

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

Escuela Profesional de Agronomía



TESIS

Para Optar el Título Profesional de:

INGENIERO AGRÓNOMO

**“EFECTO DE UN BIOESTIMULANTE ORGÁNICO CON 3 DOSIS Y 3
MOMENTOS DE APLICACIÓN SOBRE EL RENDIMIENTO DEL
CULTIVO DE REPOLLO (*Brassica oleracea* L.) – CAJAMARCA”**

PRESENTADO POR

BACHILLER: Jimmy Christian Vega Bazán

ASESORES: Dr. Isidro Rimarachín Cabrera

CAJAMARCA – PERÚ

-2025-

CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

1. **Investigador:** Jimmy Christian Vega Bazán
DNI: 42472656
Escuela Profesional/Unidad UNC: Agronomía
2. **Asesor:** Dr. Isidro Rimarachin Cabrera
3. **Facultad/Unidad UNC:** Ciencias Agrarias
4. **Grado académico o título profesional:**
 Bachiller Título profesional Segunda especialidad
 Maestro Doctor
5. **Tipo de Investigación:**
 Tesis Trabajo de investigación Trabajo de suficiencia profesional
 Trabajo académico
6. **Título de Trabajo de Investigación:** "EFECTO DE UN BIOESTIMULANTE ORGÁNICO CON 3 DOSIS Y 3 MOMENTOS DE APLICACIÓN SOBRE EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE REPOLLLO (*Brassica oleracea* L.) – CAJAMARCA"
7. **Fecha de evaluación:** 26/05/2025
8. **Software antiplagio:** TURNITIN URKUND (OURIGINAL) (*)
9. **Porcentaje de Informe de Similitud:** 16%
10. **Código Documento:** oid:3117:462381572
11. **Resultado de la Evaluación de Similitud:** 16%
 APROBADO PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: 27/05/2025

<i>Firma y/o Sello Emisor Constancia</i>
 <hr/> Dr. Isidro Rimarachin Cabrera 26676820

* En caso se realizó la evaluación hasta setiembre de 2023



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
"NORTE DE LA UNIVERSIDAD PERUANA"
Fundada por Ley N° 14015, del 13 de febrero de 1962
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
Secretaría Académica



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En la ciudad de Cajamarca, a los dieciséis días del mes de mayo del año dos mil veinticinco, se reunieron en el ambiente **2C - 202** de la Facultad de Ciencias Agrarias, los miembros del Jurado, designados según **Resolución de Consejo de Facultad N° 174-2025-FCA-UNC, de fecha 22 de abril del 2025**, con la finalidad de evaluar la sustentación de la TESIS titulada: **"EFECTO DE UN BIOESTIMULANTE ORGÁNICO CON 3 DOSIS Y 3 MOMENTOS DE APLICACIÓN SOBRE EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE REPOLLO (*Brassica oleracea* L.) - CAJAMARCA"**, realizada por el Bachiller **JIMMY CHRISTIAN VEGA BAZÁN** para optar el Título Profesional de **INGENIERO AGRÓNOMO**.

A las nueve horas y cinco minutos, de acuerdo a lo establecido en el **Reglamento Interno para la Obtención de Título Profesional de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cajamarca**, el Presidente del Jurado dio por iniciado el Acto de Sustentación, luego de concluida la exposición, los miembros del Jurado procedieron a la formulación de preguntas y posterior deliberación. Acto seguido, el Presidente del Jurado anunció la aprobación por unanimidad, con el calificativo de diecisiete (17); por tanto, el Bachiller queda expedito para proceder con los trámites que conlleven a la obtención del Título Profesional de **INGENIERO AGRÓNOMO**.

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

Dr. Wilfredo Poma Rojas
PRESIDENTE

Ing. M. Sc. Jesús Hipólito De La Cruz Rojas
SECRETARIO

Ing. José Lizandro Silva Mego
VOCAL

Dr. Isidro Rimarachín Cabrera
ASESOR

DEDICATORIA

A mis padres Lorenzo Vega y Lidia Bazán, que estuvieron siempre a mi lado apoyándome incondicionalmente, y dándome las fuerzas para seguir adelante y no desmayar en el intento a pesar de los obstáculos.

A mi hijo Stefano Vega, que con su amor y cariño verdadero me enseñó a ver la vida diferente, siendo mi inspiración para seguir adelante y lograr mis objetivos.

A mi esposa Elizabeth Quispe, mi compañera, amiga y consejera que siempre me apoya en todo y me dio el empujoncito que siempre uno necesita.

A mis hermanos Henry Vega y Alexis Vega, que siempre están ahí para apoyarme en mi formación profesional y son mis fieles compañeros de vida y son incondicionales.

Jimmy C. Vega Bazán

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por ser mi guía e iluminarme y protegerme siempre en cada paso de mi vida y darme la confianza de creer en mis sueños.

A mis compañeros de mi facultad por apoyarme en mi etapa universitaria por los desafíos superados siendo los cómplices de muchas experiencias y conocimientos compartidos, a mis docentes que supieron inculcarme valores y conocimientos para poder desarrollarme en mi vida profesional siendo un honor haberlos tenido como parte de mi vida profesional.

Jimmy C. Vega Bazán

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	ii
ÍNDICE GENERAL	iii
LISTA DE TABLAS	v
LISTA DE FIGURAS	vi
RESUMEN	1
ABSTRACT.....	2
CAPITULO I	3
INTRODUCCIÓN	3
1.1. Descripción del problema.....	4
1.2. Formulación del problema.....	6
1.3. Justificación.....	7
1.4. Objetivo general	8
1.4.1. Objetivos específicos	8
1.5. Hipótesis	8
CAPITULO II	9
REVISIÓN DE LITERATURA	9
2.1. Antecedente	9
2.2. Bases teóricas	11
2.2.1. El cultivo de repollo (<i>Brassica oleracea</i> L.).....	11
2.2.2. Bioestimulantes en la agricultura	16
2.2.3. Efectos de los bioestimulantes en cultivos hortícolas	17
2.2.4. Momentos de aplicación de bioestimulantes.....	18
2.2.5. Dosis de aplicación	18
2.2.6. Triofol mix	18
2.3. Definición de términos	19
CAPITULO III.....	21
MATERIALES Y MÉTODOS	21
3.1. Ubicación.....	21
3.2. Materiales	22
3.2.1. <i>Material biológico</i>	22
3.2.2. <i>Equipo</i>	22

3.2.3. <i>Herramientas</i>	22
3.2.4. <i>Material de gabinete y escritorio</i>	22
3.2.5. <i>Otros materiales</i>	22
3.3. Metodología.....	23
3.3.1. <i>Variables</i>	23
3.3.2. <i>Diseño experimental, arreglos de los tratamientos</i>	23
3.3.3. <i>Procedimientos</i>	25
3.3.4. <i>Evaluaciones</i>	26
CAPITULO IV.....	29
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	29
4.1. Análisis del rendimiento de repollo.....	29
4.2. Análisis para el peso de cabeza de repollo	34
4.3. Análisis para el diámetro de cabeza de repollo (cm).....	38
4.4. Análisis para la altura de la cabeza del repollo.....	41
CAPITULO V.....	45
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	45
5.1. Conclusiones.....	45
5.2. Recomendaciones	45
CAPÍTULO VI.....	46
LITERATURA CITADA	46
ANEXOS	54

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Composición nutricional por cada 100 g de repollo.	13
Tabla 2 Composición química de TRIOFOL Mix.	19
Tabla 3 Variables de estudio.	23
Tabla 4 Factores de variación y sus niveles.	24
Tabla 5 Tratamientos en estudio.	24
Tabla 6 Análisis de varianza para el Rendimiento de repollo.	30
Tabla 7 Prueba de Tukey para el Rendimiento de repollo.	31
Tabla 8 Análisis de varianza para el peso de cabeza de repollo.	35
Tabla 9 Prueba de Tukey para el peso de cabeza.	36
Tabla 10 Análisis de varianza para el diámetro de cabeza.	39
Tabla 11 Prueba de Tukey para el diámetro de cabeza (cm).	40
Tabla 12 Análisis para la altura de la cabeza del repollo.	42
Tabla 13 Prueba de Tukey para la altura de la cabeza del repollo (cm).	43
Tabla 14 Prueba de Tukey para la altura de la cabeza del repollo (cm) por efecto de los factores independientes (Triofol Mix y Aplicación).	44
Tabla 15 Resultados de rendimiento ($t\ ha^{-1}$).	55
Tabla 16 Resultados de peso de cabeza (kg).	55
Tabla 17 Resultados de diámetro de cabeza (cm).	55
Tabla 18 Resultados de altura de cabeza (cm).	55

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Mapa de ubicación del experimento.....	21
Figura 2 Distribución de tratamientos en estudio.	25
Figura 3 Efecto de la interacción del Triofol Mix y Aplicación en el Rendimiento ($t\ ha^{-1}$) del cultivo de repollo.	31
Figura 4 Rendimiento de repollo en toneladas por hectárea ($t\ ha^{-1}$).....	33
Figura 5 Efecto de la interacción del Triofol Mix y Aplicación en el peso de cabeza (kg) del cultivo de repollo.	36
Figura 6 Efecto de la interacción del Triofol Mix y Aplicación en el diámetro de cabeza (cm) del cultivo de repollo.	40
Figura 7 Resultados del análisis de suelo.	54
Figura 8 Bioestimulante Triofol Mix.....	56
Figura 9 Preparación de los hoyos para la siembra directa de repollo.	56
Figura 10 Riego antes de la siembra.	56
Figura 11 Cultivo en desarrollo vegetativo días después de la siembra.	57
Figura 12 Preparación tratamiento para la aplicación.	57
Figura 13 Mezcla del bioestimulante, adherente y agua.....	57
Figura 14 Aplicación del bioestimulante.	58
Figura 15 Repollo para cosechar.	58
Figura 16 Cosecha del repollo.	58
Figura 17 Pesado de las cabezas de repollo.	59
Figura 18 Diámetro de la cabeza con una cinta.	59
Figura 19 Verificación de la medida del diámetro con wincha.	59
Figura 20 Registro de datos.	60

RESUMEN

El presente estudio se realizó considerando el problema de la investigación ¿Cuál es el efecto de un bioestimulante orgánico aplicado en tres dosis y en tres momentos diferentes sobre el rendimiento del cultivo de repollo (*Brassica oleracea* L.) en Cajamarca?, con el objetivo de determinar cuál es el efecto de un bioestimulante orgánico en el rendimiento del cultivo de repollo. El diseño experimental utilizado fue el de bloques completamente al azar con un arreglo factorial 3x3 más un testigo, abarcando tres dosis (20, 25 y 30 ml) y tres momentos de aplicación (30, 50 y 70 días después de la siembra). Los resultados del estudio sobre el cultivo de repollo demostraron que la aplicación del bioestimulante Triofol Mix tuvo efectos significativos en el rendimiento y características morfológicas del cultivo; la dosis de 25 ml aplicada a los 70 días mostró los mejores resultados en todas las variables evaluadas, alcanzando un rendimiento de 58.27 t/ha⁻¹, peso de cabeza de 2.79 kg, diámetro de 25.6 cm y altura de 15.13 cm; en contraste, el tratamiento testigo (sin bioestimulante) presentó los valores más bajos en todos los parámetros: 25.62 t/ha⁻¹ de rendimiento, 1.23 kg de peso, 16.1 cm de diámetro y 8.37 cm de altura; las dosis más altas de 30 ml resultaron menos efectivas que las dosis intermedias, mientras que las aplicaciones tardías (70 días) fueron más beneficiosas cuando se combinaron con dosis de 20 y 25 ml. En conclusión, el estudio demostró que el uso del bioestimulante mejoró la producción del cultivo en comparación con el control.

Palabras clave: Bioestimulante orgánico, Repollo, Rendimiento

ABSTRACT

The present study was carried out considering the research problem What is the effect of an organic biostimulant applied at three different doses and three different applied at three different doses and at three different times on the yield of cabbage (*Brassica oleracea* L.) in Cajamarca? the yield of cabbage (*Brassica oleracea* L.) in Cajamarca, with the objective of determining the effect of an organic biostimulant applied at three different doses and at three different to determine the effect of an organic biostimulant on cabbage crop yield. of the cabbage crop. The experimental design used was a completely randomized The experimental design used was a completely randomized block design with a 3x3 factorial arrangement plus a control, comprising three doses (20, 25 and 30). three doses (20, 25 and 30 ml) and three application times (30, 50 and 70 days after sowing). The results of the study on the cabbage crop showed that the application of the biostimulant Triofol Mix had significant effects on the yield and morphological characteristics of the crop; the dose of 25 ml applied at 70 days showed the best results in all the variables evaluated, reaching a yield of 58.27 t/ha-1, head weight of 2.79 kg, diameter of 25.6 cm and height of 15. 13 cm; in contrast, the control treatment (without biostimulant) presented the lowest values in all parameters: 25.62 t/ha-1 yield, 1.23 kg weight, 16.1 cm diameter and 8.37 cm height; higher doses of 30 ml were less effective than intermediate doses, while late applications (70 days) were more beneficial when combined with doses of 20 and 25 ml. In conclusion, the study showed that the use of the biostimulant improved crop production compared to the control.

Key words: Organic biostimulant, Cabbage, Yield, Organic biostimulant.

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación analiza el impacto de un bioestimulante orgánico aplicado en tres dosis y en tres momentos distintos sobre el rendimiento del cultivo de repollo (*Brassica oleracea* L.), abordando un tema de significativa importancia en el sector agrícola. El repollo es una hortaliza esencial a nivel nacional e internacional, reconocida por su valor nutricional, social y económico, además de destacar en la horticultura por sus beneficios para la salud y su capacidad de adaptarse a diversa.

El interés de este estudio radica en evaluar el impacto del uso de bioestimulantes, específicamente el Triofol Mix, sobre las características agronómicas y el rendimiento del repollo. En la región de Cajamarca, existe un vacío de información en cuanto al uso de bioestimulantes en este cultivo, lo que justifica la necesidad de realizar investigaciones que aporten alternativas sostenibles y de bajo costo para mejorar la producción agrícola. Este estudio busca brindar información relevante que contribuya a optimizar el manejo agronómico del repollo y, a su vez, promover prácticas agrícolas más sostenibles.

La metodología utilizada incluyó un diseño experimental de bloques completamente al azar con un arreglo factorial 3x3 más un testigo, abarcando tres dosis (20, 25 y 30 ml) y tres momentos de aplicación (30, 50 y 70 días después de la siembra). Se realizaron tres repeticiones, totalizando 30 unidades experimentales, y se emplearon técnicas estadísticas como el análisis de varianza (ANOVA) para evaluar los resultados obtenidos.

El objetivo principal del estudio es determinar la dosis y el momento de aplicación óptimos del bioestimulante Triofol Mix para maximizar el rendimiento del repollo. Los objetivos específicos incluyen analizar cómo estas variables afectan parámetros como peso, diámetro y altura de las cabezas, así como la longitud y peso de las raíces. Con este enfoque, se espera que este trabajo contribuya significativamente al desarrollo de prácticas agrícolas más eficientes y sostenibles en el cultivo de repollo en la región de Cajamarca.

1.1. Descripción del problema

La producción de repollo (*Brassica oleracea* L.) en Cajamarca enfrenta diversos desafíos relacionados con la baja productividad y calidad de los cultivos; a pesar de ser una de las hortalizas más importantes para la alimentación local y regional, los agricultores frecuentemente se enfrentan a suelos degradados, prácticas agrícolas inadecuadas y el uso excesivo de fertilizantes químicos que impactan negativamente en la sostenibilidad del sistema agrícola y en el medio ambiente; en este contexto, los rendimientos obtenidos en los cultivos de repollo son insuficientes para satisfacer la creciente demanda del mercado local, lo que genera pérdidas económicas significativas para los agricultores y limita su competitividad; asimismo, las prácticas tradicionales, en su mayoría basadas en el uso indiscriminado de productos químicos, han causado problemas de contaminación ambiental y reducido la fertilidad del suelo a largo plazo.

En los últimos años, se han planteado alternativas como el uso de bioestimulantes orgánicos, que buscan mejorar el rendimiento de los cultivos y promover una agricultura más sostenible. Sin embargo, en la región de Cajamarca, existe un vacío de información científica sobre la efectividad de estos insumos, especialmente en relación con las dosis adecuadas y los momentos óptimos de aplicación. Esta falta de conocimiento técnico limita la adopción de prácticas sostenibles por parte de los agricultores y genera incertidumbre sobre los beneficios reales de los bioestimulantes orgánicos en el cultivo de repollo. Por lo tanto, resulta necesario investigar el efecto de un bioestimulante orgánico utilizando tres dosis y tres momentos de aplicación sobre el rendimiento del cultivo de repollo en las condiciones agroecológicas de Cajamarca.

El repollo (*Brassica oleracea* L.) es una de las hortalizas más importantes a nivel mundial, reconocido por su capacidad para favorecer la digestión y atenuar los efectos del consumo excesivo de alcohol (Ponce, 2018). Se cultiva principalmente en zonas templadas por sus condiciones climáticas favorables, aunque también se adapta a regiones tropicales, demostrando su versatilidad y relevancia en diferentes zonas agroecológicas (Neri, 2022). La variedad más cultivada de repollo es el blanco, debido a su amplia aceptación en los mercados y su versatilidad en la alimentación. Le sigue, aunque en menor proporción, el repollo morado, apreciado principalmente por su valor nutricional y atractivo visual en diversas preparaciones culinarias (López, 2022).

A nivel mundial, la producción de repollo enfrenta importantes desafíos relacionados con la sostenibilidad y la productividad agrícola; la demanda global de esta hortaliza ha experimentado un crecimiento sostenido, alcanzando una producción mundial de aproximadamente 69 millones de toneladas en 2021, donde China, India y Rusia lideran la producción (Moreno, 2023). Sin embargo, el uso intensivo de fertilizantes químicos en su cultivo ha generado preocupaciones ambientales significativas, incluyendo la degradación del suelo, la contaminación de aguas subterráneas y la reducción de la biodiversidad microbiana del suelo (García et al., 2020). Esta situación ha impulsado la búsqueda de alternativas sostenibles, como los bioestimulantes orgánicos, que han demostrado potencial para mejorar el rendimiento de los cultivos mientras se minimiza el impacto ambiental (Salazar et al., 2021).

Los bioestimulantes agrícolas han emergido como una solución viable para mejorar la producción de cultivos y la fertilidad del suelo; estas sustancias naturales, aplicadas tanto a las plantas como a las semillas, promueven el crecimiento vegetal al mejorar el desarrollo del sistema radicular, incrementar la eficiencia en la absorción de nutrientes y aumentar la tolerancia al estrés, favoreciendo además parámetros de calidad de los cultivos (García, 2018). Los bioestimulantes, ricos en antioxidantes e inductores, fortalecen la resistencia de las plantas ante condiciones adversas como estrés hídrico o temperaturas extremas. Esto mejora su desarrollo y productividad incluso en entornos desfavorables (Navarro, 2024).

Los bioestimulantes orgánicos, elaborados principalmente a partir de compuestos naturales, constituyen una opción económica y sostenible para mejorar la producción agrícola. No solo favorecen el estado nutricional de las plantas, sino que también estimulan funciones metabólicas y fisiológicas clave, como el crecimiento de raíces, tallos, hojas y frutos, mientras contribuyen a mantener un equilibrio hormonal adecuado (Llomitaa et al., 2023). Esta perspectiva se alinea con las tendencias modernas de sostenibilidad ambiental, que promueven la disminución en el uso de insumos químicos, debido a su impacto negativo en los ecosistemas; al reducir estos productos, se busca proteger la biodiversidad, prevenir la contaminación del suelo y el agua, y fomentar prácticas agrícolas responsables que aseguren un equilibrio entre la producción y la conservación del medio ambiente (Melgarejo et al., 2024).

En el contexto peruano, la producción de repollo representa un importante componente de la agricultura familiar y comercial, especialmente en regiones altoandinas como Cajamarca, Junín y Cusco (Legua et al., 2024). Las estadísticas del Ministerio de Desarrollo Agrario y

Riego indican que la productividad promedio nacional es de 15 toneladas por hectárea, significativamente menor que el promedio mundial de 28,5 toneladas por hectárea (Díaz, 2022). Esta brecha productiva se atribuye principalmente a prácticas agrícolas tradicionales, acceso limitado a tecnologías modernas y dependencia de insumos químicos costosos (Jiménez y Jara, 2024). Los agricultores peruanos enfrentan además el desafío de mantener la rentabilidad del cultivo frente al incremento en los costos de producción y la variabilidad climática, lo que ha motivado el interés en alternativas más sostenibles y económicamente viables (Paredes, 2024).

En Cajamarca, este cultivo se desarrolla bajo condiciones de clima y suelo del trópico húmedo, con rendimientos aceptables, aunque limitados por la calidad del suelo, lo que hace necesario investigar fuentes de fertilizantes de origen orgánico (Atunca, 2023). Los productores de la región experimentan limitaciones particulares que afectan su productividad y sostenibilidad. Los suelos presentan problemas de fertilidad y estructura, agravados por el uso histórico de fertilizantes químicos y prácticas agrícolas inadecuadas; los rendimientos locales promedian las 12 toneladas por hectárea, por debajo de la media nacional, lo que impacta directamente en la rentabilidad de los agricultores (Novoa y Valencia, 2022).

Sin embargo, en la región de Cajamarca, aún no se dispone de estudios suficientes sobre el uso de bioestimulantes en el cultivo de repollo, lo que limita su aplicación en la agricultura local. Ante este vacío de conocimiento, el presente trabajo tiene como objetivo evaluar el efecto de tres dosis y tres momentos de aplicación del bioestimulante orgánico Triofol Mix en el rendimiento del repollo. Este producto, que favorece el cuajado de los frutos, se seleccionó por su potencial para mejorar las características agronómicas y la calidad comercial del repollo.

De esta manera, la investigación busca no solo llenar la brecha de información sobre este tema, sino también promover prácticas agrícolas innovadoras y sostenibles, que puedan ser replicadas en el manejo del cultivo de repollo en la región.

1.2. Formulación del problema

¿Cuál es el efecto de un bioestimulante orgánico aplicado en tres dosis y en tres momentos diferentes sobre el rendimiento del cultivo de repollo (*Brassica oleracea* L.) en la región de Cajamarca?

1.3. Justificación

El cultivo de repollo (*Brassica oleracea* L.) es una hortaliza de gran importancia económica y nutricional, debido a su alto contenido de vitaminas, minerales y compuestos antioxidantes (Sailema, 2023). Sin embargo, los sistemas de producción enfrentan diversos retos, como el uso intensivo de agroquímicos, la degradación del suelo y la disminución de la biodiversidad microbiana (Sokolowski, 2024). En este contexto, el uso de bioestimulantes orgánicos representa una alternativa sostenible para mejorar el rendimiento de los cultivos, al estimular procesos fisiológicos clave en las plantas, como la absorción de nutrientes, la tolerancia al estrés y el crecimiento radicular (Salazar et al., 2021). Este estudio contribuirá al conocimiento sobre la aplicación de bioestimulantes en hortalizas, proporcionando evidencia empírica sobre su efectividad y el momento óptimo de aplicación.

El desarrollo de sistemas agrícolas sostenibles es una prioridad global, dada la necesidad de garantizar la seguridad alimentaria y mitigar los impactos negativos de la agricultura intensiva sobre el medio ambiente (Fillol, 2023). Este estudio tiene el potencial de beneficiar no solo a los agricultores, sino también a la comunidad en general, al fomentar prácticas agrícolas que reduzcan la dependencia de agroquímicos y promuevan la salud del suelo; en este sentido, la investigación también contribuye al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), especialmente los relacionados con la producción sostenible y la lucha contra el cambio climático.

Desde una perspectiva práctica, la investigación busca ofrecer soluciones concretas a los agricultores de la región de Cajamarca, quienes enfrentan limitaciones en el acceso a insumos químicos costosos y desean implementar técnicas agrícolas más sostenibles; los resultados de este estudio permitirán determinar cómo diferentes dosis y momentos de aplicación de un bioestimulante orgánico impactan en el rendimiento del repollo, posibilitando un manejo agronómico más eficiente y amigable con el medio ambiente; de esta forma, se espera contribuir a la reducción de costos de producción y al aumento de la competitividad del sector hortícola en la región.

Desde el punto de vista metodológico, este estudio se fundamenta en el diseño experimental con un enfoque cuantitativo, permitiendo evaluar de manera objetiva el efecto de tres dosis y tres momentos de aplicación del bioestimulante; este enfoque metodológico permitirá la generación de datos replicables y estadísticamente significativos, los cuales podrán

ser útiles como referencia para futuras investigaciones; además, la combinación de diferentes tratamientos contribuirá a identificar interacciones importantes entre las variables estudiadas, promoviendo un manejo agrícola más racional y adaptado a las condiciones locales.

1.4. Objetivo general

- Determinar cuál es el efecto de un bioestimulante orgánico en el rendimiento del cultivo de repollo (*Brassica oleracea* L.).

1.4.1. Objetivos específicos

- Determinar la dosis adecuada que influye sobre el rendimiento de repollo (*Brassica oleracea* L.).
- Determinar el momento de aplicación adecuado que influye sobre el rendimiento de repollo (*Brassica oleracea* L.).

1.5. Hipótesis

La aplicación de bioestimulante orgánico mejora significativamente el rendimiento del cultivo de repollo (*Brassica oleracea* L.).

CAPITULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Antecedente

Epiquien e Idrogo (2021) en su investigación “*Efecto de dos tipos de fertilizantes y abonos en el rendimiento del repollo corazón de buey (Brassica oleracea)*”. Con el objetivo de determinar el efecto de la aplicación de dos tipos de fertilizantes y abonos sobre el rendimiento del repollo corazón de buey (*Brassica oleracea*). Para el experimento se empleó un diseño experimental de bloques completamente al azar (DBCA) con 9 tratamientos y 3 repeticiones. Los resultados indicaron que el peso promedio de la cabeza, el tratamiento T3, que combinó Nutrifera Papa Sierra con Gran Guano, registró el mayor valor con 1,71 kg por cabeza, seguido de cerca por T5 (Molimax Papa Sierra) con 1,67 kg, el tratamiento testigo (T1), sin fertilización ni abonamiento, presentó el menor peso promedio de 0,76 kg; en cuanto a la longitud de las cabezas de repollo también se mostró una respuesta positiva a los tratamientos, destacando nuevamente el tratamiento T3 con un promedio de 22,27 cm, significativamente superior al testigo, que alcanzó solo 16,13 cm, de manera similar, el diámetro promedio de las cabezas fue mayor con T3, alcanzando 9,37 cm, mientras que el testigo obtuvo un promedio de 6,70 cm; en el rendimiento por hectárea, el tratamiento T3 sobresalió con 105,35 toneladas por hectárea, representando un incremento notable frente al rendimiento del testigo, que fue de 47,01 toneladas por hectárea.

García (2018) en su investigación titulada “*Respuesta agroproductiva del cultivo de la col, (Brassica oleracea L.) a la aplicación foliar de productos naturales en condiciones de huerto intensivo*”. Con el objetivo de evaluar el efecto de la aplicación foliar de productos naturales (biopreparado de microorganismos nativos (ME) y Plantos verde) en el crecimiento del cultivo de la col (*Brassica oleracea L.*), variedad KKcross. Se utilizó un diseño experimental completamente aleatorizado con cinco tratamientos y cuatro réplicas por tratamiento. Los resultados indicaron que el tratamiento combinado de Plantos Verde y un biopreparado de microorganismos nativos (T4) se destacó por alcanzar el mayor diámetro polar y ecuatorial, con un promedio de 18,08 cm y un peso de cabeza de 2,53 kg, respectivamente siendo significativamente superiores a los obtenidos en el control (T1) y en las aplicaciones simples; en el rendimiento del cultivo también reflejó los beneficios de la combinación de estos

biofertilizantes, el tratamiento T4 logró un rendimiento de 5,06 kg/m², superando ampliamente al control, que solo alcanzó 3,38 kg/m².

Asmal y Jachero (2024) en su investigación “*Efecto de tres bioestimulantes en el rendimiento de col repollo (Brassica oleracea var. Capitata) como suplemento a la fertilización mineral, orgánica y prevención de la Hernia de la col (Plasmodiophora brassicae), en San Joaquín Azuay*”. Con el objetivo de Evaluar tres bioestimulantes como complemento a la fertilización y prevención de la Hernia de la col en repollo (*Brassica oleracea*) en San Joaquín, Azuay. La investigación se planteó en un diseño de bloques al azar en parcelas divididas, en donde las parcelas principales son los tipos de abono y las subparcelas son las dosis de bioestimulantes. Los Resultados indicaron que el mejor tratamiento (T14: Pollinaza + urea + dosis 2 - LisToo 0,25 cm³) mostró un diámetro promedio de 27,57 cm, un peso de 3,94 kg por repollo y un rendimiento de 15,75 t/ha⁻¹, superando significativamente al testigo (17,85 cm, 1,46 kg y 5,84 t/ha⁻¹, respectivamente).

Ampudia, A. J. (2024) en su tesis “*Comportamiento agronómico del cultivo de col china (Brassica campestris ssp pekinensis) a la aplicación del abono líquido tipo biol San Pedro de Pillao*”. Con el objetivo de evaluar el efecto del abono líquido tipo biol en el rendimiento del cultivo de col chino (*Brassica campestris* L. ssp *pekinensis*) en condiciones ambientales del distrito de San pedro de Pillao. El experimento utilizó un diseño al azahar con bloques, se tuvieron como factores principales la aplicación de 1, 2, 3, y 4 litros de biol en 15 litros de agua. Los resultados indicaron que para el rendimiento el T4 también fue el más destacado con un promedio de 1.87 kg por planta, seguido por T2 (1.48 kg), T3 (1.43 kg) y T1 (1.36 kg), los cuales no presentaron diferencias significativas entre sí; el testigo, T5, obtuvo el menor rendimiento con 0,92 kg por planta; en cuanto a la producción por tratamiento, el T4 alcanzó el mayor promedio con 44.80 kg, significativamente superior a T2 (35.44 kg), T3 (34.40 kg) y T1 (32.64 kg), que nuevamente presentó resultados similares, el tratamiento T5 quedó rezagado con 22,00 kg; para la producción por hectárea, el T4 lideró con un promedio de 46.67 t/ha⁻¹, seguido por T2 (36.92 t/ha⁻¹), T3 (35.83 t/ha⁻¹) y T1 (34.00 t/ha⁻¹), mientras que T5 tuvo el menor rendimiento con 22.92 t/ha⁻¹.

Ramos (2022) en su tesis “*Efecto del biol en el rendimiento del cultivo de nabo (Brassica napus L.), aplicando 3 dosis y 3 momentos diferentes, Cajamarca*”. Con el objetivo de determinar el rendimiento y el momento en la aplicación de tres dosis de biol en el cultivo

de nabo (*Brassica napus* L.), en el valle Cajamarca. El experimento se desarrolló en un Diseño de Bloques completamente Randomizados (DBCR), aplicando 3 dosis D1= 0.50 L, D2=1.00 L y D3=1.50 L, en 3 momentos M1=20, M2=40 y M3=60 (días después de la siembra). Los resultados obtenidos indicaron que el tratamiento T1 (testigo) presentó un peso promedio por tratamiento de 3.17 kg y un rendimiento de 13,208.33 kg/ha⁻¹; en comparación, el T2 alcanzó un peso promedio de 3.33 kg y un rendimiento de 13,875.00 kg/ha⁻¹, mientras que el T3 obtuvo 3.73 kg y 15,541.67 kg/ha⁻¹, respectivamente; por su parte, el T4 logró un peso promedio de 4,57 kg y un rendimiento de 19,041,67 kg/ha⁻¹, seguido del T5 con 5,42 kg y 22,583,33 kg/ha⁻¹; el tratamiento T6 alcanzó un peso promedio de 5.62 kg y un rendimiento de 23,416.67 kg/ha⁻¹, siendo superado únicamente por el T7, que presentó los mejores resultados con un peso promedio de 5.89 kg y un rendimiento de 24,541.67 kg/ha⁻¹; los tratamientos T8 y T9 también destacaron con pesos promedio de 4,68 kg y 4,6 kg, y rendimientos de 19,500,00 kg/ha⁻¹ y 19,166,67 kg/ha⁻¹, respectivamente.

Sinche (2024) en su estudio “*Efecto de extracto de algas marinas en el rendimiento y calidad en dos variedades de col (Brassica oleracea L.) en condiciones de Huachón – Pasco*”. Con el objetivo de determinar el efecto de extracto de algas marinas en el rendimiento y calidad en dos variedades de col (*Brassica oleracea* L.). El diseño experimental utilizado fue el diseño de bloques aleatorizados con ocho tratamientos. Los resultados indicaron que para el perímetro de cabeza, el T3 obtuvo el mayor promedio con 75.25 cm, seguido de T2 con 73.75 cm, ambos significativamente superiores al resto, mientras que T8 presentó el menor promedio con 46.75 cm.; con respecto al peso de cabeza, T3 alcanzó el promedio más alto con 2.66 kg, seguido de T2 con 2.57 kg, ambos con resultados similares y superiores; por otro lado, el tratamiento T8 mostró el peor desempeño con un promedio de 1,16 kg; en el rendimiento por hectárea, el T3 lideró con 75.43 t/ha⁻¹, seguido por el T2 con 72.93 t/ha⁻¹, ambos significativamente mejores que los demás tratamientos; en cambio, el T8 registró el menor rendimiento con 32,88 t/ha⁻¹.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. El cultivo de repollo (*Brassica oleracea* L.)

El repollo (*Brassica oleracea* L.) representa uno de los cultivos hortícolas más antiguos y ampliamente distribuidos a nivel mundial (Jurado, 2023). Según Dixon (2023), esta especie originaria de las costas del Mediterráneo ha experimentado una significativa diversificación morfológica a través de la selección artificial, resultando en numerosas variedades adaptadas a

diferentes condiciones agroclimáticas (Lambaré, 2015). Las investigaciones genéticas han revelado una notable plasticidad fenotípica que ha permitido su adaptación a diversos ambientes de cultivo (Ramírez, 2020).

La importancia económica del repollo se refleja en su considerable volumen de producción global, que según los estudios de Moreno (2023) alcanzó los 71 millones de toneladas en el último año agrícola; además destaca que su alto contenido nutricional, particularmente en vitamina C, compuestos antioxidantes y glucosinolatos, lo posiciona como un cultivo estratégico para la seguridad alimentaria en numerosas regiones del mundo.

Los requerimientos edafoclimáticos específicos del cultivo de repollo, estableciendo que el repollo presenta su óptimo desarrollo en suelos con pH entre 6.0 y 6.8, con una temperatura ideal entre 15°C y 20°C durante el periodo de formación de la cabeza, el manejo del riego y la fertilización durante las etapas fenológicas es clave para optimizar el rendimiento y la calidad del producto final (Pérez, 2021).

a. Clasificación Taxonomía del repollo

Según Pichardo (2019) la especie *Brassica oleracea* L.var. *Capitata*, conocida como repollo o col, pertenece al reino Vegetal, división Magnoliophyta, clase Magnoliopsida, orden Capparales, familia Brassicaceae y género *Brassica*. Esta clasificación taxonómica ubica al repollo dentro del amplio grupo de las brasicáceas, familia que incluye diversos cultivos de importancia agrícola.

b. Valor nutricional del repollo

El repollo es una hortaliza que destaca por ser una fuente rica en vitaminas A, B6 y C, además de potasio y fibra, con un bajo contenido de grasas, lo que le confiere ciertos beneficios para la salud humana; diversos estudios han señalado que una dieta constante que incluya verduras de ciertas variedades de coles, como el repollo, podría disminuir el riesgo de desarrollar algunos tipos de cáncer (Tomita, 2019).

Tabla 1

Composición nutricional por cada 100 g de repollo.

Nutrientes	Cantidad
Carbohidratos	5.8 g
Azúcares	3.2 g
Fibra alimentaria	2.5 g
Grasas totales	0.1 g
Proteínas	1.28 g
Tiamina (Vit. B1)	5 %
Riboflavina (Vit, B2)	3 %
Niacina (Vit. B3)	2 %
Ácido pantoténico (Vit. B5)	4 %
Vitamina B6	10 %
Vitamina C	61 %
Vitamina K	72 %
Calcio	4 %
Hierro	4 %
Magnesio	3 %
Manganeso	8 %
Fosforo	4 %
Potasio	4 %
Sodio	1 %
Zinc	2 %

Fuente: adaptado de Muñoz et al. (2015).

c. Descripción botánica del repollo

- **Raíz**

La planta tiene una raíz pivotante que la ancla al suelo y un sistema secundario fasciculado para absorber agua y nutrientes, con el 80 % de las raíces ubicadas (Pérez, 2019).

- **Tallo**

Herbáceas, erectas, de tamaño reducido y con poca ramificación, que desarrollan una textura leñosa; su altura suele ser inferior a 30 cm, ya que su crecimiento en longitud se detiene en etapas tempranas (Moral, 2019).

- **Hojas**

alternas, simples, sin estípulas, de bordes aserrados, color verde glauco o rojizo, y en variedades como el repollo Savoy, ásperas y rizadas (Pérez, 2019).

- **Cabeza**

La hipertrofia de la yema terminal y la disposición envolvente de las hojas superiores generan una cabeza compacta de hojas apretadas, que constituye la parte comestible. Allí se almacenan nutrientes que, si no se recolectan, serán utilizados por la planta para formar el tálamo floral (Jurado, 2023).

- **Flores**

Las flores, de color amarillo, se agrupan en racimos terminales y surgen del tallo principal; tienen cuatro sépalos, cuatro pétalos en forma de cruz, seis estambres desiguales, un estilo corto con estigma en cabezuela y un ovario súpero dividido en dos cavidades por un falso tabique; cada flor produce de 20 a 30 semillas (López, 2022).

- **Frutos**

Es una cápsula conocida como silicua, que se abre longitudinalmente a lo largo de la línea de la placenta al alcanzar la madurez, permitiendo la dispersión natural de las semillas (López, 2022).

- **Semilla**

La semilla del repollo es diminuta, midiendo aproximadamente 1/16 de pulgada en diámetro; tiene forma esférica, una textura lisa en su exterior y, cuando alcanza su madurez total, presenta diferentes tonos marrones (Zamora, 2016).

d. Requerimiento edafoclimáticas del cultivo de repollo

- **Clima**

Entre todas las plantas de la familia de las crucíferas, este cultivo destaca por su notable resistencia al frío, pudiendo soportar heladas de hasta 5°C; en cuanto a sus requerimientos térmicos, puede desarrollarse en un rango que va desde los 4.4°C como temperatura mínima hasta los 35°C como máxima, aunque alcanza su mejor desarrollo cuando la temperatura se mantiene alrededor de los 29.4°C (Ruiz et al., 2024).

- **Suelo**

Los repollos necesitan suelos con buena profundidad y una humedad moderada para desarrollarse adecuadamente; los suelos arcillosos ricos en calcio son ideales para su cultivo. Si el suelo no cuenta naturalmente con suficiente calcio, es necesario aplicar cal en una proporción de 1000 kilogramos por hectárea (Di Benedetto, 2023). Jurado (2023) Esta planta puede tolerar ciertos niveles de acidez, prosperando mejor cuando el pH del suelo se encuentra entre 6.2 y 6.5; en cuanto a la composición del suelo, demuestra gran adaptabilidad, ya que puede crecer satisfactoriamente tanto en suelos arenosos como en aquellos con alto contenido de materia orgánica.

e. Requerimiento nutricional del repollo

Este cultivo demanda un adecuado aporte de nitrógeno, con una cantidad total de 150 kg, distribuido en dos etapas: la primera aplicación se realiza entre 10 y 15 días posteriores al trasplante, mientras que la segunda se efectúa entre 15 y 20 días después de la primera aplicación (Curi, 2024).

El abonamiento debe realizarse en función del análisis químico de la fertilidad del suelo destinado al cultivo; durante la preparación del terreno, se incorpora estiércol o compost en una dosis de 15 a 20 toneladas por hectárea; posteriormente, a los 15 días después del trasplante, se aplican fertilizantes minerales radicales, siguiendo las recomendaciones basadas en el análisis de fertilidad del suelo (Vivanco, 2023). El cultivo de repollo presenta un nivel de extracción de nutrientes de 300-85-350 (N-P-K). Debido a su alta demanda nutricional, se sugiere que la aplicación de fertilizantes se realice en función de los resultados del análisis del suelo (Mendoza, 2024).

2.2.2. Bioestimulantes en la agricultura

Los bioestimulantes han emergido como una herramienta fundamental en la agricultura moderna sostenible. Según TecnoAgro (2021) estos compuestos se definen como sustancias y/o microorganismos que, al ser aplicados a las plantas, mejoran la eficiencia nutricional, la tolerancia al estrés abiótico y la calidad del cultivo. Asimismo, Méndez (2023) refieren que su modo de acción involucra múltiples mecanismos moleculares y fisiológicos que actúan sinérgicamente para potenciar el desarrollo vegetal.

La composición química de los bioestimulantes está formada por diversos componentes bioactivos, entre los que se incluyen aminoácidos, péptidos, polisacáridos y compuestos fenólicos (Samolski, 2024). La eficacia de estos productos depende directamente de la presencia y la concentración de ciertos compuestos señalizadores que activan vías metabólicas específicas en las plantas (Núñez, 2024).

Los bioestimulantes se han clasificado según su origen y mecanismo de acción, diferenciándose en extractos de algas marinas, ácidos húmicos y fúlvicos, hidrolizados proteicos, formulaciones microbianas y fitohormonas (Espinosa et al., 2020). Es fundamental seleccionar el tipo de bioestimulante más adecuado de acuerdo con el cultivo objetivo y las condiciones ambientales específicas, ya que su eficacia puede variar considerablemente en función de estos factores (Rodríguez et al., 2023).

a. Clasificación de fitohormonas

En la actualidad, se reconocen cinco grupos principales de hormonas vegetales: auxinas, citoquininas, giberelinas, etileno y ácido abscísico (Palma, 2020). Además, existen otras sustancias que, en ciertos casos, pueden ser clasificadas como fitohormonas, entre las cuales se incluyen poliaminas, jasmonatos, ácido salicílico, brasinoesteroides y sistemina (Orellana, 2022).

b. Modo de acción de fitohormonas

La hormona atraviesa la membrana celular e ingresa al citoplasma, donde se une a un receptor formando el complejo hormona-receptor; este complejo puede disociarse o ingresar al núcleo, donde influye en la síntesis de ARNm, desencadenando una respuesta fisiológica como resultado del proceso de transducción (López, 2021).

La hormona se une a un receptor ubicado en la membrana, lo que genera un cambio conformacional en el complejo hormona-receptor; esta interacción desencadena reacciones citoplásmicas que pueden provocar diversos efectos, como la activación de nuevas actividades enzimáticas, la modificación de procesos metabólicos o la inducción de la síntesis de ARNm (Alcántara et al., 2019). Según Porta & Jiménez (2019) para que estos procesos ocurran, deben cumplirse tres condiciones en el sistema de respuesta: contar con una cantidad suficiente de hormona en las células adecuadas, que las células diana reconozcan y se unan estrechamente a la hormona mediante proteínas receptoras, y que la proteína receptora genere algún cambio metabólico que permita la amplificación del mensajero o de la señal hormonal; es posible que se presenten varios procesos de amplificación antes de que se manifieste la respuesta hormonal.

La acción de una fitohormona depende de diversos factores, entre los cuales se encuentran la concentración de la hormona, la sensibilidad celular, el número de receptores disponibles, la afinidad de los receptores, la capacidad de respuesta del sistema, el fenotipo, el tejido u órgano involucrado, la edad y la fase de desarrollo del organismo, así como la presencia o ausencia de otras hormonas (Kiolinko, 2023).

2.2.3. Efectos de los bioestimulantes en cultivos hortícolas

Los efectos de los bioestimulantes sobre el crecimiento vegetativo han sido ampliamente documentados en diversas especies hortícolas. La aplicación foliar de bioestimulantes a base de algas marinas incrementa significativamente el área foliar y la tasa de crecimiento en cultivos de brasicáceas, con aumentos de hasta un 25% en la biomasa total (Espinosa et al., 2020). Los bioestimulantes, específicamente los ácidos húmicos, han demostrado mejorar significativamente el desarrollo radicular en hortalizas, generando un aumento del 30% en la masa de raíces y optimizando su arquitectura; esto resulta debido a una mayor capacidad de absorción de nutrientes y agua, beneficiando directamente la productividad de los cultivos (Rodríguez et al., 2023).

Los bioestimulantes influyen en una mayor tolerancia a la sequía y a la salinidad en plantas tratadas; estos efectos se atribuyen a la acumulación de osmolitos compatibles y a la mejora en la eficiencia del uso del agua. Además, estos compuestos permiten a las plantas mantener su crecimiento y desarrollo incluso en condiciones adversas, mejorando su resistencia al estrés hídrico y salino (Batista, 2018).

2.2.4. Momentos de aplicación de bioestimulantes

La determinación del momento óptimo de aplicación de bioestimulantes representa un factor crucial para maximizar su eficacia; las aplicaciones durante las etapas fenológicas críticas del cultivo, particularmente durante el establecimiento post trasplante y la formación de cabeza en repollo, resultaron en mayores rendimientos comparados con aplicaciones en otros estadios de desarrollo (Navarro, 2024). Según Ardisana et al. (2020) la frecuencia óptima de aplicación de bioestimulantes en cultivos hortícolas debe ser fraccionada en intervalos de 15-20 días durante el ciclo vegetativo; estas aplicaciones proporcionaron mejores resultados que una única aplicación con la misma dosis total.

Los factores ambientales que influyen en la efectividad de las aplicaciones de bioestimulantes son la temperatura, la humedad relativa y la intensidad lumínica. Estos factores afectan significativamente la absorción y translocación de los compuestos bioactivos, por lo que se recomienda realizar las aplicaciones durante las primeras horas de la mañana o al atardecer para optimizar su eficacia (Córdova et al., 2020).

2.2.5. Dosis de aplicación

La identificación de las dosis adecuadas de bioestimulantes ha sido el enfoque de detallados estudios debido a que las respuestas a diversas dosis suelen seguir una curva de respuesta cuadrática, presentando un punto óptimo específico para cada combinación de bioestimulante y tipo de cultivo; exceder estas dosis podría resultar en un gasto innecesario o causar efectos negativos en el crecimiento del cultivo (Rodríguez et al., 2023).

La optimización de los bioestimulantes depende de una combinación de factores que incluyen la dosis aplicada, las características del cultivo, las condiciones ambientales, el estado fenológico, las condiciones edáficas y el nivel de estrés ambiental (López, 2023). Según Rodríguez et al. 2024 la relación costo-beneficio en la aplicación de bioestimulantes ha permitido establecer rangos económicamente óptimos para diversos cultivos hortícolas. Las dosis entre 2-4 L/ha para bioestimulantes líquidos y 1-2 kg/ha para formulaciones sólidas suelen proporcionar los mejores retornos económicos en la mayoría de los cultivos evaluados.

2.2.6. Triofol mix

TRIOFOL Mix es un complejo bioestimulante orgánico que integra auxinas, giberelinas, citoquininas y micronutrientes quelatados. Estos componentes actúan

conjuntamente en los procesos metabólicos de las plantas, potenciando las cosechas. Cuando se aplica TRIOFOL Mix al follaje, se incrementa la actividad auxínica y citocínica, respetando los procesos naturales del metabolismo vegetal. Asimismo, regula los procesos hídricos de las plantas, favorece el crecimiento de las raíces y promueve un equilibrio hormonal. Los beneficios de este bioestimulante abarcan desde una germinación uniforme y vigorosa de las semillas, hasta una mejor diferenciación de primordios reproductivos, una polinización más eficiente, mayor cuajado, tamaño y calidad de los frutos, resistencia al estrés y un mayor rendimiento y rentabilidad de los cultivos (AGROMUNDO, 2022).

Tabla 2

Composición química de TRIOFOL Mix.

Composición	Cantidad
Auxinas	0.04 %
Extractos de algas marinas	7 %
Extractos de origen	820 g/L
Citoquininas	0.04 %
Ácidos carboxílicos	7 %
Aminoácidos libres	3 %
Giberelinas	0.04 %

Fuente: AGROMUNDO (2022).

2.3. Definición de términos

- **Aplicación foliar**

Método de administración del bioestimulante directamente sobre las hojas del cultivo, permitiendo una rápida absorción de nutrientes y compuestos activos para mejorar su desarrollo (Martínez, 2018).

- **Bioestimulante orgánico**

Sustancia de origen natural que promueve el crecimiento y desarrollo de las plantas, mejorando su resistencia al estrés abiótico y optimizando la utilización de nutrientes (TecnoAgro, 2021).

- **Dosis**

Cantidad específica de un producto (bioestimulante, fertilizante, etc.) que se aplica por unidad de área o volumen, en este caso sobre el cultivo de repollo, para evaluar su efecto en diferentes niveles (Pérez et al., 2020).

- **Fitohormonas**

Las fitohormonas, u hormonas vegetales, son moléculas de señalización producidas por células vegetales y actúan sobre otras células como mensajeras químicas; las hormonas vegetales son capaces de regular de manera predominante los fenómenos fisiológicos de las plantas en concentraciones extremadamente bajas en diferentes tejidos (Burguer y Chori, 2019).

- **Momento de aplicación**

Periodo o etapa específica del desarrollo del cultivo en el que se administra el bioestimulante para maximizar su efectividad (Quintero, 2023).

- **Rendimiento del cultivo**

Producción total obtenida por unidad de área, expresada generalmente en toneladas por hectárea, y que depende de factores como manejo agronómico, fertilización y condiciones ambientales (Montero y Rodríguez, 2023).

- **Repollo (*Brassica oleracea* L.)**

Hortaliza perteneciente a la familia Brassicaceae, cultivada por su valor nutricional y económico; es sensible a factores como fertilización y manejo agronómico (Escobar, 2020).

CAPITULO III

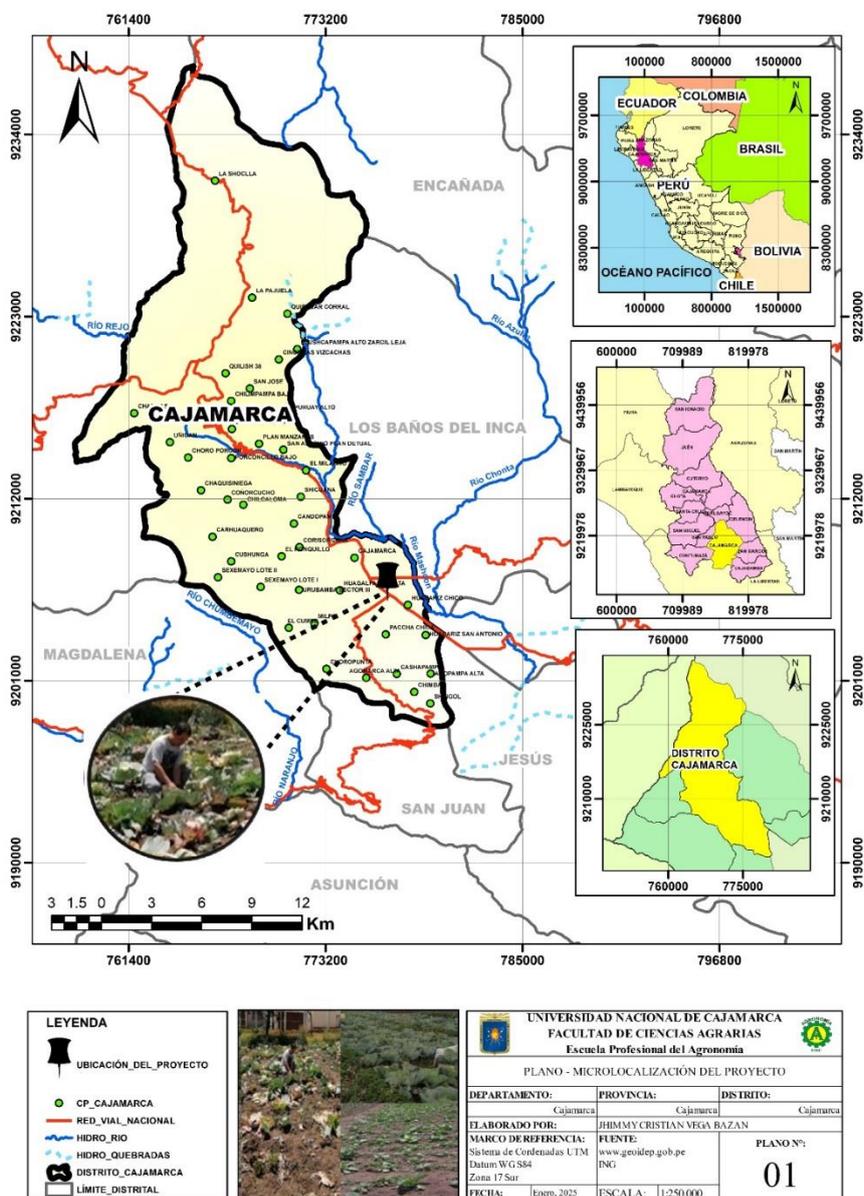
MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación

La investigación se desarrolló en el campo experimental Servicio Silvo Agropecuario (SESA) de la ciudad universitaria; a 2673 metros sobre el nivel del mar; con coordenadas UTM 776895E y 9206954N; en el distrito, provincia y región de Cajamarca.

Figura 1

Mapa de ubicación del experimento



3.2. Materiales

3.2.1. *Material biológico*

- Semilla de repollo (*Brassica oleracea* L.) Var. Charleston Wakefield

3.2.2. *Equipo*

- Arado de disco
- Computadora
- Mochila 20 L de capacidad
- Rastra

3.2.3. *Herramientas*

- Lampa
- Palana
- Pico
- Rastrillo
- Trinche

3.2.4. *Material de gabinete y escritorio*

- Libreta de campo
- Lápiz
- Regla graduada
- Lapiceros
- Resaltador

3.2.5. *Otros materiales*

- Wincha
- Cordel
- Canastas
- Hoz
- Rafia
- Estacas

3.3. Metodología

3.3.1. Variables

Tabla 3

Variables de estudio.

Tipo de variable	Nombre	Indicador	Índice
Independiente	Bioestimulante		20
		Dosis de aplicación (ml)	25
			30
			30
		Frecuencia (días)	50
Dependiente	Cultivo de repollo		70
		Rendimiento	Kg
		Peso de cabeza	Kg
		Diámetro de cabeza	Cm
		Altura de cabeza	Cm
		Longitud de raíz	Cm
		Peso de raíz	Kg

3.3.2. Diseño experimental, arreglos de los tratamientos

El presente estudio empleó un diseño experimental de bloques completamente al azar (DBCA) con un arreglo factorial de 3D x 3M. En este diseño, el factor D correspondió a las dosis de TRIOFOL MIX, mientras que el factor M representó los momentos de aplicación. Para la comparación de las medias entre los niveles de los factores D, M y sus interacciones (DM), se utilizó la prueba de significación de medias de Tukey, con un nivel de significancia establecido en $\alpha=0.05$. La fórmula del diseño estadístico es la siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + B_k + A_i + Y_j + AY_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

Donde:

Y_{ij} = Observación de la variable respuesta obtenida del tratamiento con el i -ésimo nivel de A, el j -ésimo nivel de B y la repetición k -ésima

μ = Media general

BK = Efecto del k -ésimo del bloque

A_i = Efecto del i -ésimo nivel del factor A

Y_j = Efecto del J -ésimo nivel del factor B

A_{Yij} = Efecto de la interacción del i -ésimo nivel del factor A y el j -ésimo nivel del factor B en su bloque k

E_{ijk} = Error

Tabla 4

Factores de variación y sus niveles.

Fator D	Factor M
Dosis TRIOFOL MIX	Mementos de aplicación
D1 = 25 ml	M1 = 30 días
D2 = 30 ml	M2 = 50 días
D3 = 35 ml	M3 = 70 días

Tabla 5

Tratamientos en estudio.

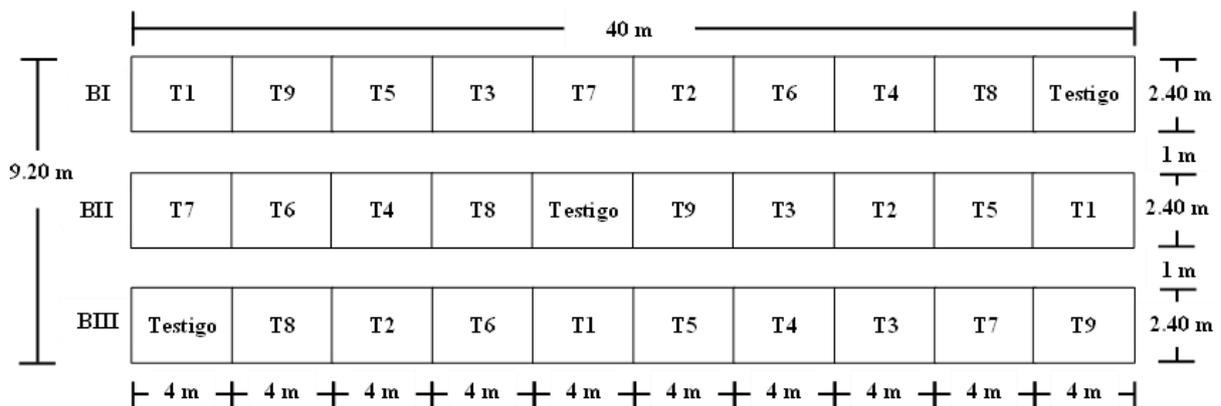
Tratamiento	Dosis	Momentos	Codificación	Descripción
T1	D1		M1D1	20 ml / mochila a los 30 días
T2	D2	M1	M1D2	25 ml / mochila a los 30 días
T3	D3		M1D3	30 ml / mochila a los 30 días
T4	D1		M2D1	20 ml / mochila a los 50 días
T5	D2	M2	M2D2	25 ml / mochila a los 50 días
T6	D3		M2D3	30 ml / mochila a los 50 días
T7	D1		M3D1	20 ml / mochila a los 70 días
T8	D2	M3	M3D2	25 ml / mochila a los 70 días
T9	D3		M3D3	30 ml / mochila a los 70 días
Testigo				Sin aplicación

Los tratamientos, que consistieron en las combinaciones de dosis y momentos de aplicación del producto, fueron asignados de manera completamente aleatoria a las unidades experimentales (parcelas) dentro de los diferentes bloques, siguiendo estrictamente el diseño experimental de bloques completamente al azar (DBCA) con arreglo factorial considerado para este estudio.

El área total del experimento será de 368 m², distribuidos en tres bloques de 96 m² cada uno; cada bloque contendrá 4 unidades experimentales, con cada unidad ocupando una parcela de 9.60 m²; para mejorar el acceso y completar el diseño, se incluirán dos calles de 40 m² cada una; los surcos de cada tratamiento estarán espaciados 0.8 metros entre sí y 0.60 metros entre plantas, facilitando así la ejecución del experimento y la gestión de las parcelas tratadas.

Figura 2

Distribución de tratamientos en estudio.



3.3.3. Procedimientos

El desarrollo de la fase experimental de la investigación inició el 1 de abril de 2019 y se extendió por un periodo de 145 días, finalizando el 24 de agosto del mismo año.

c. Análisis de suelo

Se tomó una muestra de 1 kg de peso utilizando el método de muestreo en zigzag para garantizar una representación de toda el área; para ello, se empleó una pala y se excavaron hoyos a una profundidad de 70 cm para cada muestra recogida; posteriormente, las muestras fueron trasladadas al laboratorio de suelos, situado en Baños del Inca, Tecnología y Desarrollo Agrícola JDSRL (para los resultados ver anexo 2).

d. Siembra

La siembra se llevó a cabo de manera directa, colocando tres semillas por hoyo, con una separación de 60 cm entre los golpes y 80 cm entre los surcos. Este método permitió asegurar una adecuada distribución de las plantas en el terreno, optimizando el espacio

disponible para su crecimiento. Además, se buscó garantizar una buena aireación y acceso uniforme a los nutrientes del suelo.

e. Riego

El riego se realizó únicamente cuando fue necesario, debido a la temporada de lluvias que cubría la mayor parte de las necesidades hídricas; solo en periodos de escasez de lluvias se aplicó riego adicional para mantener la humedad adecuada en el suelo y asegurar que las plantas reciban la cantidad de agua adecuada para su desarrollo.

f. Control de plagas y enfermedades

El manejo fitosanitario se enfocó en reducir la dependencia de productos químicos sintéticos, implementando un sistema de monitoreo constante que permitió aplicar tratamientos específicos únicamente cuando se detectaba la presencia real de insectos plaga o signos de enfermedades en los cultivos, esta estrategia contribuyó a mantener el equilibrio natural de los ecosistemas agrícolas y reducir los costos asociados al control de plagas y enfermedades.

g. Aplicación del bioestimulante a los tratamientos

Los tratamientos fueron aplicados en los momentos oportunos, teniendo en cuenta los estados fisiológicos del cultivo; este enfoque asegura que el cultivo reciba los tratamientos en el punto óptimo para maximizar su efectividad.

- Primera aplicación, después de 30 días de la siembra
- Segunda aplicación, a los 50 días después de la siembra
- Tercera aplicación a los 70 días después de la siembra

h. Cosecha

La cosecha se llevó a cabo 145 días después de la siembra, basándose en una evaluación visual del tamaño y el color del repollo correspondiente a cada tratamiento y bloque experimental. Este proceso permitió identificar el momento óptimo de madurez de acuerdo con las características fenotípicas observadas. Además, se tomó en cuenta la uniformidad del desarrollo en cada bloque para garantizar la representatividad de los resultados.

3.3.4. Evaluaciones

a. Rendimiento en toneladas por hectárea (t ha⁻¹)

Para evaluar el rendimiento de repollo en t ha⁻¹, se calculó el número de plantas por hectárea, el cual estuvo en función del distanciamiento entre surcos (0.80 m) y entre golpes (0.60 m). Para ello, se utilizó la siguiente fórmula:

$$DP = \frac{(\text{Area Total})}{(ds*dp)}$$

Donde:

DP: Densidad de plantas

ds: Distancia entre surcos

dp: Distancia entre plantas

Para la presente investigación se obtuvo una densidad de 20 833 plantas.

Después de determinar la densidad de siembra, se multiplicó el peso promedio de las cabezas de repollo de cada tratamiento y bloque por el número de plantas por hectárea; los resultados se expresaron en t ha⁻¹.

b. Peso de cabeza

Para evaluar el peso promedio de las cabezas de repollo en cada tratamiento, se selecciona de manera aleatoria 10 cabezas de repollo de cada parcela experimental; estas muestras fueron cuidadosamente pesadas utilizando una balanza de precisión, registrando los valores en kilogramos (kg).

c. Diámetro de cabeza

Se seleccionaron al azar 10 cabezas de repollo de cada tratamiento; para la medición del diámetro, cada repollo se colocó sobre una superficie plana y estable, asegurando que la base (tallo) quedará orientada hacia abajo; posteriormente, se utilizó una cinta flexible que se desplazó por el centro del repollo, siguiendo su diámetro ecuatorial; la cinta se ajustó cuidadosamente para que permaneciera recta sobre la superficie curva del repollo, se registró la medida con los dedos y luego se verificó utilizando una cinta métrica, obteniendo finalmente el valor del diámetro.

d. Altura de cabeza

De cada tratamiento, se seleccionaron aleatoriamente 10 cabezas de repollo; cada repollo fue colocado con la base del tallo hacia abajo y la parte superior orientada hacia arriba, para medir su altura, se utilizó una cinta métrica, posicionándola desde la base hasta el punto

más alto de la cabeza del repollo; en este punto superior, se colocó una regla de manera horizontal y nivelada, para registrar la medida de la altura en centímetros.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Análisis del rendimiento de repollo

La tabla 6 muestra los resultados del análisis de varianza (ANOVA) realizado para el rendimiento del cultivo de repollo, indicando que los bloques no evidencian un efecto significativo ($p = 0.760$), lo que indica que no se observaron diferencias estadísticas entre ellos en cuanto al rendimiento del repollo. En cuanto a los tratamientos, estos presentan un efecto significativo ($p < 0.0001$), lo que confirma que el testigo difiere de al menos de tratamientos conformados por el Triofol Mix (TM) y los diferentes momentos de aplicación con respecto al rendimiento del cultivo de repollo.

De manera independiente, los efectos principales revelan que el factor Triofol Mix (TM) tiene un efecto altamente significativo ($p = 0.000$), lo que evidencia que las distintas dosis del bioestimulante influyen de manera notable en el peso total de los repollos por parcela. Por su parte, el factor Aplicación (A) también muestra significancia estadística ($p = 0.000$), lo que implica que el momento en que se administra el producto afecta el rendimiento del cultivo. Por último, la interacción entre las dosis de Triofol Mix (TM) y los diferentes momentos de aplicación (A) presenta un efecto significativo ($p = 0.001$). Este resultado indica que el efecto del bioestimulante depende del momento de aplicación, destacando que la combinación específica de dosis y momento es determinante para maximizar el rendimiento del cultivo de repollo.

El coeficiente de variación obtenido es de 12.76 % que indica una moderada variabilidad en los resultados del rendimiento dentro de cada tratamiento evaluado, además de indicar la confiabilidad en los resultados obtenidos para el rendimiento de repollo.

Tabla 6*Análisis de varianza para el Rendimiento de repollo.*

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F Calculado	p-valor
Bloques	13.74	2.00	6.87	0.28	0.760
Tratamientos	2300.83	9.00	255.65	10.46	0.000
Triofol Mix (TM)	740.66	2.00	370.33	15.15	0.000
Aplicación (A)	490.69	2.00	245.34	10.04	0.000
TM*A	496.02	4.00	124.00	5.07	0.001
Error	440.01	18.00	24.44		
Total	4481.95	29.00			

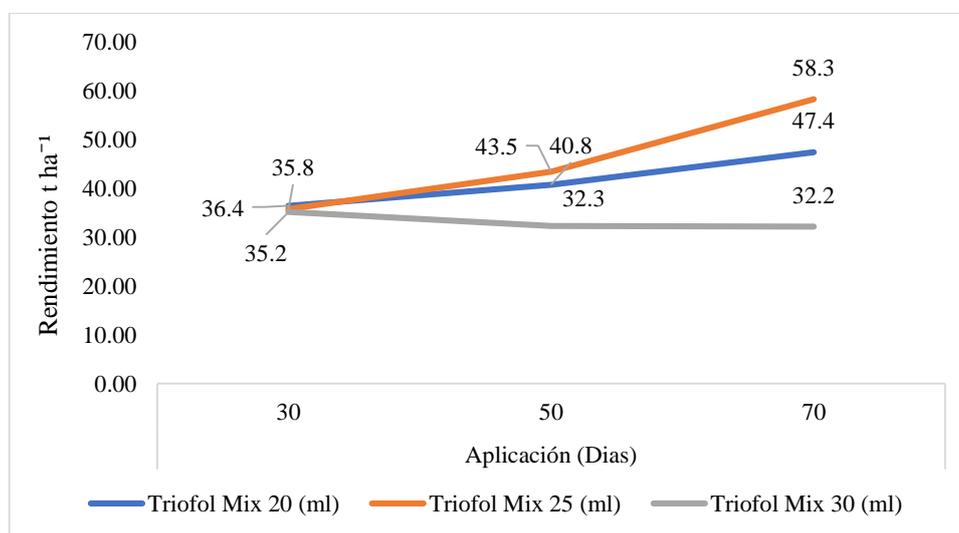
CV = 12.76 %

La tabla 7 muestra los resultados obtenidos de la prueba de Tukey muestran que el rendimiento promedio del tratamiento testigo fue de 25.6 t ha⁻¹, significativamente inferior al rendimiento máximo alcanzado (58.3 t ha⁻¹) con la aplicación de 25 ml de Triofol Mix a los 70 días. Esto evidencia el impacto positivo sustancial del bioestimulante en dosis y momentos óptimos. El tratamiento con 20 ml aplicado a los 70 días alcanzó 47.4 t ha⁻¹, superando al testigo, pero sin diferencias significativas respecto al rendimiento máximo. Por su parte, tratamientos intermedios como 25 ml aplicado a los 50 días (43.5 t ha⁻¹) y 20 ml a los 50 días (40.8 t ha⁻¹) también mostraron mejoras en comparación con el testigo, pero con menores rendimientos que las aplicaciones tardías.

Los tratamientos con dosis más altas (30 ml a los 50 y 70 días) tuvieron rendimientos similares (32.3 t ha⁻¹ y 32.2 t ha⁻¹, respectivamente), superando al testigo, pero con efectos menos pronunciados. Esto sugiere que dosis elevadas podrían causar una saturación, reduciendo la eficiencia del bioestimulante.

Tabla 7*Prueba de Tukey para el Rendimiento de repollo.*

Triofol Mix	Aplicación	Rendimiento (t ha ⁻¹)	Agrupación
25	70	58.3	A
20	70	47.4	AB
25	50	43.5	BC
20	50	40.8	BC
20	30	36.4	BCD
25	30	35.8	BCD
30	30	35.2	BCD
30	50	32.3	CD
30	70	32.2	CD
Testigo		25.6	D

Figura 3*Efecto de la interacción del Triofol Mix y Aplicación en el Rendimiento (t ha⁻¹) del cultivo de repollo.*

La figura 3 muestra el comportamiento del rendimiento del cultivo de repollo en función de los niveles del bioestimulante Triofol Mix y los momentos de aplicación, muestra una tendencia general ascendente en el rendimiento a medida que aumenta el momento de aplicación del bioestimulante. Esta tendencia es más evidente para las dosis de 20 ml y 25 ml

de Triofol Mix. Para la dosis de 20 ml, el rendimiento incrementa progresivamente desde 36.4 t ha⁻¹ hasta 47.4 t ha⁻¹ conforme la aplicación se realiza más tarde, lo cual indica que un momento de aplicación más tardío permite al cultivo aprovechar mejor los efectos del bioestimulante.

La dosis de 25 ml muestra un comportamiento similar, con un aumento notable del rendimiento, desde 35.7 t ha⁻¹ hasta alcanzar el valor más alto registrado de 58.3 t ha⁻¹ cuando el bioestimulante es aplicado a los 70 días. Esto indica que la combinación de una dosis intermedia de bioestimulante con un momento de aplicación tardío maximiza el rendimiento del cultivo de repollo, lo que indica un efecto beneficioso entre estos dos factores en esta combinación específica.

Sin embargo, para la dosis más alta de 30 ml, el comportamiento es distinto. Los rendimientos son relativamente bajos y presentan una ligera tendencia descendente conforme aumenta el tiempo de aplicación, pasando de 35.2 t ha⁻¹ a 32.2 t ha⁻¹. Esto indica que una dosis elevada aplicada en momentos tardíos no produce un efecto positivo en el rendimiento, debido a una reducción en la eficiencia de absorción por parte del cultivo. Este comportamiento representa un efecto negativo en los tratamientos con la dosis más alta, particularmente cuando se combina con aplicaciones tardías

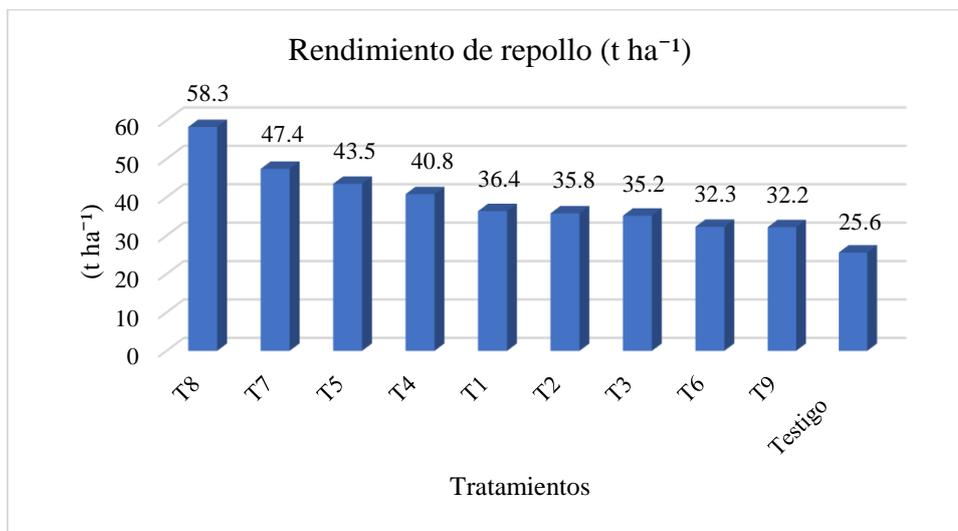
La interacción entre los factores es clara al comparar los tratamientos con 25 ml y 30 ml. Mientras que la dosis de 25 ml aplicada a los 70 días genera el mejor rendimiento, la dosis de 30 ml aplicada en el mismo momento produce uno de los valores más bajos. Esto evidencia que no todas las combinaciones de dosis y momentos de aplicación tienen el mismo efecto sobre el rendimiento del cultivo, y que es necesario ajustar ambos factores para maximizar los resultados.

La Figura 4 presenta el rendimiento del cultivo de repollo, expresado en toneladas por hectárea (t ha⁻¹), en función de los diferentes tratamientos evaluados con Triofol Mix, identificados como T1 a T9. Los resultados evidencian cómo las distintas dosis y momentos de aplicación influyen significativamente en el rendimiento del cultivo. El tratamiento T1 (20 ml aplicados en el momento temprano) alcanzó un rendimiento de 36.4 t ha⁻¹, mientras que T2 (20 ml en el momento intermedio) obtuvo 41.8 t ha⁻¹, y T3 (20 ml en el momento tardío) logró el mayor rendimiento dentro de esta dosis, con 47.4 t ha⁻¹. En cuanto a la dosis de 25 ml, el

tratamiento T4 (aplicación temprana) registró 35.7 t ha⁻¹, T5 (intermedia) obtuvo 47.2 t ha⁻¹, y T6 (tardía) alcanzó el rendimiento más alto de todos los tratamientos, con 58.3 t ha⁻¹. Finalmente, con la dosis de 30 ml, los tratamientos T7, T8 y T9 (aplicados en los momentos temprano, intermedio y tardío, respectivamente) mostraron rendimientos decrecientes de 35.2, 33.7 y 32.2 t ha⁻¹, siendo este último el valor mínimo observado.

Figura 4

Rendimiento de repollo en toneladas por hectárea (t ha⁻¹)



La Figura 4 presenta el rendimiento del cultivo de repollo, expresado en toneladas por hectárea (t ha⁻¹), en función de los diferentes tratamientos evaluados con Triofol Mix, identificados como T1 a T9. Los resultados evidencian cómo las distintas dosis y momentos de aplicación influyen significativamente en el rendimiento del cultivo. El tratamiento T1 (20 ml aplicados en el momento temprano) alcanzó un rendimiento de 36.4 t ha⁻¹, mientras que T2 (20 ml en el momento intermedio) obtuvo 41.8 t ha⁻¹, y T3 (20 ml en el momento tardío) logró el mayor rendimiento dentro de esta dosis, con 47.4 t ha⁻¹. En cuanto a la dosis de 25 ml, el tratamiento T4 (aplicación temprana) registró 35.7 t ha⁻¹, T5 (intermedia) obtuvo 47.2 t ha⁻¹, y T6 (tardía) alcanzó el rendimiento más alto de todos los tratamientos, con 58.3 t ha⁻¹. Finalmente, con la dosis de 30 ml, los tratamientos T7, T8 y T9 (aplicados en los momentos temprano, intermedio y tardío, respectivamente) mostraron rendimientos decrecientes de 35.2, 33.7 y 32.2 t ha⁻¹, siendo este último el valor mínimo observado.

Los resultados obtenidos son similares con los del estudio de Sinche (2024), donde el uso de extracto de algas marinas alcanzó un rendimiento máximo de 75.4 t/ha⁻¹ con un

tratamiento óptimo. Ambos estudios destacan la efectividad de productos bioestimulantes en incrementar la productividad del cultivo.

El rendimiento es una variable esencial en los sistemas agrícolas, ya que integra factores genéticos, edáficos, climáticos y de manejo. Según Moreno (2023), el repollo presenta un alto potencial productivo, el cual depende de su plasticidad fenotípica y las condiciones óptimas de cultivo. En este estudio, se evidenció que las aplicaciones de Triofol Mix mejoraron significativamente el rendimiento, alcanzando un máximo de 58.3 t/ha^{-1} con 25 ml aplicados a los 70 días. La mejora en el rendimiento puede explicarse por el efecto sinérgico de los componentes de Triofol Mix, como las auxinas, citoquininas y giberelinas, las cuales promueven la división celular, el alargamiento de tejidos y el equilibrio hormonal, tal como señalan Agromundo (2022) y Rodríguez et al. (2023). Estos resultados también coinciden con lo descrito por TecnoAgro (2021), quien destacó que los bioestimulantes aumentan la eficiencia en la absorción de nutrientes y la tolerancia al estrés.

4.2. Análisis para el peso de cabeza de repollo

La tabla muestra 8 los resultados del análisis de varianza (ANOVA) realizado para el peso de cabeza del repollo, indica que los bloques no presentan un efecto significativo ($p = 0.758$), es decir, que no se observaron diferencias respecto al peso de cabeza debido a la diferencia entre los bloques. En cuanto a los tratamientos, estos tienen un efecto altamente significativo ($p = 0.00$), evidenciando que el testigo se diferencia al menos de uno de los tratamientos producto de las distintas combinaciones de dosis de Triofol Mix (TM) y momentos de aplicación respecto al peso de las cabezas de repollo. De manera independiente, los efectos principales indican que el factor Triofol Mix (TM) tiene un impacto significativo ($p = 0.00$), lo que demuestra que las distintas dosis aplicadas afectan de forma directa al peso de las cabezas. Asimismo, el factor Aplicación (A) presenta un efecto significativo ($p = 0.001$), indicando que los momentos de aplicación también influyen de manera considerable en esta variable.

Por último, la interacción entre la dosis de Triofol Mix (TM) y los diferentes momentos de aplicación (A) el análisis de varianza indico significación ($p = 0.006$), indicando que el efecto del bioestimulante sobre el peso de las cabezas depende del momento en que se aplica, destacando que las combinaciones específicas de dosis y momento generan diferencias significativas en el peso de las cabezas de repollo.

El coeficiente de variación obtenido es de 12.76 % que indica una moderada variabilidad en los resultados del peso de cabeza dentro de cada tratamiento evaluado, además de indicar la confiabilidad en los resultados obtenidos para el peso de cabeza de repollo.

Tabla 8

Análisis de varianza para el peso de cabeza de repollo.

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F Calculado	p-valor
Bloques	0.032	2	0.016	0.281	0.758
Tratamientos	5.301	9	0.589	10.458	0.000
Triofol Mix (TM)	1.697	2	0.849	15.075	0.000
Aplicación (A)	1.134	2	0.567	10.073	0.001
TM*A	1.143	4	0.286	5.076	0.006
Error	1.014	18	0.056		
Total	10.321	29			

CV = 12.76 %

La prueba de Tukey para el peso de cabeza del repollo muestra que el tratamiento con 25 ml de Triofol Mix aplicado a los 70 días obtuvo el mayor peso promedio de cabeza (2.8 kg), siendo significativamente superior a todos los demás tratamientos. En contraste, el testigo, que no recibió bioestimulante, tuvo el menor peso promedio de cabeza (1.2 kg). La diferencia de más de 1.5 kg resalta la importancia del bioestimulante en combinación con dosis y momentos de aplicación óptimos.

El tratamiento con 20 ml aplicado a los 70 días (2.3 kg) también supera significativamente al testigo, aunque no se diferencia estadísticamente del tratamiento más alto, indicando que aplicaciones tardías, incluso con dosis menores, son efectivas. Por su parte, tratamientos intermedios como 25 ml a los 50 días (2.1 kg) y 20 ml a los 50 días (2.0 kg) mejoran significativamente el peso en comparación con el testigo, pero no alcanzan los resultados obtenidos con aplicaciones tardías. Los tratamientos con dosis altas de 30 ml, independientemente del momento de aplicación, presentaron pesos más bajos (1.7 – 1.5 kg). Aunque superan al testigo, son menos efectivos que las dosis intermedias aplicadas en momentos óptimos.

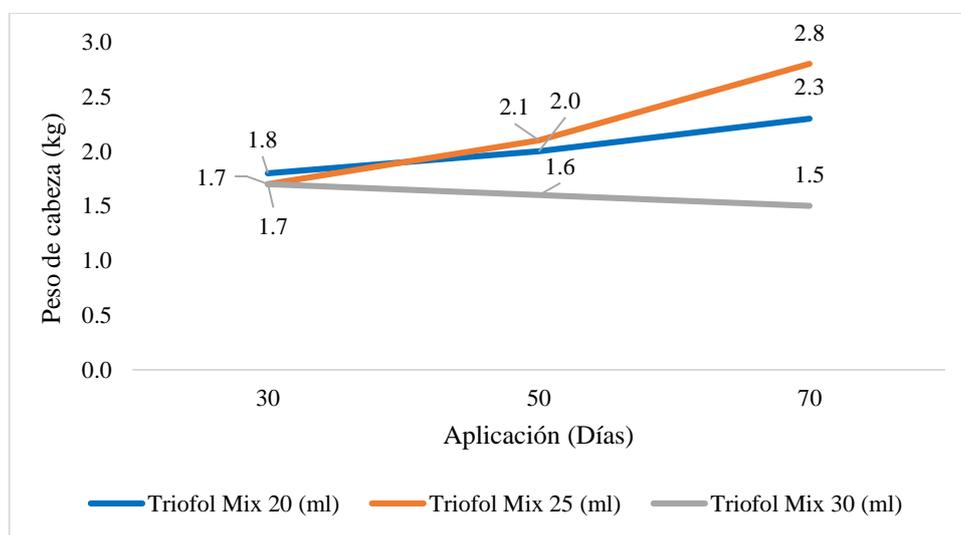
Tabla 9

Prueba de Tukey para el peso de cabeza.

Triofol Mix	Aplicación	Peso de cabeza (kg)	Agrupación
25	70	2.8	A
20	70	2.3	AB
25	50	2.1	BC
20	50	2.0	BC
20	30	1.8	BCD
25	30	1.7	BCD
30	30	1.7	BCD
30	50	1.6	CD
30	70	1.5	CD
Testigo		1.2	D

Figura 5

Efecto de la interacción del Triofol Mix y Aplicación en el peso de cabeza (kg) del cultivo de repollo.



La figura 4 muestra el comportamiento del peso de la cabeza del repollo (en kg) en función de las dosis del bioestimulante Triofol Mix y los momentos de aplicación, cuyos resultados muestran que, a dosis de 20 ml, se observa una tendencia ascendente clara en el peso de la cabeza a medida que se retrasa el momento de aplicación del bioestimulante. Los valores

aumentan de 1.8 kg a los 30 días, a 2.0 kg a los 50 días, alcanzando 2.3 kg a los 70 días. Este patrón indica que un momento de aplicación más tardío favorece el desarrollo de la cabeza del repollo cuando se utiliza esta dosis baja.

La dosis de 25 ml muestra un comportamiento similar, pero con un incremento más pronunciado, pasando de 1.7 kg a los 30 días, a 2.1 kg a los 50 días, y alcanzando el valor máximo de 2.8 kg a los 70 días. Esta combinación de una dosis intermedia con un momento de aplicación tardío genera el mayor peso de cabeza registrado en todo el experimento, lo que evidencia un efecto sinérgico entre estos dos factores. Esto indica que la dosis de 25 ml es la más adecuada para maximizar el peso de la cabeza cuando se aplica en un momento tardío, optimizando el aporte del bioestimulante a las demandas del cultivo.

La dosis más alta de 30 ml presenta un comportamiento opuesto. Se observa una tendencia descendente en el peso de la cabeza conforme se retrasa el momento de aplicación, con valores de 1.7 kg a los 30 días, disminuyendo a 1.6 kg a los 50 días y 1.5 kg a los 70 días. Este patrón indica un posible efecto negativo de una dosis elevada aplicada en momentos tardíos, que está relacionado con una sobreestimulación, afectando negativamente su desarrollo.

La interacción entre los factores es evidente al comparar los pesos obtenidos para diferentes dosis en cada momento de aplicación. Mientras que las dosis de 20 ml y 25 ml muestran un incremento en el peso de la cabeza con aplicaciones más tardías, la dosis de 30 ml no sigue esta tendencia, indicando que no todas las combinaciones son igualmente efectivas. Este comportamiento resalta la importancia de optimizar la dosis y el momento de aplicación del bioestimulante para maximizar los beneficios.

Los resultados obtenidos son semejantes con el trabajo de García (2018), donde la combinación de biopreparados alcanzó un peso promedio de 2.5 kg por cabeza. Además, en el estudio de Asmal y Jachero (2024), se obtuvo un peso de 3.9 kg con un tratamiento óptimo. Estas coincidencias confirman que la correcta combinación de dosis y momento de aplicación maximiza el peso de las cabezas.

El peso de la cabeza es un indicador clave de la calidad comercial del repollo. Según Jurado (2023), el peso depende de la acumulación de nutrientes en las hojas hipertrofiadas, lo

que a su vez está influido por el manejo nutricional y la disponibilidad hídrica. En este estudio, el tratamiento con 25 ml de Triofol Mix aplicado a los 70 días alcanzó un peso promedio de 2.8 kg por cabeza, superando al testigo (1.2 kg). Este incremento puede atribuirse a la acción de las citoquininas presentes en Triofol Mix, que estimulan el crecimiento celular y la translocación de nutrientes hacia los órganos de almacenamiento (Palma, 2020). Además, los extractos de algas marinas, ricos en compuestos bioactivos, mejoran la fotosíntesis y la acumulación de biomasa, como lo indican Espinosa et al. (2020).

4.3. Análisis para el diámetro de cabeza de repollo (cm)

La tabla 10 muestra los resultados del análisis de varianza (ANOVA) realizado para el diámetro de cabeza del repollo, indicando que los bloques no presentan un efecto significativo ($p = 0.570$), lo que indica que no se observaron diferencias relevantes en el diámetro de las cabezas de repollo debido a la diferencia entre los bloques. En cuanto a los tratamientos, estos tienen un efecto altamente significativo ($p = 0.000$), indicando que el testigo se diferencia de al menos unos de los tratamientos producto de las combinaciones de dosis de Triofol Mix (TM) y momentos de aplicación respecto a su efecto en el diámetro de las cabezas de repollo.

Respecto a los efectos principales, se observa que el factor Triofol Mix (TM) tiene un impacto altamente significativo ($p = 0.000$), lo que demuestra que las distintas dosis aplicadas afectan de manera clara el diámetro de las cabezas. En cambio, el factor Aplicación (A) no alcanza un nivel de significancia estadística ($p = 0.061$), lo que indica que, de forma independiente, el momento de aplicación no genera diferencias importantes en esta variable. Por último, la interacción entre la dosis de Triofol Mix (TM) y los momentos de aplicación (A) presenta un efecto significativo ($p = 0.010$). Este hallazgo confirma que el diámetro de las cabezas depende de la combinación específica de dosis y momento de aplicación, destacando la importancia de analizar ambos factores de manera conjunta para maximizar el tamaño de las cabezas de repollo.

El coeficiente de variación obtenido es de 8.49 % que indica una moderada variabilidad en los resultados del diámetro de cabeza dentro de cada tratamiento evaluado, además de indicar la confiabilidad en los resultados obtenidos para el diámetro de cabeza de repollo.

Tabla 10*Análisis de varianza para el diámetro de cabeza.*

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F Calculado	p-valor
Bloques	3.46	2	1.73	0.58	0.570
Tratamientos	202.50	9	22.50	7.61	0.000
Triofol Mix (TM)	72.00	2	36.00	12.16	0.000
Aplicación (A)	19.48	2	9.74	3.29	0.061
TM*A	53.61	4	13.40	4.53	0.010
Error	53.22	18	2.96		
Total	404.27	29			

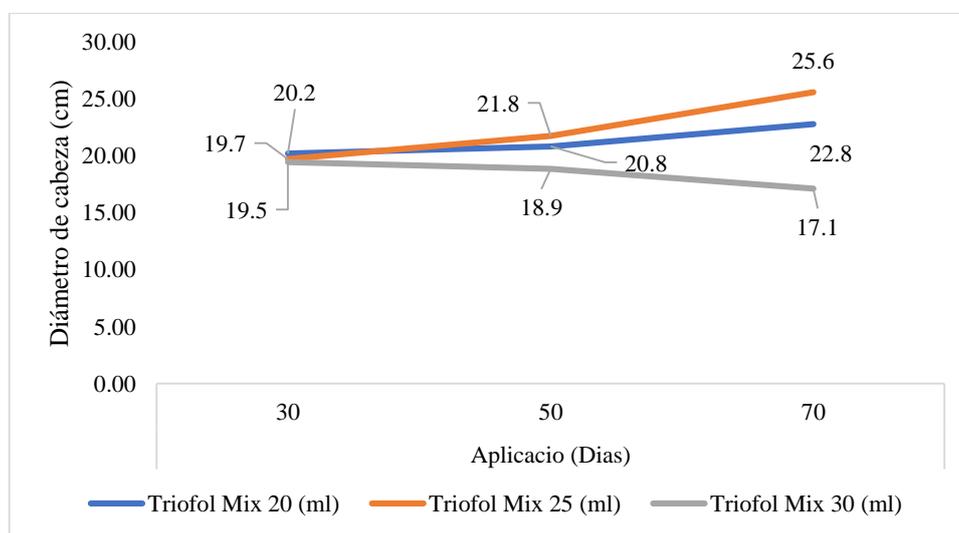
CV = 8.49 %

La prueba de Tukey para el diámetro de cabeza del repollo muestra que el tratamiento con 25 ml de Triofol Mix aplicado a los 70 días obtuvo el mayor diámetro promedio (25.6 cm), destacándose como el más efectivo y superando significativamente a todos los demás tratamientos, incluido el testigo (16.1 cm). La diferencia de más de 9 cm refleja el impacto positivo del bioestimulante cuando se combina una dosis y momento de aplicación adecuados. El tratamiento con 20 ml aplicado a los 70 días alcanzó un diámetro promedio de 22.8 cm, superando significativamente al testigo y acercándose al tratamiento más alto, aunque sin igualarlo. Esto confirma la efectividad de las aplicaciones tardías, incluso con dosis más bajas.

Tratamientos intermedios como 25 ml a los 50 días (21.8 cm) y 20 ml a los 50 días (20.8 cm) también superaron al testigo, pero lograron resultados inferiores a las aplicaciones tardías. Esto indica que aplicaciones en momentos intermedios mejoran el rendimiento, aunque no alcanzan el potencial máximo. Los tratamientos con dosis altas de 30 ml, independientemente del momento de aplicación, presentaron diámetros más bajos, si bien superaron al testigo, estos resultados fueron inferiores a los obtenidos con dosis intermedias aplicadas en momentos óptimos.

Tabla 11*Prueba de Tukey para el diámetro de cabeza (cm).*

Triofol Mix	Aplicación	Diámetro de cabeza (cm)	Agrupación
25	70	25.6	A
20	70	22.8	AB
25	50	21.8	ABC
20	50	20.8	ABCD
20	30	20.2	BCD
25	30	19.7	BCD
30	30	19.5	BCD
30	50	18.9	BCD
30	70	17.1	CD
Testigo		16.1	D

Figura 6*Efecto de la interacción del Triofol Mix y Aplicación en el diámetro de cabeza (cm) del cultivo de repollo.*

La figura 5 muestra el comportamiento del diámetro de la cabeza del repollo (cm) en función de las dosis del bioestimulante Triofol Mix y los momentos de aplicación muestran que, a dosis de 20 ml, se observa un incremento gradual en el diámetro de la cabeza a medida que se retrasa el momento de aplicación. Los valores aumentan de 20.2 cm a los 30 días, a 20.8

cm a los 50 días, alcanzando 22.8 cm a los 70 días. Este comportamiento indica que un momento de aplicación más tardío favorece el crecimiento en diámetro de la cabeza del repollo. En el caso de la dosis de 25 ml, el patrón es similar, pero con un aumento más pronunciado. El diámetro incrementa desde 19.7 cm a los 30 días, hasta 21.8 cm a los 50 días, alcanzando un valor máximo de 25.6 cm a los 70 días. Este resultado indica que la combinación de una dosis intermedia con un momento de aplicación tardío optimiza el diámetro de la cabeza del repollo.

Por otro lado, la dosis más alta de 30 ml muestra un patrón descendente conforme se retrasa el momento de aplicación. El diámetro de la cabeza disminuye de 19.5 cm a los 30 días, a 18.9 cm a los 50 días, y alcanza el valor más bajo de 17.1 cm a los 70 días. Este comportamiento indica un posible efecto negativo de una dosis elevada aplicada en momentos tardíos.

La interacción entre los factores es evidente al analizar las diferencias en el comportamiento de los tratamientos. Mientras que las dosis de 20 ml y 25 ml presentan incrementos en el diámetro con aplicaciones más tardías, la dosis de 30 ml no sigue esta tendencia, destacando que no todas las combinaciones de dosis y momentos de aplicación son igualmente efectivas. Esto subraya la importancia de ajustar ambos factores para maximizar el diámetro de la cabeza del repollo.

Estos resultados son similares a los reportaron en el estudio de Epiquien e Idrogo (2021), donde el tratamiento óptimo alcanzó un diámetro promedio de 22.3 cm, confirmando la relación directa entre los tratamientos con bioestimulantes y el tamaño de las cabezas.

El diámetro es otra característica importante, ya que está directamente relacionado con la aceptabilidad en mercados. Según Dixon (2023), el diámetro de las cabezas está influido por el balance hormonal y la disponibilidad de nutrientes durante la formación de la cabeza. Los resultados indican que la interacción entre auxinas y giberelinas en Triofol Mix favoreció la expansión celular y la estructura compacta de las hojas, como lo dice Alcántara et al. (2019).

4.4. Análisis para la altura de la cabeza del repollo

La tabla 12 muestra los resultados del análisis de varianza (ANOVA) realizado para la altura de la cabeza del repollo, indicando que los bloques no presentan un efecto significativo ($p = 0.090$), lo que indica que las diferencias observadas en la altura de las cabezas no pueden

atribuirse a las diferencias entre los bloques. En cuanto a los tratamientos, estos presentan un efecto altamente significativo ($p = 0.00$), lo que evidencia que el testigo se diferencia de al menos uno de los testigos producto de las combinaciones de dosis de Triofol Mix y momentos de aplicación respecto a la altura de las cabezas de repollo.

Respecto a los efectos principales, el factor Triofol Mix tiene un impacto altamente significativo ($p = 0.000$), lo que demuestra que las diferentes dosis aplicadas influyen de manera clara y positiva en la altura de las cabezas de repollo. En cambio, el factor Aplicación no alcanza un nivel de significancia estadística ($p = 0.490$), lo que indica que el momento de aplicación, de forma independiente, no tiene un efecto relevante en esta variable. Por último, la interacción entre la dosis de Triofol Mix y los momentos de aplicación no presenta un efecto significativo ($p = 0.120$). Este resultado indica que el efecto del bioestimulante no varía en función del momento de aplicación. Por lo tanto, las combinaciones de dosis y momentos no influyen significativamente en la altura de las cabezas de repollo, siendo las dosis de Triofol Mix el factor más relevante en las diferencias observadas.

El coeficiente de variación obtenido es de 12.06 % que indica una moderada variabilidad en los resultados para la altura de cabeza dentro de cada tratamiento evaluado, además de indicar la confiabilidad en los resultados obtenidos para la altura de cabeza de repollo.

Tabla 12

Análisis para la altura de la cabeza del repollo.

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F Calculado	p-valor
Bloques	11.19	2.00	5.59	2.70	0.09
Tratamientos	103.55	9.00	11.51	5.55	0.00
Triofol Mix (TM)	40.27	2.00	20.13	9.71	0.00
Aplicación (A)	3.07	2.00	1.53	0.74	0.49
A*TM	17.73	4.00	4.43	2.14	0.12
Error	37.31	18.00	2.07		
Total	213.12	29.00			

CV = 12.06 %

La prueba de Tukey para la altura de la cabeza del repollo muestra que el tratamiento con 25 ml de Triofol Mix aplicado a los 70 días alcanzó la mayor altura promedio (15.1 cm), siendo significativamente superior a todos los demás tratamientos, incluido el testigo (8.4 cm). La diferencia de casi 7 cm evidencia la efectividad del bioestimulante en dosis y momentos óptimos. El tratamiento con 20 ml aplicado a los 70 días (13.4 cm) y 25 ml aplicado a los 50 días (13.3 cm), también superaron significativamente al testigo.

Las aplicaciones tardías y dosis intermedias resultaron efectivas, aunque no alcanzaron la altura máxima. Tratamientos intermedios como 25 ml aplicado a los 30 días (12.6 cm) y 20 ml aplicado a los 30 días (11.6 cm), mejoraron la altura respecto al testigo, pero fueron menos efectivos que las aplicaciones tardías. Esto indica que aplicaciones tempranas, aunque beneficiosas, no maximizan el rendimiento. Los tratamientos con 30 ml de Triofol Mix aplicados a los 50 y 70 días (10.8 cm y 9.7 cm) mostraron una efectividad reducida, a pesar de superar al testigo. Esto indica que dosis altas no generan beneficios adicionales y, en algunos casos, pueden ser menos efectivas.

Tabla 13

Prueba de Tukey para la altura de la cabeza del repollo (cm).

Triofol Mix	Aplicación	Altura de cabeza (cm)	Agrupación
25	70	15.1	A
20	70	13.4	AB
25	50	13.3	AB
20	50	12.7	AB
25	30	12.6	ABC
20	30	11.6	ABC
30	30	11.6	ABC
30	50	10.8	BC
30	70	9.7	BC
Testigo		8.4	C

La prueba de Tukey para la altura de la cabeza del repollo por efecto del Triofol Mix, muestra que la dosis de 25 ml obtuvo la mayor altura promedio (15.1 cm), siendo la más

efectiva para incrementar la altura de cabeza, seguida de cerca por la dosis de 20 ml (13.4 cm), que no presenta diferencias significativas con la dosis más alta. Con la dosis de 30 ml se obtuvo un menor tamaño significativamente menor (11.6 cm,), indicando que dosis más elevadas no necesariamente conducen a mejores resultados e incluso reducen la altura promedio.

En cuanto al factor momento de aplicación, no se observaron diferencias significativas entre los niveles evaluados. Las aplicaciones a los 70 días (12.8 cm), 50 días (12.3 cm) y 30 días (11.9 cm) presentaron resultados similares, indicando que el momento de aplicación no tiene un impacto significativo en la altura de cabeza dentro de este rango, siempre que el bioestimulante sea utilizado. Estos resultados enfatizan la importancia de seleccionar dosis óptimas, destacando las de 20 ml y 25 ml como las más efectivas, mientras que el momento de aplicación resulta menos determinante para esta variable.

Tabla 14

Prueba de Tukey para la altura de la cabeza del repollo (cm) por efecto de los factores independientes (Triofol Mix y Aplicación).

Triofol Mix	Altura de cabeza (cm)	Agrupación
25	13.6778	A
20	12.6	A
30	10.7222	B
Aplicación	Altura de cabeza (cm)	Agrupación
70	12.7667	-
50	12.2889	-
30	11.9444	-

La altura de la cabeza, aunque menos estudiada, es un indicador de uniformidad y desarrollo adecuado del cultivo; los resultados obtenidos para altura de cabeza de repollo pueden explicarse por la mejora en la arquitectura de la planta y la capacidad de las raíces para absorber nutrientes, promovida por los ácidos húmicos y aminoácidos presentes en el bioestimulante (Rodríguez et al., 2023). Además, las condiciones edafoclimáticas adecuadas, como el pH entre 6.0 y 6.8 y temperaturas moderadas, potencian los efectos (Pérez, 2021).

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

El efecto de un bioestimulante orgánico con tres dosis de aplicación sobre el rendimiento del cultivo de repollo (*Brassica oleracea* L.) reveló que la dosis óptima de Triofol Mix para el cultivo de repollo es 25 ml por tratamiento, logrando un rendimiento máximo de 58,3 t/ha⁻¹. Este resultado subraya la importancia de ajustar la cantidad de bioestimulante para maximizar los beneficios metabólicos sin afectar negativamente la fisiología del cultivo.

El efecto de un bioestimulante orgánico con tres momentos de aplicación sobre el rendimiento del cultivo de repollo (*Brassica oleracea* L.) reveló que el momento de aplicación más efectivo para optimizar el rendimiento del repollo fue a los 70 días después del trasplante. En este periodo, el bioestimulante Triofol Mix tuvo un impacto significativo, alcanzándose un rendimiento máximo de 58.3 t/ha⁻¹, un peso promedio de cabezas de 2.8 kg, un diámetro de 25.6 cm y una altura de 15.1 cm. Estos valores superaron significativamente al testigo, que obtuvo 25.6 t/ha⁻¹, 1.2 kg, 16.1 cm y 8.3 cm, respectivamente.

5.2. Recomendaciones

Se recomienda utilizar una dosis de 25 ml de Triofol Mix en el cultivo de repollo, ya que esta cantidad maximiza el rendimiento y evita los efectos negativos asociados con dosis más altas, como la saturación o reducción de la eficiencia del bioestimulante.

Se sugiere realizar la aplicación de Triofol Mix a los 70 días después del trasplante, ya que este momento coincide con etapas fenológicas críticas, como la formación de la cabeza del repollo, lo que permite un mejor aprovechamiento de los nutrientes y compuestos bioactivos.

Es importante ajustar la dosis y el momento de aplicación en función de las condiciones agroecológicas específicas, como el tipo de suelo, la temperatura y la variedad de repollo cultivada. Esto garantizará que el bioestimulante mantenga su eficacia en diferentes contextos productivos.

CAPÍTULO VI

LITERATURA CITADA

- Agromundo. (2022). Del campo para el campo. <https://www.agromundo.co/category/laboratorios/>
- Alcántara, J. S., Acero, J., Alcántara, J. D., & Sánchez, R. M. (2019). Principales reguladores hormonales y sus interacciones en el crecimiento vegetal. *Nova*, 17(32), 109-129. Retrieved January 13, 2025, from http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1794-24702019000200109&lng=en&tlng=es
- Ampudia, A. J. (2024). Comportamiento agronómico del cultivo de col china (*Brassica campestris ssp pekinensis*) a la aplicación del abono líquido tipo biol San Pedro de Pillao. [Tesis de Grado, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión]. <http://45.177.23.200/handle/undac/4819>
- Ardisana, E. H., García, A. T., Téllez, O. F., Peñarrieta, S., Solórzano, J., Jarre, V., Medranda, F., Montoya, J. (2020). Influencia de bioestimulantes sobre el crecimiento y el rendimiento de cultivos de ciclo corto en Manabí, Ecuador. *Cultivos Tropicales*, vol. 41, núm. 4, e02. <https://www.redalyc.org/journal/1932/193266197002/html/>
- Asmal, J. M. y Jachero, C. G. (2024). Efecto de tres bioestimulantes en el rendimiento de col repollo (*Brassica oleracea* var. *Capitata*) como suplemento a la fertilización mineral, orgánica y prevención de la Hernia de la col (*Plasmodiophora brassicae*), en San Joaquín Azuay. [Tesis de Grado, Universidad de Cuenca]. <https://rest-dspace.ucuenca.edu.ec/server/api/core/bitstreams/37c4f5e0-8036-4c50-8af5-105bc579becf/content>
- Atunca, K. V. (2023). Incidencia de insectos plaga en brócoli (*Brassica oleracea* var. *Italica*) en Santa Rosa de Quives. [Tesis de Grado, Universidad Nacional Agraria La Molina]. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/items/59e9dc84-0853-43ea-bbaf-5d872c837494>
- Batista, D. (2018). Indicadores fisiológicos, bioquímicos y del crecimiento de variedades de albahaca (*Ocimum basilicum* L.) en respuesta al estrés por NaCl y su interacción con un bioestimulante como agente mitigador. [Tesis de Doctorado, Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C.]. <http://dspace.cibnor.mx:8080/handle/123456789/2804>

- Bürger M, Chory J (August 2019). «Stressed Out About Hormones: How Plants Orchestrate Immunity». *Cell Host & Microbe* 26 (2): 163-172. doi:10.1016/j.chom.2019.07.006.
- Carrasco, D., Cabrera, R. E. y Sánchez, J. D. (2023). Plan de negocio para el desarrollo de huertos urbanos en complejos residenciales de localidades de Suba y Chapinero en Bogotá. [Tesis de Maestría, Universidad EAN]. <https://repository.universidadean.edu.co/items/4ae7d593-2e67-4f8e-a49f-27f7534f70c5>
- Córdova, J. S., Glorio, P., Hidalgo, A., & Camarena, F. (2020). Efecto del proceso tecnológico sobre la capacidad antioxidante y compuestos fenólicos totales del lupino andino (*Lupinus mutabilis* Sweet). *Scientia Agropecuaria*, 11(2), 157-165. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2020.02.02>
- Curi, F. P. (2024). Densidad de plantas y niveles de nitrógeno en el rendimiento de brócoli (*Brassica oleracea* L. variedad italiana) cv. Imperial. Canaán, 2750 msnm – Ayacucho. [Tesis de Grado, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga]. <https://repositorio.unsch.edu.pe/items/1b5f7d3e-3ee0-4f65-96f0-b7f335a2bd58>
- Díaz, A. T. (2022). Efecto de tres fertilizantes orgánicos con dos diferentes dosis en el rendimiento del cultivo de col morada (*Brassica oleracea* Var. Capitata) en el distrito de Lamas. [Tesis de Grado, Universidad Nacional de San Martín]. <https://tesis.unsm.edu.pe/bitstream/11458/5160/1/FCA-Alfonso%20Teodoro.pdf>
- Di Benedetto, A. H. (2023). Ecofisiología de especies hortícolas. 1a ed. Corrientes: Profe Ediciones. https://www.researchgate.net/profile/Adalberto-Di-Benedetto/publication/384039256_Di_Benedetto_2023a/links/66e58dcda438c86fdccc578/Di-Benedetto-2023a.pdf#page=214
- Epiquien, N. C., & Idrogo, G. (2021). Efecto de dos tipos de fertilizantes y abonos en el rendimiento del repollo corazón de buey (*Brassica oleracea*). *Revista Científica UNTRM: Ciencias Naturales E Ingeniería*, 4(2), 31–36. <https://doi.org/10.25127/ucni.v4i2.725>
- Escobar, L. G. (2020). Evaluación agronómica y morfológica de tres variedades de col (*Brassica oleracea*) a dos sistemas de fertilización en el sector Negroyaco Canton Guaranda provincia Bolívar. [Tesis de Grado, Universidad Estatal de Bolívar]. <https://dspace.ueb.edu.ec/items/7bdbf5be-0b1e-44e1-b8b0-a4f6f324f324>
- Espinosa, A. A., Hernández, R. M., & González, M. (2020). Extractos bioactivos de algas marinas como bioestimulantes del crecimiento y la protección de las plantas. *Bioteología Vegetal*, 20(4), 257-282.

http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2074-86472020000400257&lng=es&tlng=es

- Fillol, A. (2023). Repercusión de la pandemia sobre la seguridad alimentaria mundial: La necesidad de reforzar los sistemas agroalimentarios. *Ius Humani. Revista de Derecho*, 12(1), 19-49. <https://doi.org/10.31207/ih.v12i1.317>
- García, J. (2018). Respuesta agroproductiva del cultivo de la col, (*Brassica oleracea* L.) a la aplicación foliar de productos naturales en condiciones de huerto intensivo. [Tesis de Grado, Universidad de Matanzas]. <https://rein.umcc.cu/handle/123456789/3355>
- García, L. A., Capera, A., Melendez, J. P., Mayorquín, N. (2020). Alternativas microbiológicas para la remediación de suelos y aguas contaminados con fertilizantes nitrogenados. *Scientia et Technica* Año XXV, Vol. 25, No. 01. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7368100>
- Jiménez, A. C. y Jara, A. M. (2024). Evaluación de la rentabilidad económica de granjas agroecológicas campesinas del cantón Pedro Moncayo-Ecuador. [Tesis de doctorado, Universidad Politécnica Salesiana]. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/28573>
- Jurado, M. (2023). Niveles de gallinaza y densidad de plantas en el rendimiento de Col (*Brassica oleracea* L. variedad Capitata) Canaán, 2750 msnm – Ayacucho. [Tesis de Grado, Universidad Nacional de San Cristóbal]. <https://repositorio.unsch.edu.pe/server/api/core/bitstreams/dccfa23d-4b1f-4234-8411-ee87c9821866/content>
- Kirolinko, C. A. (2023). Universidad nacional de la plata facultad de ciencias exactas departamento de ciencia biológicas. [Tesis de Doctorado, Universidad Nacional de La Plata]. <https://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/161047>
- Lambaré, D. A. (2015). Procesos locales de selección cultural en poblaciones frutales de la familia Rosaceae originarias del viejo mundo utilizados por comunidades rurales del noroeste argentino. [Tesis de Doctorado, Universidad Nacional de La Plata]. <https://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/44486>
- Legua, A. J., Campos, A. H., Flores, R., Cleofé Saucedo, M. C., Caro, F. G., Vélez, D. J. (2024). Fertilización de la col (*Brassica oleracea* L.) en una aplicación de la agricultura orgánica utilizando compost. *Revista de Investigación en Ciencias Agronómicas y Veterinarias*. Volumen 8, Número 23. pp. 508 – 519. <https://www.revistaalfa.org/index.php/revistaalfa/article/view/372/903>

- Llomitoa, A., Llomitoa, N., Luna, R., & Chanaguano, B. (2023). Evaluación del comportamiento agronómico del cultivo de col (*Brassica oleracea* var. capitata) con la aplicación de dos abonos orgánicos en el cantón Pangua, Ecuador. *Revista FAVE. Sección Ciencias veterinarias*, 22, 16. <https://dx.doi.org/https://doi.org/10.14409/fa.2023.22.e0015>
- López, D. (2021). Estudio del modo de acción de los metabolitos secundarios trans-cinamaldehído y norharmano sobre el metabolismo vegetal. [Tesis de Doctorado, Universidad de Vigo]. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/dctes?codigo=287002>
- López, G. (2022). Comparación de adaptación de cuatro cultivares de *Brassica oleracea* L. Variedad capitata, en Pichanaqui – Perú. [Tesis de Grado, Universidad Nacional del Centro del Perú]. <https://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/8798>
- López, R. (2023). Importancia de los ácidos húmicos en el cultivo de cacao de la provincia de Mariscal Cáceres, San Martín. [Tesis de Grado, Universidad Nacional de San Martín]. <https://tesis.unsm.edu.pe/bitstream/11458/5648/1/FCA%20Roky%20Lopez%20Pinchi.pdf>
- Martínez, F. F. (2018). Efecto de la aplicación de bioestimulantes foliares, sobre el rendimiento del cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.), sembrado en seco. [Trabajo de Grado, Universidad Técnica de Babahoyo]. <https://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/5145>
- Melgarejo, J., López, M. I., Fernández, P. (2024). Reflexiones sobre la agricultura regenerativa y su impacto sobre la alimentación y el medioambiente. Alacant: Universitat d'Alacant. ISBN 978-84-1302-283-3, pp. 7-19. <https://rua.ua.es/dspace/handle/10045/147400>
- Méndez, D. N. (2023). El microbioma de la rizosfera y la salud de las plantas. [Tesis de Maestría, Universidad de La Laguna]. <https://riull.ull.es/xmlui/handle/915/33264>
- Mendoza, L. C. (2024). Niveles de fertilización NPK y guano de islas en el rendimiento de col (*Brassica oleraceae* L.) Canaán, 2750 msnm – Ayacucho. [Tesis de Grado, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga]. <https://repositorio.unsch.edu.pe/items/6f54b725-55a5-4225-8a98-4eee921f33d8>
- Montero, L. y Rodríguez, B. (2023). Fitomás-E: aliado de los rendimientos en los cultivos agrícolas. Realidades y perspectivas. Icidca sobre los derivados de la caña de azúcar. Vol. 57 No. 1. <https://www.revista.icidca.azcuba.cu/wp-content/uploads/2023/03/articulo-11-1.pdf>
- Moral, R. (2019). Biodiversidad de la entomofauna asociada al cultivo de la col, (*Brassica oleracea* L.) bajo manejo orgánico en la Finca “La Josefa”. [Trabajo de Grado, Universidad de Matanzas]. <https://rein.umcc.cu/handle/123456789/734>

- Moreno, J. A. (2023). Evaluación del efecto de la aplicación del compostaje sobre la producción de repollo brassica oleracea. [Tesis de Grado, Universidad Distrital Francisco José de Caldas]. <https://repository.udistrital.edu.co/server/api/core/bitstreams/cec161e9-e4f0-47fa-a840-6ba2c72259e2/content>
- Muñoz, J. M., Muñoz, J. A., & Montes, C. (2015). Evaluación de abonos orgánicos utilizando como indicadores plantas de lechuga y repollo en Popayan, Cauca. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 13(1), 73-82. Retrieved January 12, 2025, from http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-35612015000100009&lng=en&tlng=es
- Navarro, I. (2024). Efectos de la aplicación de CSL en plantas hortícolas para mejorar su crecimiento en diferentes condiciones medioambientales. [Tesis de Doctorado, Universidad Miguel Hernández de Elche]. <https://dspace.umh.es/handle/11000/34065>
- Neri, U. (2022). Inducción y Diferenciación de callos a partir de Hipocótilos y Cotiledones de Repollo (*Brassica oleracea* var. Royale Vantage) en cultivo in vitro. [Tesis de Grado, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro]. <http://www.repositorio.uaaan.mx:8080/handle/123456789/48622>
- Novoa, A. y Valencia, N. M. (2022). La asociatividad de los productores de coll del distrito de Jesús-Cajamarca, como factor para la internacionalización del producto al mercado de el salvador 2022. [Tesis de Grado, Universidad Privada del Norte]. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/32495>
- Núñez, J. I. (2024). Papel beneficioso que determinados microorganismos rizosféricos del suelo (bacterias, hongos y levaduras) ejercen sobre la adquisición de hierro, fósforo y otros elementos en plantas de arroz. [Tesis de Doctorado, Universidad de Córdoba]. <https://helvia.uco.es/handle/10396/26459>
- Orellana, F. J. (2022). La aplicación de reguladores de crecimiento vegetal son claves para aumentar la productividad agrícola. [Tesis de Maestría, Universidad de Jaén]. <https://crea.ujaen.es/handle/10953.1/18001>
- Pacheco, J. A. (2023). Revisión crítica del uso de la biorremediación como alternativa actual para el tratamiento de problemas de contaminación en suelos. [Tesis de Grado, Universidad Católica de Santa María]. <https://repositorio.ucsm.edu.pe/items/f702671b-c812-43b0-b07a-7f5f99731413>

- Palma, H. M. (2020). Influencia de fitohormonas para aumentar los rendimientos en cultivos de ciclo corto. [Trabajo de Grado, Universidad Técnica de Babahoyo]. <https://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/8218>
- Paredes, D. C. (2024). Economía verde y tributación: Análisis económico del impuesto al carbono en el Perú. [Tesis de Maestría, Universidad ESAN]. <https://repositorio.esan.edu.pe/items/cc9ec07d-7909-4161-b1ea-557c3e868be9>
- Pérez, A. (2021). Dosis de guano de islas y potasio en el rendimiento de lechuga (*Lactuca sativa* L.) var. Great Lakes. Canaán, 2750 m.s.n.m. – Ayacucho. [Tesis de Grado, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga]. <https://repositorio.unsch.edu.pe/items/b61cce84-aeee-4b2d-afd8-e1c2b1aba5c1>
- Pérez, S. M. (2019). Manejo agronómico de dos variedades de Brassica oleracea var. Capitata en Huashgon, Santiago de Chuco, La Libertad. [Tesis de Grado, Universidad Nacional de Trujillo]. <https://dspace.unitru.edu.pe/items/2b5e4fc6-e559-464b-97ff-318be786523a>
- Pérez, Y., López, I., & Reyes, Y. (2020). Las algas como alternativa natural para la producción de diferentes cultivos. *Cultivos Tropicales*, 41(2). http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362020000200009&lng=es&tlng=pt
- Pichardo, F. F. (2019). Obtención de pigmentos bioactivos a partir de col morada (*Brassica oleracea* var. capitata) y evaluación de su aplicación en un producto alimenticio. [Tesis de Grado, Universidad Autónoma del Estado de México]. <http://ri.uaemex.mx/handle/20.500.11799/104607>
- Ponce, F. T. (2018). Efecto de cuatro dosis de gallinaza en la producción de repollo (*Brassica oleracea* L.) Var. Corazón de buey en el Alto Huallaga – Tocache. [Tesis de Grado, Universidad Nacional de San Martín-Tarapoto]. <https://tesis.unsm.edu.pe/bitstream/11458/3074/1/AGONOMIA%20-%20Fransh%20Tirso%20Ponce%20Sobrados.pdf>
- Porta, H., & Jiménez, G. (2019). Papel de las hormonas vegetales en la regulación de la autofagia en plantas. *TIP. Revista especializada en ciencias químico biológicas*, 22, e160. <https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2018.0.160>
- Quintero, C. E. (2023). Fertilización o nutrición foliar de los cultivos: El desafío de reducir las dosis de insumos y aumentar la productividad al mismo tiempo. Simposio de fertilidad. Universidad Nacional de Entre Ríos. https://fertilizar.org.ar/wp-content/uploads/2023/06/15_Fertilizacion-o-Nutricion-Foliar-de-los-Cultivos-El-

desafio-de-reducir-las-dosis-de-insumos-y-aumentar-la-productividad-al-mismo-tiempo.pdf

- Ramírez, B. (2020). Espacios culturales y ecológicos de las plantas comestibles. Primera edición. Orgánica Editores - Centro Universitario de los Altos. <http://repositorio.cualtos.udg.mx:8080/jspui/handle/123456789/1092>
- Ramos, Y. C. (2022). Efecto del biol en el rendimiento del cultivo de nabo (*Brassica napus* L.), aplicando 3 dosis y 3 momentos diferentes, Cajamarca. [Tesis de Grado, Universidad Nacional de Cajamarca]. <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/5234>
- Rodríguez, T., Cajamarca, K., Barrezueta, S., Luna, A., & Villaseñor, D. (2023). Efectos de bioestimulantes en el crecimiento morfológico de plántulas de cacao en etapa de vivero. *Manglar*, 20(2), 117-122. <https://doi.org/10.57188/manglar.2023.013>
- Ruiz, D., Davidovich, G., Wong, E., Ramakrishna, S. (2024). Uso de ácidos orgánicos para la reducción de microorganismos en repollo (*Brassica oleracea*) y zanahoria (*Daucus carota*) rallados. *Agronomía Mesoamericana*, Volumen 35(Especial). <https://doi.org/10.15517/am.2024.55389>
- Sailema, D. R. (2023). Evaluación de Bioles en la producción de brócoli (*Brassica oleracea*) var. Itálica. [Tesis de Grado, Universidad Técnica de Ambato]. <https://repositorio.uta.edu.ec/items/cf3145dd-5c0f-4179-94c6-5448a6d00539>
- Saire, D. (2022). Efecto de tres densidades de siembra con cuatro niveles de fertilización en el rendimiento de una variedad de brócoli (*Brassica oleracea* var. Itálica) en la comunidad de Caytupampa provincia de Calca, región Cusco. [Tesis de Grado, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco]. <https://repositorio.unsaac.edu.pe/handle/20.500.12918/6959>
- Salazar, Y., Alfonso, J. y Gallardo, A. (2021). Los bioestimulantes. Una alternativa para el desarrollo agroecológico cubano. *Biostimulants. An alternative for Cuban agroecological development. ECOVIDA Vol.11 No.3*. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9439130>
- Salazar, Y., Alfonso, J., Gallardo, A. (2021). Los bioestimulantes. Una alternativa para el desarrollo agroecológico cubano. *ECOVIDA Vol.11. No.3*. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9439130>
- Samolski, I. (2024). Identificación de genes inducidos en la cepa de biocontrol *Trichoderma harzianum* Cect 2413 durante la interacción con plantas de tomate. caracterización biológico-funcional de los genes *qid74* y *asp1*. [Tesis de doctorado, Universidad de Salamanca]. <https://gredos.usal.es/handle/10366/127871>

- Sinche, L. G. (2024). Efecto de extracto de algas marinas en el rendimiento y calidad en dos variedades de col (*Brassica oleracea* L.) en condiciones de Huachón – Pasco. [Tesis de Grado, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión]. <http://45.177.23.200/handle/undac/4847>
- Sokolowski, A. C. (2024). La salud del suelo en la horticultura periurbana del area Metropolitana de Buenos Aires: diagnóstico en producciones hortícolas familiares y experimentación a campo. [Tesis de Doctorado, Universidad de Coruña]. <https://ruc.udc.es/dspace/handle/2183/39419>
- TecnoAgro. (2021). Bioestimulación y biofortificación de plantas de cultivo: nuevos retos para la agricultura. Revista TecnoAgro. <https://tecnoagro.com.mx/2021/09/20/bioestimulacion-y-biofortificacion-de-plantas-de-cultivo-nuevos-retos-para-la-agricultura/>
- Tomita, K., Meza, F. C., Bottino, J. A., Retamozo, G. A. (2019). Comparación del comportamiento en cultivo de repollo (*Brassica Oleracea*), corazón de buey gigante y chato de quintal con diferentes niveles de aplicación de nitrógeno. Revista de Investigación en Ciencias Agronómicas y Veterinarias ALFA. vol. 3, núm. 7. <https://portal.amelica.org/ameli/journal/540/5404564002/5404564002.pdf>
- Vivanco, K. J. (2023). Densidad de plantas y fórmulas de abonamiento orgánico-mineral en el rendimiento de brócoli (*Brassica olerácea* L. variedad itálica) Canaán, 2750 msnm – Ayacucho. [Tesis de Grado, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga]. <https://repositorio.unsch.edu.pe/items/0a27bcb6-21d1-4791-aa28-66cf29965a6e>
- Zamora, E. (2016). El cultivo del repollo. Universidad de Sonora. <https://dagus.unison.mx/Zamora/COL%20O%20REPOLLO-DAG-HORT-011.pdf>

ANEXOS

Figura 7

Resultados del análisis de suelo.



Tecnología y Desarrollo Agrícola J.D. S.R.L.

Urb. J. Hurtado Miller J - 8 (Baños del Inca)

RUC 20529318511

EVALUACION DE SUELOS			
Fecha	25/05/2019	N° Registro	JD19-0006'
Usuario	UNC		
Procedencia de la muestra	Provincia	CAJAMARCA	
	Distrito	CAJAMARCA	
	Comunidad	0	
	Fredio	0	
	Parcela	0	
Nombre del cultivo	Vainita, Coliflor, repollo, zanahoria		

Resultados de la Evaluación		
Determinaciones	Resultados	Clasificación
Arena (%)	32.00	Fr.Ar.
Limo (%)	35.00	
Arcilla (%)	33.00	
Reacción actual (pH)	7.12	Neutro
Reacción potencial (pH)	5.81	-
Al cambiabile (me/100g)	0.00	Bajo
Calcáreo total (%)	0.59	Bajo
C. E. (µmohs/cm)	958.50	Libre de sales
C. E. actual (µmohs/cm)	883.50	-
M.O. (%)	2.30	Medio
N total (%)	0.09	Bajo
P disponible (ppm)	13.21	Medio
K disponible (ppm)	228.18	Alto
C.C.C.(r) (me/100g)	23.45	Alto
Ca cambiabile (me/100g)	16.61	-
Mg cambiabile (me/100g)	1.66	-
K cambiabile (me/100g)	0.82	-
Na cambiabile (me/100g)	0.02	-
Saturación de bases (%)	81.51	Alto
Acidez de cambio (me/100g)	4.34	Bajo

NOTA: El presente análisis ha sido realizado con fines de abonamiento
La utilización para otros fines es responsabilidad del usuario.



Oscar Narvaez Tejeda
Oscar Narvaez Tejeda

CIP. 20175

Jefe de Laboratorio

Tabla 15*Resultados de rendimiento ($t\ ha^{-1}$).*

BLOQUE	Tratamientos									
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	Testigo
BI	35.9	46.9	48.6	35.7	45.1	51.2	38.1	30.6	36.2	23.5
BII	42.9	38.0	45.6	42.4	42.9	56.9	37.2	33.5	30.2	23.0
BIII	30.5	37.5	48.0	29.2	42.4	66.7	30.2	32.8	30.2	30.4

Tabla 16*Resultados de peso de cabeza (kg).*

Bloques	Tratamientos									
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	Testigo
BI	1.7	2.3	2.3	1.7	2.2	2.5	1.8	1.5	1.7	1.1
BII	2.1	1.8	2.2	2.0	2.1	2.7	1.8	1.6	1.4	1.1
BIII	1.5	1.8	2.3	1.4	2.0	3.2	1.4	1.6	1.5	1.5

Tabla 17*Resultados de diámetro de cabeza (cm).*

Bloques	Tratamientos									
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	Testigo
BI	20.00	22.40	24.00	18.20	23.80	24.40	19.10	20.00	17.80	16.80
BII	18.00	18.60	23.00	22.40	20.20	27.00	20.80	17.20	15.20	15.80
BIII	22.60	21.50	21.40	18.60	21.30	25.40	18.50	19.40	18.40	15.70

Tabla 18*Resultados de altura de cabeza (cm)*

Bloques	Tratamientos									
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	Testigo
BI	12.6	12.8	14.6	10.4	13.4	14.8	10.0	8.6	7.6	7.5
BII	11.1	12.6	13.0	14.7	12.6	13.2	11.8	11.4	11.0	7.2
BIII	11.2	12.8	12.7	12.6	14.0	17.4	13.1	12.4	10.6	10.4

Figura 8

Bioestimulante Triofol Mix.



Figura 9

Preparación de los hoyos para la siembra directa de repollo.



Figura 10

Riego antes de la siembra.



Figura 11

Cultivo en desarrollo vegetativo días después de la siembra.



Figura 12

Preparación tratamiento para la aplicación.



Figura 13

Mezcla del bioestimulante, adherente y agua.



Figura 14

Aplicación del bioestimulante.



Figura 15

Repollo para cosechar.



Figura 16

Cosecha del repollo.



Figura 17

Pesado de las cabezas de repollo.



Figura 18

Diámetro de la cabeza con una cinta.



Figura 19

Verificación de la medida del diámetro con wincha.



Figura 20

Registro de datos.



