junto con el 50% inicial del nitrógeno (N), con el fin de evitar un estrés excesivo en las plántulas recién trasplantadas y prevenir posibles daños por quemadura. El 50% restante de N se administró 30 días después del trasplante. Para asegurar la exactitud de las dosis, las cantidades por planta se pesaron con ayuda de una balanza de platillo. Los requerimientos nutricionales específicos de N, P y K para el cultivo de repollo se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. Dosis de Fertilizante químico (Kg/ha)

Dosis de Fertilizante químico		
Elemento	**Requerimiento (Kg/ha)**	**Fuente**
Nitrógeno	120	Urea
Fosforo	90	DAP
Potasio	150	KCl

4.5.10. Control de malezas:

El control de malezas se realizó de forma manual, llevándose a cabo en cuatro ocasiones a lo largo del desarrollo del experimento.

4.5.11. Control de plagas:

Se realizó un muestreo del cultivo cada cinco días para determinar la presencia de plagas, como es común en este tipo de cultivo. En este caso, se utilizaron químicos sintéticos, aplicados como precaución y siguiendo las indicaciones del fabricante para evitar daños al medio ambiente y a los consumidores. Se realizaron tres fumigaciones con el plaguicida Monarca 11,25 SE (Insecticida-neonicotinoide y piretroide: thiacloprid y beta-cyfluthrin), combinado con un corrector de pH a base de ácido fosfórico. La aplicación se efectuó cada 20 días aproximadamente, con el fin de mantener el cultivo libre de cualquier plaga.

4.5.12. Aporque:

Se realizó 30 días después del trasplante para proporcionar un mejor anclaje a la planta.

4.5.13. **Cosecha**:

La cosecha se realizó a los 108 días después del trasplante, permitiendo que las plantas alcanzaran un desarrollo óptimo antes de ser recolectadas.

4.6.Tratamientos evaluados

Los tratamientos evaluados se estructuraron como una combinación de diferentes porcentajes de humus de lombriz y fertilizante químico, de la siguiente manera:

Tabla 2. Descripción de los tratamientos y repeticiones del ensayo

Tratamientos	Repeticiones	Humus de lombriz (%)	Fertilizante químico (%)
T1	3	100	0
T2	3	75	25
T3	3	50	50
T4	3	25	75
T5	3’	0	100

Las dosis de fertilizante químico se establecieron con base en un requerimiento de 120, 90 y 150 kg/ha de N, P y K, respectivamente. La dosis de humus de lombriz fue de 100 g por planta, equivalente al 100%.

Se utilizó un diseño de bloques completamente al azar (DBCA) con tres repeticiones. La unidad experimental estuvo constituida por 2 surcos de 4.8 m de largo, con una distancia entre surcos de 0.6 m y entre plantas de 0.48 m. Los dos surcos conformaron la parcela útil, de donde se obtuvieron los datos de las distintas variables. Se

establecieron 5 tratamientos y 3 repeticiones para un total de 15 unidades experimentales, ocupando un área experimental de 164 m².

4.6.1. Modelo estadístico

Se utilizó el modelo aditivo lineal para un diseño de bloques completamente al azar:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij} \begin{cases} i = 1, 2, 3, \dots, t \\ j = 1, 2, 3, \dots, r \end{cases}$$

Siendo:

- Y_{ij} = variable de respuesta observada o medida en el i-ésimo tratamiento y el j-ésimo bloque.
- μ = media general de la variable de respuesta
- τ_i = efecto del i-ésimo tratamiento
- β_j = efecto del j-ésimo bloque
- ε_{ij} = error asociado a la ij - estima unidad experimental.

4.7.Variables de respuesta

4.7.1. Porcentaje de prendimiento:

Este dato se obtuvo a los 15 días después del trasplante, contando el número de plantas vivas para determinar el porcentaje de prendimiento. Esto permitió evaluar el éxito del establecimiento inicial de las plántulas en campo**.**

4.7.2. Diámetro de cabeza:

Para su determinación, se tomaron todos los repollos de la parcela útil y se midió su diámetro con un pie de rey, clasificándolos de acuerdo con la escala modificada de Chalfant. Los resultados se expresaron en centímetros. Los repollos con un diámetro

mayor a 14 cm se consideraron de calidad A, los de más de 12 cm y hasta 14 cm como calidad B, y los de 12 cm o menos como calidad C.

4.7.3. Peso promedio de la cabeza

El peso promedio se determinó cosechando los repollos de la parcela útil y pesándolos en una balanza de reloj. Con el fin de obtener el peso promedio por cada unidad experimental, expresado en kilogramos.

4.7.4. **Rendimiento bruto**:

Se cosechó el total de repollos por parcela obteniendo el peso total, expresando el mismo en kilogramos por hectárea (kg/ha).

4.7.5. Rendimiento comercial:

Se restó al rendimiento bruto el porcentaje de rechazo correspondiente a los repollos clasificados como calidad C. El rendimiento comercial se expresó en kilogramos por hectárea (kg/ha), considerando únicamente los repollos de calidad A y B.

4.7.6. **Porcentaje de repollo de descarte:**

Esta variable corresponde a los repollos clasificados como calidad C, que son aquellos repollos que no alcanzaron una compactación y un diámetro adecuados, los cuales constituyeron los repollos de rechazo. Estos datos fueron expresados en porcentaje (%) para cuantificar el nivel de pérdida no comercial.

4.7.7. Compactación de cabeza:

La compactación de las cabezas se determinó manipulándolas al tacto, utilizando los siguientes parámetros: compacta, semi-compacta y floja. Los resultados se expresaron en porcentaje, según la cantidad de repollos clasificados en cada categoría para cada uno de los tratamientos.

4.7.8. Análisis económico:

Se realizó un análisis económico para determinar la rentabilidad de cada tratamiento, utilizando la siguiente fórmula:
Rentabilidad (%) = [(ingreso – egresos) /egresos] x 100

Los ingresos se calcularon con base en el total de dinero generado por la venta de los repollos. Los egresos se estimaron considerando todos los costos asociados a cada tratamiento, incluyendo la adquisición y aplicación de fertilizantes orgánicos y químicos, así como la compra de fungicidas, plaguicidas y otros insumos necesarios.

Se destacó que una rentabilidad superior al 100% indicó ganancia; un valor inferior a 100% representó pérdidas; y un valor igual a 100% reflejó un punto de equilibrio, es decir, que no se obtuvo ni ganancia ni pérdida.

4.7.9. Análisis estadístico:

Una vez obtenidos los datos, se procedió a realizar un análisis de varianza (ANOVA) al 0.05 de probabilidad, así como la prueba de comparación de medias de Tukey, aplicada únicamente a las variables que presentaron diferencias estadísticamente significativas.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Análisis químico del humus de lombriz:

El análisis físico-químico realizado al humus de lombriz permitió clasificarlo como un producto de calidad media, con características adecuadas para su uso como insumo orgánico de este experimento.

Uno de los aspectos más importantes a considerar es su nivel de humedad, que fue del 52.51% en base a materia húmeda. Este valor se encuentra dentro del rango óptimo (40–60%), lo cual favorece tanto la conservación de microorganismos beneficiosos como la facilidad en su aplicación al suelo (FAO, 2013).

En cuanto a su contenido de materia orgánica, los resultados indican un 22.24% en base seca y 10.56% en base húmeda. Aunque el valor en base seca se aproxima al límite inferior aceptable (alrededor del 25%), el valor en base húmeda es bajo. Esto podría ser resultado de una fermentación incompleta, lo que sugiere la necesidad de mejorar el proceso de compostaje (Benitez & Violeta Silbert, 2015)

El carbono orgánico alcanzó un 12.33% y la relación carbono/nitrógeno (C/N) fue de 11.02, un valor considerado óptimo para compost maduro. Esta relación indica una adecuada estabilidad del producto y reduce el riesgo de que el material cause inmovilización de nitrógeno en el suelo tras su aplicación (Domínguez & María Gómez-Brandón, 2013)

El pH registrado fue de 8.94, ligeramente superior al rango recomendado (6.5–8.0). Según (Zaller, 2007) Aunque este valor indica cierta alcalinidad, puede ser beneficioso en suelos ácidos, contribuyendo a mejorar las condiciones químicas del medio. No

obstante, en suelos neutros o ligeramente alcalinos, se recomienda precaución, especialmente en cultivos sensibles a este parámetro.

En cuanto, a los minerales principales, el nitrógeno alcanzó un 1.11% en base seca, mientras que el fósforo y el potasio fueron de 0.63% y 0.56% respectivamente. Estos valores son adecuados y reflejan un contenido nutritivo aceptable para un humus de lombriz, capaz de complementar la fertilización en cultivos.

Los micronutrientes evaluados (hierro, manganeso, cobre, zinc y boro) se encontraron dentro de los rangos recomendados para su uso agrícola es decir que todos ellos están en concentraciones óptimas para aportan beneficios al suelo sin representar riesgos de toxicidad.

Tomando en cuenta todos los parámetros de este humus de lombriz este reúne las condiciones necesarias para considerarse un insumo orgánico útil en prácticas agrícolas sostenibles. Su aplicación puede mejorar las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, aunque es recomendable optimizar ciertos parámetros, como el contenido de materia orgánica y el pH, para ampliar su rango de aplicación y aumentar su eficacia.

Tabla 3. Análisis de humus de lombriz

Identificación Lote No.	**Humedad**	**Mat. Orgánica**	**Carbono Orgánico %**	**Relación**	**pH**
	%	**%**		**C/N**	
a		22.24	12.33	11.02	8.94
b	52.51	10.56	5.81	11.02	

Identificación Lote No.	**Nitrógeno**	**Fósforo**	**Potasio**	**Calcio**	**Magnesio**	**Azufre**
	%					
a	1.11	0.63	0.56	0.53	0.47	0.63
b	0.53	0.30	0.27	0.25	0.22	0.30

Identificación Lote No.	**Hierro**	**Manganeso**	**cobre**	**zinc**	**boro**
	ppm				
a	1,682.00	484.00	24.00	110.00	38.80
b	798.82	229.86	11.40	52.24	18.43

a = Resultados en base a Materia seca

b = Resultados en base a Materia Húmeda

5.2 Análisis de laboratorio de suelos:

Con el propósito de evaluar el impacto de los tratamientos aplicados sobre las condiciones químicas del suelo, se realizó una comparación entre los resultados del análisis previo al experimento y los obtenidos al finalizar, correspondientes a los tratamientos T1 a T5 los cuales se enviaron para su análisis al laboratorio de la FHIA.

Al inicio del ensayo, el pH del suelo era de 6.87, ligeramente ácido, dentro de un rango aceptable para la mayoría de cultivos. Después del experimento, el pH se mantuvo estable entre 6.36 y 6.52, lo cual es favorable, ya que facilita la disponibilidad de nutrientes esenciales para las plantas.

En cuanto a la materia orgánica (MO), esta presentó un ligero incremento respecto al valor inicial (3.36%), alcanzando valores entre 3.41% y 3.81% según el tratamiento. Aunque hay una ligera variación, los niveles siguen siendo adecuados para mantener la actividad microbiana y mejorar la estructura del suelo.

El nitrógeno total presentó una ligera disminución, pasando de 0.23 % a valores entre 0.17 % y 0.19 %, lo cual refleja el consumo del cultivo y posibles pérdidas por lixiviación. Esto indica la importancia de reponer este nutriente para mantener la fertilidad en ciclos posteriores.

El fósforo, que inició con un valor de 3 mg/kg, mostró comportamientos variables según el tratamiento: se mantuvo en niveles bajos en T1 y T2 (1–2 mg/kg), mientras que en los tratamientos con fertilización química alcanzó valores mayores (5–6 mg/kg), evidenciando el aporte directo del fertilizante fosfatado.

En contraste, el calcio aumentó en todos los tratamientos, pasando de 2750 mg/kg a valores entre 2801.5 y 2956.5 mg/kg, lo que podría atribuirse al manejo y a la liberación de este elemento en el suelo.

El potasio resultó ser el nutriente más cambiante entre los tratamientos debido a su elevada demanda por parte del cultivo, su relativa movilidad en el suelo y la influencia directa de la fertilización química aplicada. A diferencia de otros nutrientes, el K presenta variaciones rápidas porque además de ser absorbido intensamente por el repollo durante la formación de la cabeza, compite con calcio y magnesio en los sitios de intercambio catiónico, lo que explica los incrementos observados en los tratamientos T4 y T5 frente a los valores moderados en T1, T2 y T3.

Tabla 4. Análisis Químico de Suelo previo al experimento

Análisis químico de suelo previo al experimento					
pH	**%**		**mg/kg**		
	MO	**N**	**P**	**Ca**	**K**
6.87	3.36	0.23	3	2750	70

Tabla 5. Análisis de suelos posterior al experimento

Análisis posterior al experimentó						
Parámetro		**T1**	**T2**	**T3**	**T4**	**T5**
pH		6.36	6.47	6.52	6.54	6.51
M.O	**%**	3.41	3.51	3.54	3.58	3.81
N		0.17	0.18	0.18	0.18	0.19
P	**mg/kg**	1	1	5	2	6
K		62.75	63.16	64.46	85.18	102.24
Ca		2956.5	2801.5	2857	2836.5	2853
Mg		183.5	190	159	175.5	159.5
Cu		1.93	1.74	1.73	1.87	1.75
Zn		1.09	1.11	1.06	1.01	0.84
Fe		55.28	50.38	61.72	69.15	62.03

Los tratamientos T4 y T5 presentaron un desempeño superior en comparación con los demás, lo cual se explica por la mayor disponibilidad y aprovechamiento de nutrientes esenciales por parte del cultivo.

En el caso de T4, se logró una combinación de nutrientes y un crecimiento más balanceado y sustentable de las plantas de repollo al integrar humus de lombriz con fertilizante químico. Esto permitió la incorporación gradual de nutrientes y del aumento en materia orgánica, así como la disponibilidad inmediata de insumos minerales. Por otro lado, el tratamiento T5, basado en la aplicación exclusiva de fertilizante químico, consiguió concentraciones altas de fósforo, potasio y nitrógeno. seguro niveles elevados de nitrógeno, fósforo y potasio, lo que se tradujo en rendimientos significativamente altos, aunque con un impacto más limitado en la mejora estructural del suelo

5.3 Porcentaje de prendimiento:

El porcentaje de prendimiento se evaluó a los 15 días después del trasplante, mediante el conteo del número de plantas vivas en cada unidad experimental. Todas las plántulas se encontraban adecuadamente arraigadas al momento de la evaluación, por lo que las pérdidas registradas al final del ciclo no se debieron a fallas en el prendimiento, sino a causas posteriores como el robo de algunas cabezas ya formadas o a que, en ciertos casos, las plantas no desarrollaron adecuadamente la cabeza del repollo.

5.4 Diámetro de cabeza:

El análisis de varianza reveló diferencias significativas entre los tratamientos ($p \leq 0,05$), que la aplicación de las diferentes dosis de fertilizante influyó en el diámetro de cabeza en cada tratamiento del experimento. Según la prueba de Tukey, el tratamiento 4 obtuvo el mayor promedio (13,04 cm), constituyendo el grupo con mayor superioridad, seguido por T5 (11,05 cm), que también presentó resultados favorables.

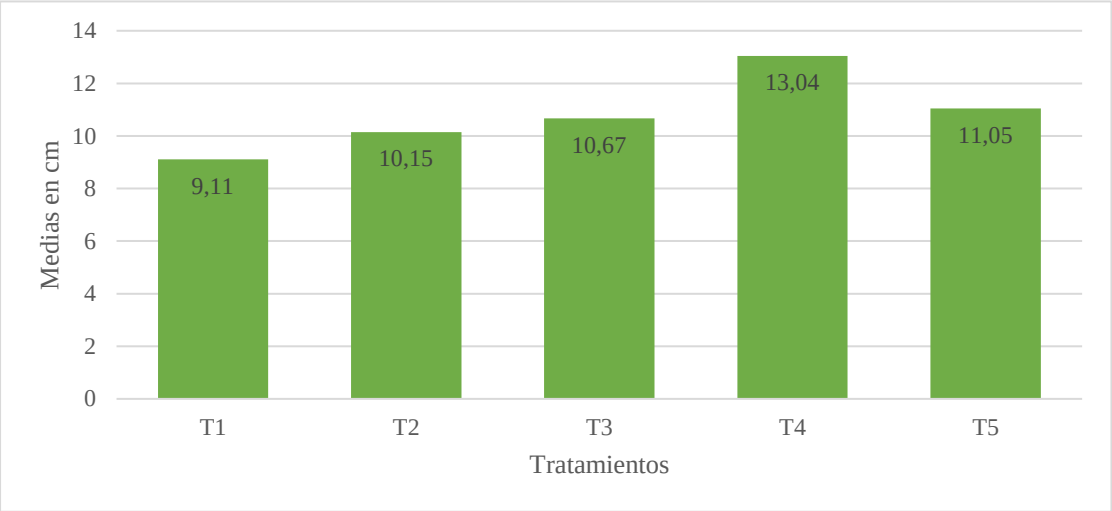


Figura 2. Diámetro de cabeza

Por otro lado, los tratamientos T1, T2 y T3 mostraron diámetros inferiores (9,11; 10,15 y 10,67 cm respectivamente), sin diferencias estadísticas entre ellos. Estos resultados sugieren que el manejo nutricional aplicado en T4 incrementa considerablemente el crecimiento del repollo, y obteniendo como resultado un diámetro de cabeza más grande, favoreciendo una ventaja agronómica en comparación con los otros tratamientos.

Resultados similares fueron reportados en una investigación publicada por Innovation (2022), en la que, al analizar las diferentes combinaciones de fertilización química y humus de lombriz en repollo se descubrió que la dosis de 25 % vermicompost + 75 % fertilizante químico logro alcanzar un diámetro de cabeza de 13,27 cm**,** con un valor muy similar al obtenido en el presente estudio con el tratamiento 4 (13,04 cm).

De acuerdo con la clasificación realizada mediante la escala de Chalfant permitió visualizar que los tratamientos T1, T2 Y T3 se identificaron con mayor cantidad de repollos en Calidad C, lo cual representa un bajo valor comercial. Además, resalta que el T1 se registró una cantidad significativa de perdidas En contraste, el tratamiento T4 mostró un mejor desempeño al presentar la mayor proporción de repollos en las categorías de calidad A y B, reduciendo la cantidad de cabezas en calidad C y consecuentemente, mejorando significativamente la calidad comercial de la producción

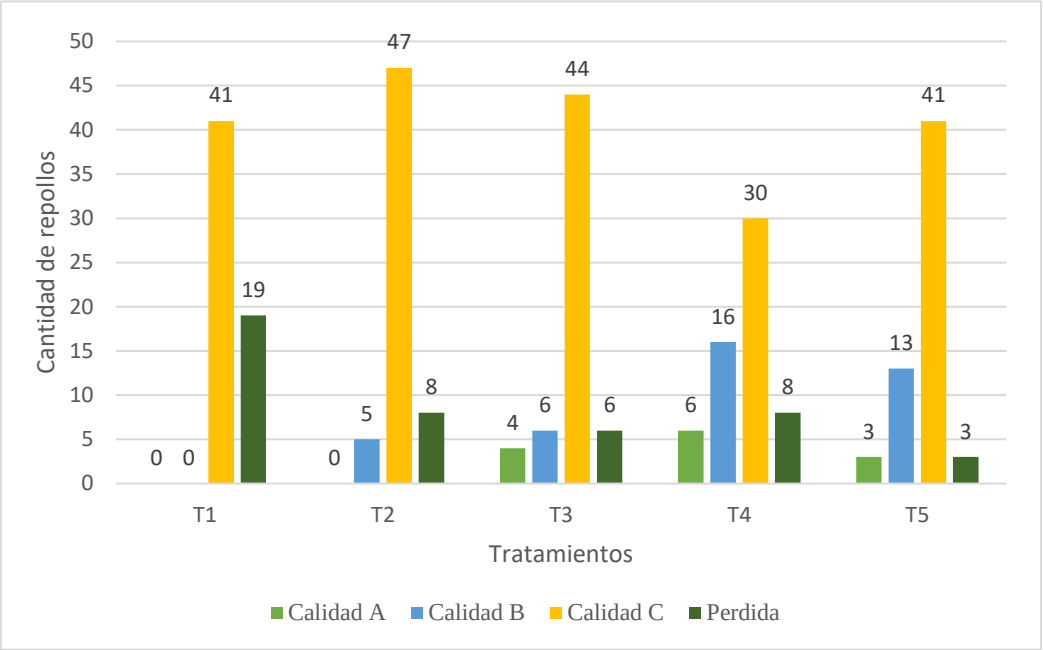


Figura 3. Diámetro según escala de Chalfant

Estos resultados confirman que, además de obtener el mayor diámetro promedio, el tratamiento T4 fue el más eficiente al garantizar una mayor proporción de repollos de calidad superior, constituyéndose en la alternativa más recomendable desde el punto de vista agronómico y comercial **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**.

5.5 Peso promedio de la cabeza:

El análisis de varianza realizado para el peso promedio de la cabeza no evidenció diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos ($p > 0,05$), lo que señala que las variaciones destacadas en esta variable no pueden atribuibles al impacto de los factores evaluados. Este resultado fue corroborado por la prueba de Tukey al situar a todos los tratamientos dentro de un mismo grupo estadístico, confirmando que no hubo variaciones en el comportamiento del peso. Sin embargo, de forma descriptiva se observa que el tratamiento T4 registro el promedio más alto (0,88 kg), seguido por T3 (0,76 kg), mientras que T2 y T5 mostraron los valores más bajos (0,53 y 0,54 kg respectivamente).

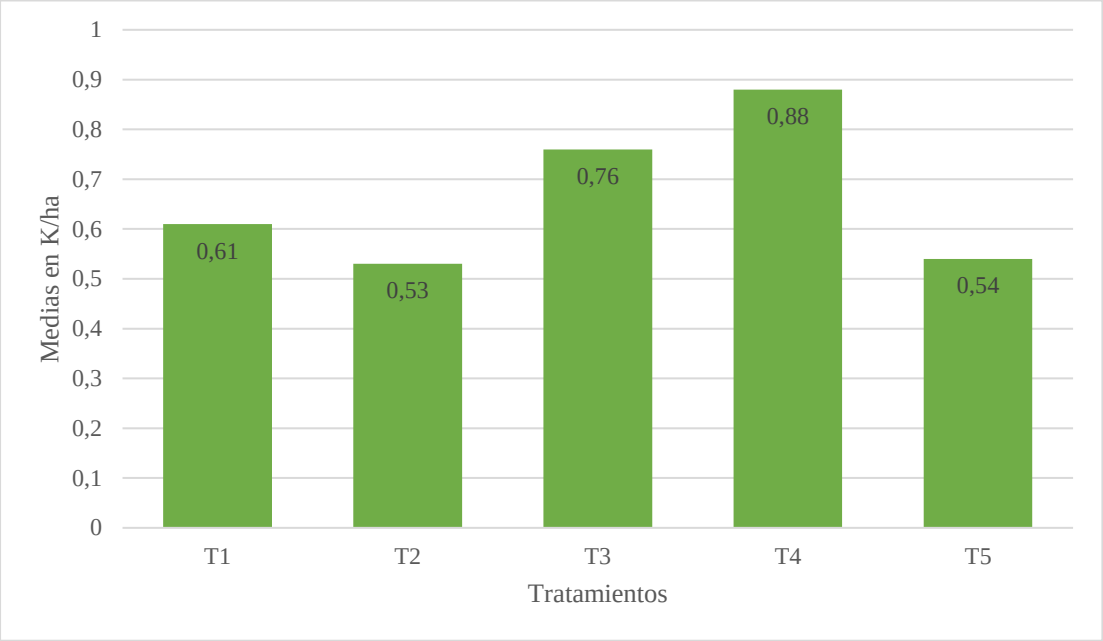


Figura 4. Peso promedio de la cabeza

Estos resultados sugieren que, a pesar de que algunos tratamientos como T4 suelen tener promedios superiores, el elevado coeficiente de variación (33,92 %) y la falta de significancia estadística limitan la posibilidad de afirmar que exista un impacto consistente de los tratamientos sobre el peso de la cabeza.

De manera similar, (Ghuge, 2007) se encontraron que la combinación de 50 % fertilizante químico y 50 % humus de lombriz logró un peso promedio por cabeza de 1,23 kg, lo que es superior pero comparable al obtenido en este estudio con T4 (0,88 kg), confirmando que la fertilización integrada aumenta notablemente esta variable

5.6 Rendimiento bruto:

El análisis de varianza mostró diferencias notables entre los tratamientos en el rendimiento bruto del cultivo ($p \leq 0,05$), con un modelo que explicó el 84 % de la variabilidad. La prueba de Tukey reveló que los tratamientos T4 y T5 lograron los niveles más elevados (32.414,77 y 31.638,26 kg/ha respectivamente), constituyendo el grupo con mayor superioridad estadística, mientras que T3 mostró un rendimiento intermedio (29.485,48 kg/ha) y los tratamientos T1 y T2 registraron los rendimientos más bajos (16.291,04 y 17.007,58 kg/ha respectivamente)

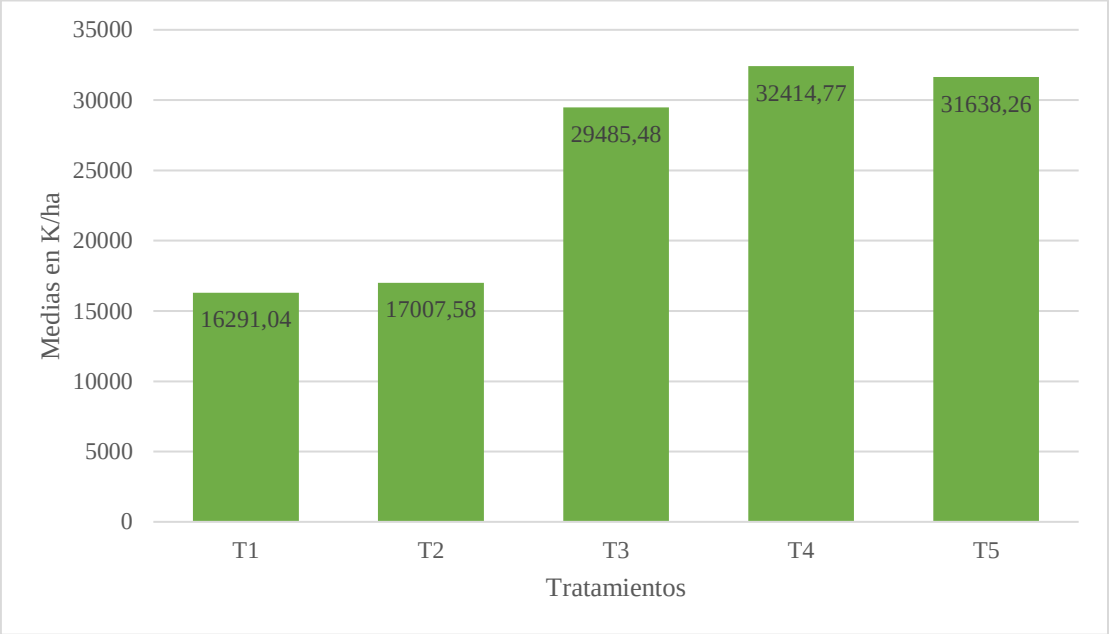


Figura 5. Rendimiento Bruto

Estos resultados confirman que los tratamientos T4 y T5 incrementan significativamente la productividad del cultivo, convirtiéndose en las alternativas más eficaces para incrementar el rendimiento bruto en comparación con los demás tratamientos evaluados.

De acuerdo con los hallazgos de (Ghuge, 2007) indicaron que la aplicación combinada de fertilizante químico y humus de lombriz aumento considerablemente el rendimiento del repollo, alcanzando valores que superan a 30.000 kg/ha, una cifra similar a la alcanzada en este estudio con el tratamiento 4 (32.414,77 kg/ha). Este resultado coincide con patrones observados en otras investigaciones, en las que la fertilización combinada no solo incrementó el crecimiento y el diámetro de cabeza, sino que también garantizo un rendimiento bruto superior frente a los tratamientos únicamente químicos u orgánicos.

5.7 Rendimiento comercial:

El análisis de varianza no mostró diferencias estadísticas relevantes entre los tratamientos (p > 0,05), lo que señala que las variaciones detectadas no pueden atribuirse de forma concluyente al impacto de los factores evaluados.

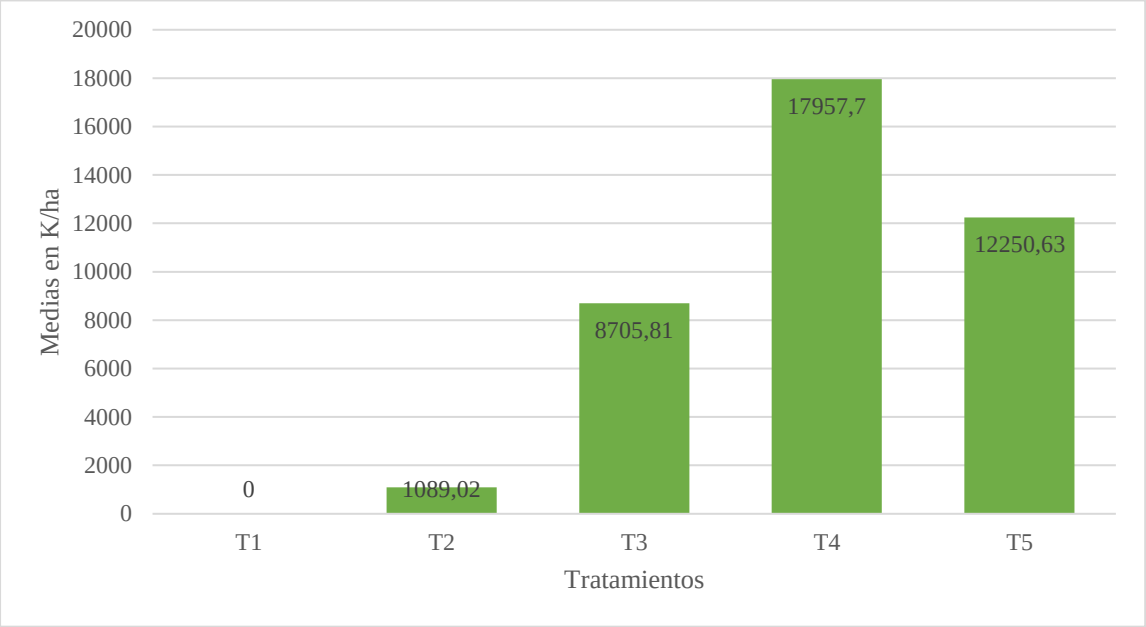


Figura 6. rendimiento comercial mediante

El análisis de Tukey confirmó este resultado al ubicar todos los tratamientos en un mismo grupo estadístico. No obstante, en términos descriptiva, las medias muestran un comportamiento distinto: el tratamiento T4 registro rendimiento comercial más alto con 17.957,7 kg/ha, seguido por T5 con 12.250,63 kg/ha y T3 con 8.705,81 kg/ha, en cambio, los tratamientos T1 y T2 mostraron valores casi nulos (0 y 1.089,02 kg/ha, respectivamente).

Estos resultados sugieren que, a pesar de que no se encontraron diferencias significativas desde el punto de vista estadístico, existe una evidente tendencia que posiciona al tratamiento T4 como el más favorable para aumentar la producción comercial, lo cual resulta de relevancia agronómica y económica en comparación con los otros tratamientos.

En la investigación publicada por (Innovation, 2022), la combinación de 25 % vermicompost + 75 % fertilizante químico generó un rendimiento comercial de 18.045 kg/ha, valor idéntico al encontrado en este estudio con el tratamiento 4 (17.957,7 kg/ha). Este hallazgo confirma que la proporción de 25/75 representa una relación eficaz para incrementar la producción comercial de repollo, superando considerablemente a los tratamientos exclusivamente orgánicos o únicamente químicos.

5.8 Porcentaje de repollo de descarte:

El análisis de varianza para el porcentaje de repollos de descarte no evidenció diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos ($p > 0,05$), lo que sugiere que las variaciones observadas no son atribuibles a un impacto real de los factores evaluados.

La prueba de Tukey corroboró este resultado al situar a todos los tratamientos dentro de un mismo conjunto estadístico. Sin embargo, al observar los promedios, destaca una tendencia: el tratamiento T1 presentó el mayor porcentaje de descarte con un 100 %, seguido por T2 (87,82 %) y T3 (74,95 %), mientras que los valores más bajos fueron para a T5 (60,86 %), en particular, para T4 con 46,09 %, lo que representa la reducción más marcada en esta variable.

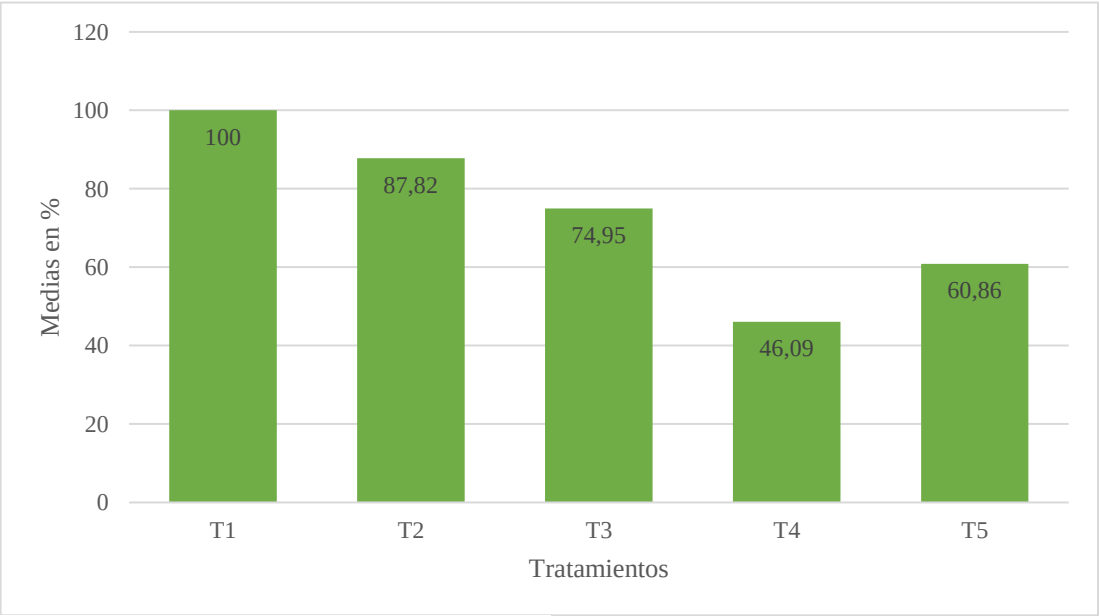


Figura 7. Porcentaje de repollo de descarte

A pesar de que las diferencias estadísticas no relevantes, los resultados muestran que T4 ayuda a reducir significativamente las pérdidas por descarte, lo cual resulta relevante desde la perspectiva agronómica y económica.

Asimismo, en la tesis de (Ayala Cáceres, 2001), se indicó que la aplicación humus de lombriz disminuyo el descarte de comparación con los tratamientos únicamente químicos, logrando un incremento en el número de cabezas útiles y de calidad comercial. aunque en este estudio no todos los tratamientos que incluían fertilizante orgánico fueron positivos reflejo que únicamente el tratamiento 4 como respuesta favorable.

5.9 Compactación de cabeza:

En el análisis de compactación de cabeza se notó una predominancia clara de cabezas compactas en todos los tratamientos, a pesar de las variaciones significativas en los porcentajes. El tratamiento T5 logro el 100 % de compactación, posicionándose con el de mayor rendimiento en esta variable, seguido de T4 con 92,53 % y T3 con 84,85 %, en cambio, T1 y T2 registraron proporciones inferiores con 78,36 % y un 66,48 % respectivamente.

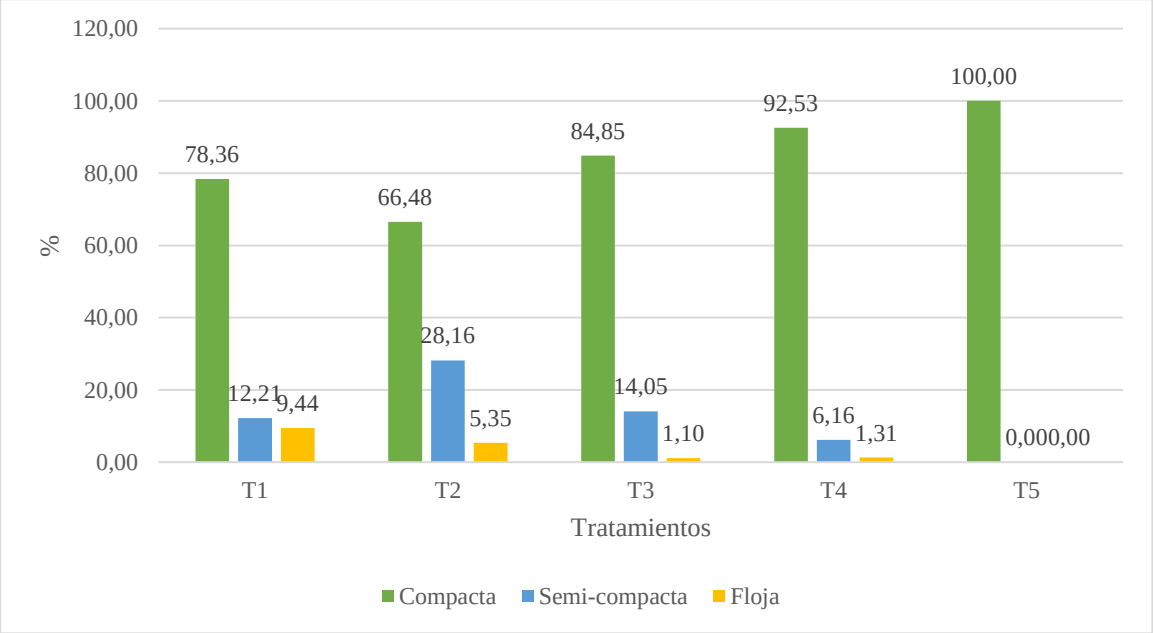


Figura 8. Compactación de cabeza %

Por otro lado, los porcentajes de cabezas semi-compactas y flojas fueron más elevados en los tratamientos con menor compactación, destacando T2 con 28,16 % de cabezas semi-compactas y 5,35 % flojas, lo que evidencia una menor consistencia en la estructura en comparación con los demás tratamientos.

Estos resultados demuestran que los tratamientos T4 y T5 favorecieron la creación de cabezas más compactas y densas, una característica agronómica beneficioso que ayuda a incrementar la calidad comercial del repollo. La información presentada en la Figura se obtuvo a partir de los datos resumidos en la Tabla 9, en la que se presentan los porcentajes de compactación para cada tratamiento.

De igual manera, (Ayala Cáceres, 2001) señaló que la aplicación de humus de lombriz favoreció la formación de cabezas más compactas en comparación con los tratamientos exclusivamente químicos, corroborando así que la contribución que realiza el compuesto orgánico mejora la calidad comercial del repollo.

5.10 Análisis económico:

El análisis económico reveló que no todos los tratamientos lograron producir ganancias, los tratamientos T1, T2 y T3 no fueron rentables, mostrando una pérdida de entre **-100 % y -15.5 %**, debido a que los ingresos no cubrieron los costos de producción. El tratamiento 1 resultó en una pérdida total ya que no se logaron obtener repollos con calidad comercial. Como se aprecia en la Tabla 10.

Por otro lado, los tratamientos 4 y 5 lograron obtener valores de utilidad positivos. El tratamiento 4 (25 % humus de lombriz + 75 % fertilizante químico) tuvo una rentabilidad del 73.6 %, convirtiéndose en la alternativa más eficiente y superando incluso al 100 % químico. El tratamiento 5, a pesar de ser rentable, obtuvo una rentabilidad más baja (25.9 %), mostrando que es una alternativa viable, pero menos competitiva en comparación con T4.

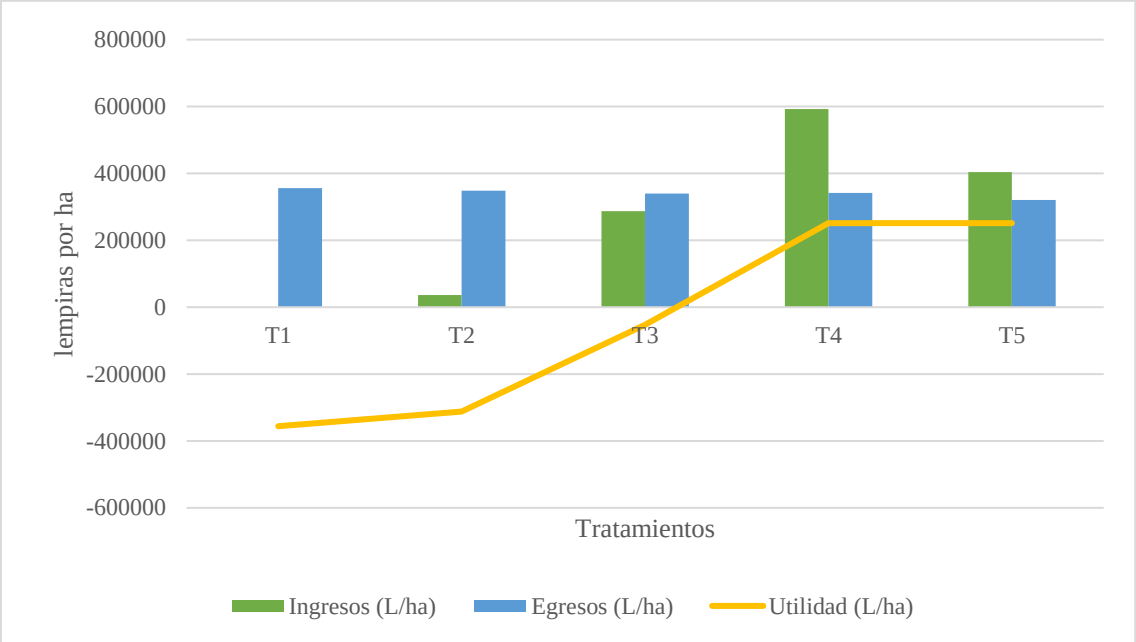


Figura 9. Análisis Económico

Estos resultados indican que, bajo las condiciones evaluadas, únicamente las combinaciones con mayor proporción de fertilizante químico permitieron generar beneficios económicos.

De manera similar, (Ayala Cáceres, 2001) descubrió que las dosis más elevadas en proporción de fertilizante químico combinadas con humus de lombriz produjeron una mejor rentabilidad, en contraste con los tratamientos exclusivamente orgánicos resultaron menos eficientes. Ambas investigaciones concuerdan en que las dosis moderadas proporcionan mejores resultados.

VI. CONCLUSIONES

1. l estudio demostró que la aplicación de fertilizante y humus de lombriz en el cultivo de repollo (Brassica oleracea var. capitata L.), constituye como una alternativa viable para mejorar el rendimiento y la calidad del cultivo, reduciendo al mismo tiempo la dependencia de insumos sintéticos.

2. En relación con el comportamiento del crecimiento y rendimiento, se encontró que el tratamiento con 25 % de humus de lombriz y 75 % de fertilizante químico (T4) fue el más eficiente, alcanzando los mejores resultados en comparación con T1, T2 y T3, que mostraron menores rendimientos.

3. Al comparar el comportamiento agronómico entre tratamientos, se evidenció que T4 y T5, mostraron ventajas significativas en comparación con los demás tratamientos.

4. Desde el punto de vista económico, el análisis costo–beneficio indicó que T4 generó el mayor margen neto, al combinar altos rendimientos y reducción en el uso de fertilizantes químicos. Esto demuestra que el manejo integrado de fertilización no solo es agronómicamente recomendable, sino también económicamente factible y rentable para los productores

VII. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda dar continuidad a la investigación bajo diversas condiciones edafoclimáticas y periodos de siembra, con el fin de confirmar la estabilidad de los resultados obtenidos en este estudio.

2. Es conveniente analizar otras proporciones de fertilizante químico más humus de lombriz, así como la combinación con diversas fuentes de fertilización orgánica, para identificar rangos ideales de gestión nutricional.

3. Se sugiere incluir valoraciones de calidad postcosecha, como vida útil y características nutricionales del repollo, con el fin de complementar los resultados agronómicos y comerciales.

4. Desde el punto de vista económico, es relevante expandir el estudio de rentabilidad en diferentes contextos de mercado, considerando variaciones de costos en los insumos y del producto final.

5. Finalmente, se recomienda fomentar la utilización del humus de lombriz en esquemas de fertilización combinada, no solo en repollo, sino también en otros cultivos hortícolas relevantes en la región, con el objetivo de diversificar las alternativas de producción y progresar hacia sistemas agrícolas sostenibles.

VIII. REFERENCIAS

(s.f.).

4. REPOLLO-SUELO Y PREPARACION DELTERRENO, Revision 2012. (s.f.). Obtenido de https://www.upr.edu/eea/wp-content/uploads/sites/17/2016/04/4.-REPOLLO-SUELO-Y-PREPARACION-DELTERRENO-v.-2014.pdf

Abreu Cruz, E., Araujo Camacho, E., Rodríguez, S., Valdivia Ávila, A., Fuentes Alfonso, L., & Pérez Hernández, Y. (03 de 2018). *Efecto de la aplicación combinada de fertilizante químico y humus de lombriz en Capsicum annuum.* Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0253-57852018000100007&script=sci_arttext&tlng=pt

Agricultua y Ganaderia, G. d. (1 de 12 de 2022). *Primer Simposio Regional: Honduras avanza en la producción, uso y comercialización de abonos orgánicos*. Obtenido de AGRICULTURA Y GANADERIA: https://www.prensa.sag.gob.hn/2022/12/01/primer-simposio-regional-honduras-avanza-en-la-produccion-uso-y-comercializacion-de-abonos-organicos/

Agro, R. (20 de 05 de 2022). *Fertilizantes químicos: ventajas y desventajas*. Obtenido de Rotoplas Agro: https://rotoplas.com.ar/agroindustria/fertilizantes-quimicos-ventajas-y-desventajas/

Aker, C. (s.f.). *Producción de lechuga con buenas prácticas agricolas*. Obtenido de Proyecto Gestión del Conocimiento para la Producción Sostenible de hortalizas en Nicaragua, Honduras y Guatemala: https://assets.rikolto.org/paragraph/attachments/guia_de_lechuga.pdf

alimentacion, M. d. (16 de 01 de 2012). *Ministerio de agricultura pesca y alimentacion.* Obtenido de https://www.mapa.gob.es/gl/ministerio/servicios/informacion/repollo_tcm37-102709.pdf

Ávila, G. P. (8 de 12 de 2010). *Comportamiento y desempeño de seis cultivares de repollo (Brassica olereacea L. var capitata) cultivados en el valle de Comayagua.* Obtenido de FIA: file:///C:/Users/DELL/Downloads/admin,+231-699-1-CE%20(1).pdf

Ayala Cáceres, J. L. (2001). *Utilización de lombricompuesto en la producción de repollo (Brassica oleracea var. capitata L.) como alternativa a la fertilización tradicional*. Obtenido de Tesis requisito previo a la obtencion de ingeniero agronomo: https://portal.unag.edu.hn/?utm_source

babahoyo, u. t. (s.f.). Obtenido de https://www.google.com/url?sa=i&url=http%3A%2F%2Fdspace.utb.edu.ec%2Fbitstream%2F49000%2F277%2F8%2FT-UTB-FACIAG-AGR-000066.02.pdf&psig=AOvVaw1tR_kogSzbe6nXe4S4yCY5&ust=1731044257022000&source=images&cd=vfe&opi=89978449&ved=0CAQQn5wMahcKEwjov8nBwMmJAxUAAAA

bbva. (04 de 10 de 2024). *Abonos orgánicos: aliados de la agricultura sostenible y el medioambiente*. Obtenido de bbva: https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/abonos-organicos-aliados-de-la-agricultura-sostenible/

Benavides, J., Espitia, A., Bracho, L., & Benítez, N. (09 de 2006). *MANEJO DE LA LOMBRIZ ROJA CALIFORNIANA (Eisenia foétida) PARA PRODUCIR LOMBRICOMPUESTO EN LA COSTA ATLANTICA.* Obtenido de CARTILLA LOMBRIABONO: https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/18611/43600_55227.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Benitez, R. A., & Violeta Silbert. (2015). *INTI.* Obtenido de Instructivo para la producción de Compost Domiciliario: https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/instructivo_para_la_produccion_de_compost_domiciliario.pdf

California, U. d. (s.f). *Manejo De Plagas En Jardines: Verduras: Consejos Culturales Para El Cultivo De Repollo.* Obtenido de Agricultura y Recursos Naturales, Universidad de California: https://ipm.ucanr.edu/home-and-landscape/cabbage/cultural-tips/

Cherlinka, V. (31 de 08 de 2024). *EOS Data.* Obtenido de Fertilizantes Orgánicos E Inorgánicos: Pros Y Contras: https://eos.com/es/blog/fertilizantes-organicos-e-inorganicos/?utm_source=chatgpt.com

Comayagua, A. O. (s.f.). *gro Comayagua: Producción y exportación de vegetales*. Obtenido de https://www.agrocomayagua.com/

Consumer, E. (2023). *Hortalizas y verduras.* Obtenido de Guía práctica de verduras: https://verduras.consumer.es/lechuga/introduccion

Cruz, J. L. (01 de 2006). *Manual de Lombricultura.* Obtenido de https://www.pilcomayo.net/media/uploads/biblioteca/libro_787_MA-156.pdf

Domínguez, J., & María Gómez-Brandón. (2013). *The influence of earthworms on nutrient dynamics during the process of vermicomposting.* Obtenido de https://jdguez.webs.uvigo.es/wp-content/uploads/2013/07/the-influence-of-earthworms-on-nutrient-dynamics.pdf

El Ministerio de Agricultura, P. y. (s.f.). *Lechuga*. Obtenido de El Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación: https://www.mapa.gob.es/gl/ministerio/servicios/informacion/lechuga_tcm37-102416.pdf

Environment, C. H. (s.f.). *Características y variedades en lechugas hidropónicas*. Obtenido de Comercializadora Hydro Environment : https://www.hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main_page=page&id=293#:~:text=Su%20forma%20es%20redonda%20con,al%20principio%20y%20desplegadas%20despu%C3%A9s.

FAO. (s.f.). *¿Qué beneficios ambientales produce la agricultura orgánica?* Obtenido de https://www.fao.org/organicag/oa-faq/oa-faq6/es/

FAO. (2013). *FAO.* Obtenido de Food and Agriculture Organization of the United Nations.: https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/959b8c65-3819-4efa-bf82-0d

ganadria, M. d. (s.f). *REPOLLO.* Obtenido de Ministerio de agricultura y ganadria: https://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F01-0658repollo.pdf

García, A. G. (05 de 2015). *Las lombrices y la agricultura.* Obtenido de Agro Cabildo: https://www.agrocabildo.org/publica/Publicaciones/agec_562_lombrices%20y%20la%20agricultura2.pdf

García, A. G. (05 de 2015). *LAS LOMBRICES Y LA AGRICULTURA*. Obtenido de agro cabildo: https://www.agrocabildo.org/publica/Publicaciones/agec_562_lombrices%20y%20la%20agricultura2.pdf

García, G. (06 de 2000). *Evaluación de plaguicidas biológicos y botánicos para el control de Plutella xylostella en el repollo.* Obtenido de Zarnorano-Honduras: https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/a06891d0-73e2-425b-b25d-bc4b09f7f28a/content

Geographic, N. (05 de 09 de 2010). *Lombriz de tierra.* Obtenido de National Geographic: https://www.nationalgeographic.es/animales/lombriz-de-tierra

Ghuge, T. D. (2007). *CABI Digital Library*. Obtenido de CABI Digital Library: https://www.cabidigitallibrary.org/doi/pdf/10.5555/20073124911?utm_source

infoagro. (2011). *EL CULTIVO DE LA LECHUGA*. Obtenido de https://www.infoagro.com/hortalizas/lechuga.htm

infoagro. (09 de 08 de 2017). *Lombricompuesto, Vermicompost O Humus De Lombriz*. Obtenido de mexico.infoagro: https://mexico.infoagro.com/lombricompuesto-vermicompost-o-humus-de-lombriz/

Innovation, T. P. (25 de 10 de 2022). *Influence of different organic and inorganic fertilizer combinations on growth of cabbage (Brassica oleracea var. capitata L.) under Gorakhpur condition*. Obtenido de The Pharma Innovation Journal: https://www.thepharmajournal.com/archives/2022/vol11issue12/PartAM/11-11-2-255.pdf

Inversa. (05 de 04 de 2011). *Enemigos de las lombrices.* Obtenido de inversa: https://inversanet.wordpress.com/2011/04/05/enemigos-de-las-lombrices/

Karabeleko. (s.f.). *La lechuga, larga historia y muchas propiedades.* Obtenido de Karabeleko etxalde agroekologikoa: https://www.karabeleko.org/es/la-lechuga-larga-historia-y-muchas-propiedades

Linneo, C. (s.f.). La especie tipo es Lactuca sativa L. En C. Linneo, *Species plantarum :exhibentes plantas rite cognitas, ad genera relatas, cum differentiisspecificis, nominibus trivialibus, sinónimos selectis, locis natalibus, secundum systema sexuale digestas* (págs. 795–796 en 1753). Species Plantarum,.

lombricultores, t. n. (s.f.). *Qué es la lombricomposta*. Obtenido de terra nova lombricultores: https://terranovalombricultores.com/que-es-la-lombricomposta/

Lombricultura, G. d. (03 de 10 de 2011). *Guia de Lombricultura.* Obtenido de https://guiadelombricultura.wordpress.com/2011/10/03/anatomia-de-la-lombriz-californiana/?utm_source=chatgpt.com

Lombrimadrid. (s.f.). *BREVE HISTORIA DE LA LOMBRICULTURA*. Obtenido de Lombrimadrid : https://lombrimadrid.es/lombricultura/historia-de-la-lombricultura/

Management, W. (01 de 01 de 2008). *Manejo de malezas en brócoli, repollo y coliflor.* Obtenido de Extensión de NC State: https://content.ces.ncsu.edu/weed-management-in-broccoli-cabbage-and-cauliflower

Martínez, L. E. (18 de 06 de 2014). *4. REPOLLO-SUELO Y PREPARACION DELTERRENO, Revision 2012.* Obtenido de Universidad*de*Puerto*Rico: https://www.upr.edu/eea/wp-content/uploads/sites/17/2016/04/4.-REPOLLO-SUELO-Y-PREPARACION-DELTERRENO-v.-2014.pdf

Ministerio de Agricultura, P. y. (s.f). *MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACIÓN.* Obtenido de Material vegetal Col de hoja lisa o repollo: https://www.mapa.gob.es/app/MaterialVegetal/fichaMaterialVegetal.aspx?idFicha=4021#:~:text=El%20repollo%20es%20originario%20de,y%20posteriormente%20por%20los%20griegos.

Morales, M. R. (s.f.). *Taller de elaboración de lombricomposta*. Obtenido de ibero: https://ibero.mx/web/filesd/publicaciones/taller-de-lombricomposta.pdf

Navarra, U. p. (s.f). *Flora Pratense y Forrajera Cultivada de la Península Ibérica.* Obtenido de https://www.unavarra.es/herbario/pratenses/htm/Bras_oler_p.htm

nostoc. (25 de 02 de 2018). *5 Riesgos al Utilizar Productos con Químicos*. Obtenido de nostoc: https://nostoc.es/riesgos-utilizar-productos-quimicos/

Piñeiro, V., Arias, J., Elverdin, P., Ibáñez, A., Morales Opazo, C., Prager, S., & Torero, M. (04 de 2021). *Promover prácticas agrícolas sostenibles: De los incentivos a la adopción y los resultados*. Obtenido de publications: https://publications.iadb.org/es/promover-practicas-agricolas-sostenibles-de-los-incentivos-la-adopcion-y-los-resultados#:~:text=Las%20pr%C3%A1cticas%20agr%C3%ADcolas%20sostenibles%20permiten,clim%C3%A1tico%20y%20la%20variabilidad%20clim%C3%A1tica.

QUINTERO, J. J. (25 de 09 de 2006). *ministerio de agricultura.* Obtenido de HOJAS DIVULGADORAS: https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1977_10.pdf?utm_source=chatgpt.com

Raffino. (03 de 08 de 2024). *Materia orgánica*. Obtenido de concepto: https://concepto.de/materia-organica/#:~:text=Diferencias%20entre%20la%20materia%20org%C3%A1nica%20y%20la,%C3%A1tomos%20de%20carbono%2C%20como%20su%20elemento%20fundamental.

Rivas, C. O. (s.f). *Anatomía y fisiología de la lombriz roja.* Obtenido de compostadores: https://www.compostadores.com/index.php/descubre-el-compostaje/biodiversidad-en-mi-compostador/160-anatomia-y-fisiologia-de-la-lombriz-roja.html

Rizo, D. (25 de 07 de 2019). *Producción de repollo con buenas prácticas agrícolas.* Obtenido de Proyecto Gestión del Conocimiento para la Producción Sostenible de hortalizas en Nicaragua, Honduras y Guatemala: https://assets.rikolto.org/paragraph/attachments/guia_repollo_2.pdf

Rullán3, G. J. (17 de 06 de 2014). *Conjunto Tecnológico para la Producción de Repollo.* Obtenido de COSECHA Y MANEJO POSTCOSECHA: https://www.upr.edu/eea/wp-content/uploads/sites/17/2016/04/12.-REPOLLO-COSECHA-Y-MANEJO-POSTCOSECHA-v.-2014.pdf

Rural, S. d. (26 de 08 de 2019). *¿Qué es y para qué sirve el fertilizante?* Obtenido de Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural: https://www.gob.mx/agricultura/articulos/que-es-y-para-que-sirve-el-fertilizante#:~:text=Qu%C3%ADmicos%3A%20Son%20nutrientes%20elaborados%20por,son%20nitr%C3%B3geno%2C%20f%C3%B3sforo%20y%20potasio.

SAG. (s.f.). *Agricultura Organica*. Obtenido de Senasa: https://senasa.gob.hn/agricultura-organica/

Saracho, B. d. (29 de 03 de 2018). *CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN 1.1 GENERALIDADES DEL REPOLLO.* Obtenido de Biblioteca de la Universidad Juan Misael Saracho: https://biblioteca.uajms.edu.bo/biblioteca/opac_css/doc_num.php?explnum_id=27423

Solagro. (2017). *cultivo de lechuga.* Obtenido de https://www.solagro.com.ec/web/cultdet.php?vcultivo=LECHUGA

Tlelo-Cuautle, A. M., Taboada-Gaytán, O., Cruz-Hernández, J., López-Sánchez, H., & López, P. (12 de 08 de 2023). *Efecto de la fertilización orgánica y química en el rendimiento de fruto de chile poblano.* Obtenido de scielo:

https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-73802020000300283

Vite. (sf). *Humus de lombriz: ¡el mejor fertilizante de la naturaleza!* Obtenido de Vite: https://www-vitegreenhouses-com.translate.goog/wormcastings.asp?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=es&_x_tr_hl=es&_x_tr_pto=sge#:~:text=Worm%20Castings%20are%20packed%20with,iron%2C%20carbon%2C%20and%20nitrogen.

Weather-atlas. (2024). *Clima y previsión meteorológica mensual Catacamas, Honduras.* Obtenido de About: Us, weather forecasting, data sources: https://www.weather-atlas.com/es/honduras/catacamas-clima?utm_source=chatgpt.com

weatherspark. (s.f.). *El clima y el tiempo promedio en todo el año en Comayagua.* Obtenido de weatherspark: https://es.weatherspark.com/y/13756/Clima-promedio-en-Comayagua-Honduras-durante-todo-el-a%C3%B1o#google_vignette

Wikipedia. (2011). *wikipedia.* Obtenido de Universidad Nacional de Agricultura y Agronomía (Honduras): https://es.wikipedia.org/wiki/Universidad_Nacional_de_Agricultura_y_Agronom%C3%ADa_(Honduras)

Wikipedia. (18 de 02 de 2025). *Eisenia fetida.* Obtenido de Wikipedia: https://es.wikipedia.org/wiki/Eisenia_fetida#:~:text=La%20Eisenia%20foetida%20(lombriz%20roja,la%20subclase%20de%20los%20oligoquetos.

wikipedia. (08 de 01 de 2025). *wikipedia.* Obtenido de Brassica oleracea var. capitata: https://es.wikipedia.org/wiki/Brassica_oleracea_var._capitata

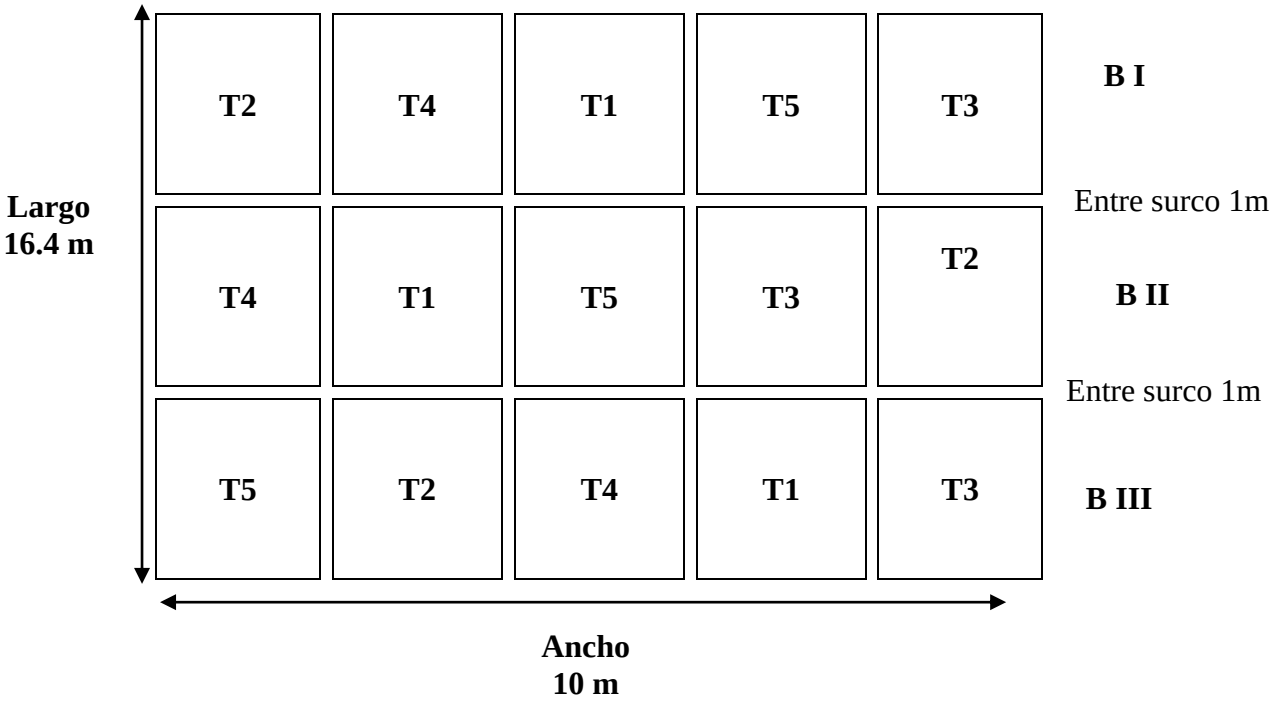
Yara. (07 de 02 de 2018). *Principios agronómicos.* . Obtenido de https://www.yara.com.mx/nutricion-vegetal/brassicas/principios-agronomicos/

Zaller, J. G. (26 de 03 de 2007). *Vermicompost como sustituto de la turba en sustratos.* Obtenido de efectos sobre la germinación, asignación de biomasa, rendimientos y calidad del fruto de tres variedades de tomate: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304423806005103

IX. ANEXOS

Anexo 1. Croquis de tratamientos

Tabla 6 Croquis de tratamientos



Anexo 2. Análisis de suelos

Página 1

FUNDACIÓN HONDUREÑA DE INVESTIGACIÓN AGRÍCOLA

Código RT-41-S
Versión No. 2

Laboratorio Químico Agrícola
Resultados e Interpretación de Análisis de Suelos

Cliente	Maria José Estrada Ponce	Solicitud #	48048-0
Dirección del cliente [1]	Olancho, Catacamas	Factura #	25766
Procedencia de la muestra [1]	Catacamas, Olancho	Informe #	176/25
Cultivo [1]	Sin cultivo	Laboratorio #	753
Entregada por [1]	Encomienda	Fecha de Ingreso	2025-07-04
Identificación [1]	T1	Fecha de Informe	2025-07-28
Condiciones de la muestra [1]	Cantidad suficiente, envase adecuado suministrado por el cliente.	Fecha de ejecución	2025/07/04 al 2025/07/22

[1] **Información suministrada por el cliente**

		Unidad	Rango Adecuado			Unidad	Rango Adecuado	INTERPRETACIÓN
pH	6.36		5.01 ~ 6.80	Hierro (Fe)	55.28	mg/kg	5.01 ~ 15.00	ALTO
Materia orgánica (M. O)	3.41	%	3.01 ~ 5.00	Manganeso (Mn)	18.50	mg/kg	2.01 ~ 10.00	NORMAL
Nitrógeno total (N. T)	0.17	%	0.21 ~ 0.50	Cobre (Cu)	1.93	mg/kg	0.51 ~ 1.00	BAJO
Fósforo (P)	1.00	mg/kg	10.01 ~ 20.00	Zinc (Zn)	1.09	mg/kg	1.01 ~ 5.00	
Potasio (K)	62.75	mg/kg	98.01 ~ 234.00	Boro (B)			0.51 ~ 8.00	
Calcio (Ca)	2,956.50	mg/kg	800.01 ~ 6,000	Azufre (S)			19.01 ~ 80.00	
Magnesio (Mg)	183.50	mg/kg	150.01 ~ 250.00	Aluminio intercambiable (Al)			< 0.50	

Métodos

K, Ca, Mg: Extracción con Acetato de NH4 a pH 4.8, determinados por EAA / P: Extracción con Acetato de NH4 a pH 4.8, determinado por colorimetría Fe, Mn, Cu, Zn: Extracción con DTPA a pH 7.3, determinado por la EAA

pH: en agua 1:2 / Materia Orgánica: Walkley & Black / % N.T: 5% de M.O / B y S: Extracción con fosfato de Calcio, determinados por colorimetría / Al: Extracción con KCl 1N,determinado por titulación

Recomendación de fertilización sugerida:

Dosis en Kilogramos por Hectárea:

Nitrógeno (N) Fósforo (P_2O_5) Potasio (K_2O)

Figura 10. Análisis de suelo T1

Página 1

FUNDACIÓN HONDUREÑA DE INVESTIGACIÓN AGRÍCOLA

Código RT-41-S
Versión No. 2

Laboratorio Químico Agrícola
Resultados e Interpretación de Análisis de Suelos

Cliente	Maria José Estrada Ponce	Solicitud #	48048-1
Dirección del cliente [1]	Olancho, Catacamas	Factura #	25766
Procedencia de la muestra [1]	Catacamas, Olancho	Informe #	176/25
Cultivo [1]	Sin cultivo	Laboratorio #	754
Entregada por [1]	Encomienda	Fecha de Ingreso	2025-07-04
Identificación [1]	T2	Fecha de Informe	2025-07-28
Condiciones de la muestra [1]	Cantidad suficiente, envase adecuado suministrado por el cliente.	Fecha de ejecución	2025/07/04 al 2025/07/22

[1] **Información suministrada por el cliente**

		Unidad	Rango Adecuado			Unidad	Rango Adecuado	INTERPRETACIÓN
pH	6.47		5.01 ~ 6.80	Hierro (Fe)	50.38	mg/kg	5.01 ~ 15.00	ALTO
Materia orgánica (M. O)	3.51	%	3.01 ~ 5.00	Manganeso (Mn)	14.39	mg/kg	2.01 ~ 10.00	NORMAL
Nitrógeno total (N. T)	0.18	%	0.21 ~ 0.50	Cobre (Cu)	1.74	mg/kg	0.51 ~ 1.00	BAJO
Fósforo (P)	1.00	mg/kg	10.01 ~ 20.00	Zinc (Zn)	1.11	mg/kg	1.01 ~ 5.00	
Potasio (K)	63.16	mg/kg	98.01 ~ 234.00	Boro (B)			0.51 ~ 8.00	
Calcio (Ca)	2,801.50	mg/kg	800.01 ~ 6,000	Azufre (S)			19.01 ~ 80.00	
Magnesio (Mg)	190.00	mg/kg	150.01 ~ 250.00	Aluminio intercambiable (Al)			< 0.50	

Métodos

K, Ca, Mg: Extracción con Acetato de NH4 a pH 4.8, determinados por EAA / P: Extracción con Acetato de NH4 a pH 4.8, determinado por colorimetría Fe, Mn, Cu, Zn: Extracción con DTPA a pH 7.3, determinado por la EAA

pH: en agua 1:2 / Materia Orgánica: Walkley & Black / % N.T: 5% de M.O / B y S: Extracción con fosfato de Calcio, determinados por colorimetría / Al: Extracción con KCl 1N,determinado por titulación

Recomendación de fertilización sugerida:

Dosis en Kilogramos por Hectárea:

Nitrógeno (N) Fósforo (P_2O_5) Potasio (K_2O)

Figura 11. Análisis de Suelo T2

Página 1

FUNDACIÓN HONDUREÑA DE INVESTIGACIÓN AGRÍCOLA

Código RT-41-S
Versión No. 2

Laboratorio Químico Agrícola
Resultados e Interpretación de Análisis de Suelos

Cliente	María José Estrada Ponce	Solicitud #	48048-2
Dirección del cliente [1]	Olancho, Catacamas	Factura #	25766
Procedencia de la muestra [1]	Catacamas, Olancho	Informe #	176/25
Cultivo [1]	Sin cultivo	Laboratorio #	755
Entregada por [1]	Encomienda	Fecha de Ingreso	2025-07-04
Identificación [1]	T3	Fecha de Informe	2025-07-28
Condiciones de la muestra [1]	Cantidad suficiente, envase adecuado suministrado por el cliente.	Fecha de ejecución	2025/07/04 al 2025/07/22

[1] **Información suministrada por el cliente**

		Unidad	Rango Adecuado			Unidad	Rango Adecuado	INTERPRETACIÓN
pH	6.52		5.01 ~ 6.80	Hierro (Fe)	61.72	mg/kg	5.01 ~ 15.00	ALTO
Materia orgánica (M. O)	3.54	%	3.01 ~ 5.00	Manganeso (Mn)	17.37	mg/kg	2.01 ~ 10.00	NORMAL
Nitrógeno total (N. T)	0.18	%	0.21 ~ 0.50	Cobre (Cu)	1.73	mg/kg	0.51 ~ 1.00	BAJO
Fósforo (P)	5.00	mg/kg	10.01 ~ 20.00	Zinc (Zn)	1.06	mg/kg	1.01 ~ 5.00	
Potasio (K)	64.46	mg/kg	98.01 ~ 234.00	Boro (B)			0.51 ~ 8.00	
Calcio (Ca)	2,857.00	mg/kg	800.01 ~ 6,000	Azufre (S)			19.01 ~ 80.00	
Magnesio (Mg)	159.00	mg/kg	150.01 ~ 250.00	Aluminio intercambiable (Al)			< 0.50	

Métodos

K, Ca, Mg: Extracción con Acetato de NH4 a pH 4.8, determinados por EAA / P: Extracción con Acetato de NH4 a pH 4.8, determinado por colorimetría Fe, Mn, Cu, Zn: Extracción con DTPA a pH 7.3, determinado por la EAA

pH: en agua 1:2 / Materia Orgánica: Walkley & Black / % N.T: 5% de M.O / B y S: Extracción con fosfato de Calcio, determinados por colorimetría / Al: Extracción con KCl 1N,determinado por titulación

Recomendación de fertilización sugerida:

Dosis en Kilogramos por Hectárea:

Nitrógeno (N) Fósforo (P_2O_5) Potasio (K_2O)

Figura 12. *Análisis de suelo T3*

Página 1

FUNDACIÓN HONDUREÑA DE INVESTIGACIÓN AGRÍCOLA

Código RT-41-S
Versión No. 2

Laboratorio Químico Agrícola
Resultados e Interpretación de Análisis de Suelos

Cliente	María José Estrada Ponce	Solicitud #	48048-3
Dirección del cliente [1]	Olancho, Catacamas	Factura #	25766
Procedencia de la muestra [1]	Catacamas, Olancho	Informe #	176/25
Cultivo [1]	Sin cultivo	Laboratorio #	756
Entregada por [1]	Encomienda	Fecha de Ingreso	2025-07-04
Identificación [1]	T4	Fecha de Informe	2025-07-28
Condiciones de la muestra [1]	Cantidad suficiente, envase adecuado suministrado por el cliente.	Fecha de ejecución	2025/07/04 al 2025/07/22

[1] **Información suministrada por el cliente**

		Unidad	Rango Adecuado			Unidad	Rango Adecuado	INTERPRETACIÓN
pH	6.54		5.01 ~ 6.80	Hierro (Fe)	69.15	mg/kg	5.01 ~ 15.00	ALTO
Materia orgánica (M. O)	3.58	%	3.01 ~ 5.00	Manganeso (Mn)	21.17	mg/kg	2.01 ~ 10.00	NORMAL
Nitrógeno total (N. T)	0.18	%	0.21 ~ 0.50	Cobre (Cu)	1.87	mg/kg	0.51 ~ 1.00	BAJO
Fósforo (P)	2.00	mg/kg	10.01 ~ 20.00	Zinc (Zn)	1.01	mg/kg	1.01 ~ 5.00	
Potasio (K)	85.18	mg/kg	98.01 ~ 234.00	Boro (B)			0.51 ~ 8.00	
Calcio (Ca)	2,836.50	mg/kg	800.01 ~ 6,000	Azufre (S)			19.01 ~ 80.00	
Magnesio (Mg)	175.50	mg/kg	150.01 ~ 250.00	Aluminio intercambiable (Al)			< 0.50	

Métodos

K, Ca, Mg: Extracción con Acetato de NH4 a pH 4.8, determinados por EAA / P: Extracción con Acetato de NH4 a pH 4.8, determinado por colorimetría Fe, Mn, Cu, Zn: Extracción con DTPA a pH 7.3, determinado por la EAA

pH: en agua 1:2 / Materia Orgánica: Walkley & Black / % N.T: 5% de M.O / B y S: Extracción con fosfato de Calcio, determinados por colorimetría / Al: Extracción con KCl 1N,determinado por titulación

Recomendación de fertilización sugerida:

Dosis en Kilogramos por Hectárea:

Nitrógeno (N) Fósforo (P_2O_5) Potasio (K_2O)

Figura 13. Análisis de suelo T4

Página 1

FUNDACIÓN HONDUREÑA DE INVESTIGACIÓN AGRÍCOLA

Código RT-41-S
Versión No. 2

Laboratorio Químico Agrícola
Resultados e Interpretación de Análisis de Suelos

Cliente	María José Estrada Ponce	Solicitud #	48048-4
Dirección del cliente [1]	Olancho, Catacamas	Factura #	25766
Procedencia de la muestra [1]	Catacamas, Olancho	Informe #	176/25
Cultivo [1]	Sin cultivo	Laboratorio #	757
Entregada por [1]	Encomienda	Fecha de Ingreso	2025-07-04
Identificación [1]	T5	Fecha de Informe	2025-07-28
Condiciones de la muestra [1]	Cantidad suficiente, envase adecuado suministrado por el cliente.	Fecha de ejecución	2025/07/04 al 2025/07/22

[1] **Información suministrada por el cliente**

		Unidad	Rango Adecuado			Unidad	Rango Adecuado	INTERPRETACIÓN
pH	6.51		5.01 ~ 6.80	Hierro (Fe)	62.03	mg/kg	5.01 ~ 15.00	ALTO
Materia orgánica (M. O)	3.81	%	3.01 ~ 5.00	Manganeso (Mn)	18.92	mg/kg	2.01 ~ 10.00	NORMAL
Nitrógeno total (N. T)	0.19	%	0.21 ~ 0.50	Cobre (Cu)	1.75	mg/kg	0.51 ~ 1.00	BAJO
Fósforo (P)	6.00	mg/kg	10.01 ~ 20.00	Zinc (Zn)	0.84	mg/kg	1.01 ~ 5.00	
Potasio (K)	102.24	mg/kg	98.01 ~ 234.00	Boro (B)			0.51 ~ 8.00	
Calcio (Ca)	2,853.00	mg/kg	800.01 ~ 6,000	Azufre (S)			19.01 ~ 80.00	
Magnesio (Mg)	159.50	mg/kg	150.01 ~ 250.00	Aluminio intercambiable (Al)			< 0.50	

Métodos

K, Ca, Mg: Extracción con Acetato de NH4 a pH 4.8, determinados por EAA / P: Extracción con Acetato de NH4 a pH 4.8, determinado por colorimetría Fe, Mn, Cu, Zn: Extracción con DTPA a pH 7.3, determinado por la EAA

pH: en agua 1:2 / Materia Orgánica: Walkley & Black / % N.T: 5% de M.O / B y S: Extracción con fosfato de Calcio, determinados por colorimetría / Al: Extracción con KCl 1N,determinado por titulación

Recomendación de fertilización sugerida:

Dosis en Kilogramos por Hectárea:

Nitrógeno (N) Fósforo (P_2O_5) Potasio (K_2O)

Figura 14. Análisis de suelo T5

Anexo 3. Análisis humus de lombriz

FUNDACIÓN HONDUREÑA DE INVESTIGACIÓN AGRÍCOLA

Laboratorio Químico Agrícola
Col. Sula 3era. calle SO, contiguo al Instituto Patria, La Lima, Cortés

CODIGO: RT-41
Versión No. 5
Pag. 1/1

INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO

Cliente[1]: María José Estrada
Dirección[1]: Catacamas, Olancho
Contacto[1]: María Estrada
Entregada Por: Encomienda
Mtra. Recolectada por: El Cliente
Plan de muestreo: No aplica
Método de muestreo: No aplica
Tipo de muestra[1]: Lombricompost

Fecha de Ingreso: 2025/04/25
Fecha de Ejecución del análisis: 2025/04/28 - 2025/05/15
Lugar de Ejecución del análisis: Instalaciones LQA-FHIA
Solicitud #: 47876
Factura #: 24998
Informe Lqa #: 159/25
Observaciones: No aplica
Fecha de Emision de Informe: 2025, Mayo 15

Condiciones de recepción de mtra: Cantidad suficiente, conservada a temperatura ambiente y en un envase adecuado suministrado por el cliente.

Identificación[1]: Lombricompost

Lab. No.	Identificación Lote No.	Humedad %	Mat. Orgánica %	Carbono Orgánico %	Relación C/N	pH
0314	a		22.24	12.23	11.02	8.94
	b	52.51	10.56	5.81	11.02	
	Método	AOAC 967.03	AOAC 967.02	Cálculo	Cálculo	AOAC 973.04

Lab. No.	Identificación Lote No.	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio	Azufre
		%					
0314	a	1.11	0.63	0.56	0.53	0.47	0.63
	b	0.53	0.30	0.27	0.25	0.22	0.30

Lab. No.	Identificación Lote No.	Hierro	Manganeso	Cobre	Zinc	Boro
		ppm				
0314	a	1,682.00	484.00	24.00	110.00	38.80
	b	798.82	229.86	11.40	52.24	18.43

[1]Informacion suministrada por el cliente

----------U.L.----------

a = Resultados en base a Materia Seca
b = Resultados en base a Materia Húmeda

Método: (AOAC) Official Methods of Analysis 15th. Edition Vol. 1, 1990.

Andrés Carrillo, Ph. D.
Líder Lab. Químico Agrícola

Fundación Hondureña de Investigación Agrícola
LAB. QUIMICO AGRICOLA Y ANALISIS DE PLAGUICIDAS
La Lima, Cortés

mg/L: Miligramos por litro	N.D: No detectado
µg/L: Microgramos por litro	<: Menor al LC
mg/Kg: Miligramos por kilogramo	LC: Es el valor de cuantificación más bajo detectado por el equipo
µS/cm: micro Siemens/cm	±U (K=2; 95%): **Incertidumbre Expandida**
±(U) : "intervalo de confianza", que representa una fracción de los valores que puede probablemente tomar el mensurando.	

Ma/Sol.47876/Lqa159/25

Los resultados presentados corresponden únicamente a las muestras analizadas en las condiciones de muestreo recibidas en las instalaciones del Lab. Quimico Agricola de la FHIA.
El laboratorio no se hace responsable por la información suministrada por el cliente, ni del uso de los resultados fuera del alcance previsto respaldado por el laboratorio.
Este informe de resultados de ensayo no se puede reproducir excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita del Lab. Quimico Agricola de la FHIA.

Apartado Postal 2067, San Pedro Sula, Cortés, Honduras, C.A.
Tels: (504) 2668-2470, 2668-2827, 2668-2864
Correo electrónico: fhia@fhia-hn.org
La Lima, Cortés, Honduras, C.A.
fhia_hn www.fhia.org.hn FHIA FHIA Hn

Figura 15. Resultado de análisis de la FHIA (Lombriompost)

Anexo 4. Dosificación por planta

Tabla 7. Dosificación por planta

Dosificación por planta			
Tratamientos	**UREA (N)**	**KCL (K)**	**DAP (P)**
T5	5.2	5	3.91
T4	3.9	3.75	2.93
T3	2.6	2.5	1.95
T2	1.3	1.25	0.97

Anexo 5. Diámetro de cabeza según la escala de Chalfant

Tabla 8. Diámetro de cabeza según la escala de Chalfant

Tratamiento	Calidad			Perdida	Diametro Promedio
	A	B	C		
T1	0	0	41	19	11
T2	0	5	47	8	11,19
T3	4	6	44	6	11,52
T4	6	16	30	8	12,08
T5	3	13	41	3	11,67

Anexo 6. Compactación de cabeza

Tabla 9. Compactación de las cabezas en porcentaje

Tratamientos	compactación de cabeza %		
	Compacta	Semi-compacta	Floja
1	78.36	12.21	9.44
2	66.48	28.16	5.35
3	84.85	14.05	1.10
4	92.53	6.16	1.31
5	100.00	0.00	0.00

Anexo 7. Análisis económico

Tabla 10. Análisis económico proyección en ha

Tratamiento	Ingresos (L/ha)	Egresos (L/ha)	Utilidad (L/ha)	Rentabilidad (%)	¿Es rentable?
T1	0	355847,84	-355847,84	-100.0	No
T2	35937,66	348005,88	-312068,22	-89.7	No
T3	287291,73	340163,92	-52872,19	-15.5	No
T4	592604,1	341321,96	251282,14	73.6	Si
T5	404270,79	321080	251282,14	25.9	Si

Tabla 11. Análisis económico

	EGRESOS	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	PRECIO POR UNIDAD	TOTAL	T1	T2	T3	T4	T5
COSTOS VARIABLES	BOCASHI	QUINTAL	76,4	555,6	**42447,84**	42447,84	31835,9	21223,9	19611,96	0
	UREA	QUINTAL	4,05	800	**3240**	0	810	1620	2430	3240
	DAP	QUINTAL	4,3	800	**3440**	0	860	1720	2580	3440
	KCl	QUINTAL	5,5	800	**4400**	0	1100	2200	3300	4400
TOTAL COSTOS VARIABLES						**45847,84**	**38005,9**	**30163,9**	**31321,96**	**11080**
COSTOS FIJOS						310000	310000	310000	310000	310000
TOTAL COSTOS						355847,8	348006	340164	341322	321080
INGRESOS TOTALES						0	35937,7	287292	592604,1	404270,8
UTILIDAD						**-355848**	**-312068**	**-52872**	**251282,1**	**83190,79**
RENTABILIDAD %						**-100,0**	**-89,7**	**-15,5**	**73,6**	**25,9**

Anexo 8. Análisis estadístico

Tabla 12. Base de datos para el análisis estadístico

Bloque	Tratamiento	Diametro (cm)	Peso (kg)	Rendimiento comercial (kg/ha)	Descarte (%)	Rendimiento bruto (kg/ha)
1	1	9,72	0,6	0,00	100,0	17992,42
1	2	9,72	0,26	0,00	100,0	9839,02
1	3	10,31	0,75	2187,50	91,8	26600,38
1	4	12,06	0,97	26562,50	22,8	34412,88
1	5	10,71	0,75	11344,70	57,4	26647,73
2	1	8,31	0,62	0,00	100,0	8323,86
2	2	10,73	0,73	0,00	79,3	20577,65
2	3	9,89	0,66	0,00	100,0	26107,95
2	4	15,32	0,80	5577,65	81,3	29820,08
2	5	11,28	0,08	15606,06	53,3	33390,15
3	1	9,29	0,60	0,00	100,0	22556,82
3	2	9,99	0,58	3267,05	84,1	20606,06
3	3	11,82	0,88	23929,92	33,1	35748,11
3	4	11,74	0,87	21732,95	34,2	33011,36
3	5	11,18	0,79	9801,14	71,9	34876,89

Tabla 13. ANOVA

E:\TABLA_MJ.xls: 12/08/2025 - 11:42:46

Análisis de la varianza

Variable	N	R²	R² Aj	CV
DIAMETRO	15	0,71	0,49	10,73

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	26,11	6	4,35	3,24	0,0642
BLOQUE	0,91	2	0,45	0,34	0,7234
TRAT	25,20	4	6,30	4,68	0,0305
Error	10,76	8	1,34		
Total	36,86	14			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=3,27122

Error: 1,3447 gl: 8

TRAT	Medias	n		
1,00	9,11	3	A	
2,00	10,15	3	A	B
3,00	10,67	3	A	B
5,00	11,05	3	A	B
4,00	13,04	3		B

Letras distintas indican diferencias significativas(p<= 0,05)

Variable	N	R²	R² Aj	CV
PESO	15	0,46	0,06	33,92

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,35	6	0,06	1,14	0,4192
BLOQUE	0,07	2	0,04	0,70	0,5267
TRAT	0,28	4	0,07	1,36	0,3277
Error	0,41	8	0,05		
Total	0,75	14			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,63554

Error: 0,0508 gl: 8

TRAT	Medias	n	
2,00	0,53	3	A
5,00	0,54	3	A
1,00	0,61	3	A
3,00	0,76	3	A
4,00	0,88	3	A

Letras distintas indican diferencias significativas(p<= 0,05)

Variable	N	R²	R² Aj	CV
RENDCOMERCIAL	15	0,64	0,36	96,40

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	829433563,86	6	138238927,31	2,32	0,1339
BLOQUE	140982851,72	2	70491425,86	1,19	0,3542
TRAT	688450712,14	4	172112678,04	2,89	0,0939
Error	475826398,45	8	59478299,81		
Total	1305259962,31	14			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=21755,65224

Error: 59478299,8068 gl: 8

TRAT	Medias	n	
1,00	0,00	3	A
2,00	1089,02	3	A
3,00	8705,81	3	A
5,00	12250,63	3	A
4,00	17957,70	3	A

Letras distintas indican diferencias significativas(p<= 0,05)

Variable	N	R²	R² Aj	CV
DESCARTE	15	0,60	0,30	30,96

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	6280,26	6	1046,71	2,00	0,1796
BLOQUE	822,35	2	411,17	0,78	0,4885
TRAT	5457,91	4	1364,48	2,60	0,1162
Error	4192,27	8	524,03		
Total	10472,53	14			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=64,57620

Error: 524,0339 gl: 8

TRAT	Medias	n	
4,00	46,09	3	A
5,00	60,86	3	A
3,00	74,95	3	A
2,00	87,82	3	A
1,00	100,00	3	A

Letras distintas indican diferencias significativas(p<= 0,05)

Variable	N	R²	R² Aj	CV
RENDBRUTO	15	0,84	0,72	18,22

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	894933951,25	6	149155658,54	6,98	0,0075
BLOQUE	120289686,64	2	60144843,32	2,82	0,1187
TRAT	774644264,62	4	193661066,15	9,06	0,0046
Error	170919756,27	8	21364969,53		
Total	1065853707,53	14			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=13038,99066

Error: 21364969,5344 gl: 8

TRAT	Medias	n			
1,00	16291,04	3	A		
2,00	17007,58	3	A	B	
3,00	29485,48	3		B	C
5,00	31638,26	3			C
4,00	32414,77	3			C

Letras distintas indican diferencias significativas(p<= 0,05)