

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN
CRISTÓBAL DE HUAMANGA**
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y METALURGIA
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA
AGROINDUSTRIAL**



TESIS:

**Evaluación del biol obtenido a partir de microorganismos
eficientes autóctonos en cultivo de rabanito (*Raphanus sativa*) y
lechuga (*Lactuca sativa* L.)**

Para optar el título profesional de:
INGENIERO AGROINDUSTRIAL

PRESENTADO POR:
Bach. Abel GALINDO CASAVILCA
Bach. Henry HUAMANI CARBAJAL

ASESOR:
MSc. Percy Fermín VELÁSQUEZ CCOSI

COASESORA:
Mg. Leidy Diana MEDINA QUIQUIN

AYACUCHO - PERÚ

2024

DEDICATORIA

A Dios, por darme la fuerza necesaria para culminar esta meta.

A mis padres, Alejandro y Paulina, por todo su amor, ejemplo de vida y apoyo incondicional.

A mis hermanos y hermanas por su inmenso cariño, comprensión y constante apoyo en logro de mis objetivos.

ABEL

A Dios, por estar siempre conmigo, a mi madre Marcelina Carbajal H. y a mi padre que en paz descansa el señor Simeón Huamaní L. A pesar de darme la vida me dieron la mejor herencia: mi educación y formación como persona.

A mis hermanos que siempre estuvieron a mi lado con sus apoyos incondicionales y así guiarme como persona.

HENRY

AGRADECIMIENTOS

Profundo agradecimiento expreso en primer lugar al Todopoderoso, Dios, por el don inestimable de la vida y la salud que me han permitido alcanzar este logro. Su infinita bondad ha sido la luz que ha guiado mis pasos a lo largo de este camino.

A mi alma Mater, la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Facultad de Ingeniería Química y metalurgia y en particular a la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, expreso mi más profundo y sincero agradecimiento por haber sido no solo un espacio de aprendizaje académico, sino también un segundo hogar donde forjé amistades duraderas, donde compartimos experiencias enriquecedoras y así crecimos como persona.

De manera especial, se agradece a las personas que colaboraron en el presente trabajo de investigación, como asesor al Ing. Percy Fermín Velásquez Ccosi, Coasesora la Ing. Leidy Diana Medina Quiquin y al Ing. Jimmy Ali Castro Romero, quienes, con su guía, apoyo y confianza, marcaron un antes y un después de nuestra formación. Sus enseñanzas y consejos han sido invaluable para nuestro crecimiento profesional y personal.

RESUMEN

En el contexto de la globalización y el ritmo acelerado de la vida moderna, la agricultura convencional, caracterizada por el uso intensivo de fertilizantes químicos y la quema de residuos de cosecha, ha predominado durante décadas. No obstante, esta práctica ha ocasionado un grave deterioro ambiental, amenazando la salud humana y de otros seres vivos. Frente a este desafío, se impone la necesidad urgente de transitar hacia un modelo agrícola más sostenible. En este marco, la producción de abonos orgánicos, como el biol acelerado utilizando microorganismos eficientes autóctonos (MEA), emerge como una solución viable y prometedora.

El propósito de esta investigación fue evaluar el proceso de la obtención del biol y su aplicación en lechuga (*Lactuca sativa L.*) y rabanito (*Raphanus sativa*) de los Microorganismos Eficientes Autóctonos (MEA) capturados en un proceso de fermentación del compost a condiciones de planta piloto (8m x 2 m x 2,5 m) que representa un hito importante en el desarrollo de biofertilizantes (biol) a partir de MEA, abriendo un camino hacia una agricultura más sostenible y productiva, la captura de la mayor diversidad de microorganismos benéficos ocurrió durante la fase mesófila del compost, a una temperatura de 20 a 40 °C. Entre los microorganismos capturados se encuentran actinomicetos, *Beauveria* sp., *Trichoderma*, *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas*, *Azospirillum*, y otros aún por identificar.

Los resultados con respecto a la elaboración de biol que tuvo mayor significancia mediante la evaluación cualitativa es con el 10 % de MEA de la fase mesófila en un tiempo medio de 28,5 días para su aplicación en las hortalizas, este mismo tuvo los mejores resultados con respecto al análisis de N, P y K media, registrando 3004,33 mg de N/L de biol, 196,95 mg de P/L de biol y 1907,50 mg de K/L de biol.

Para el caso de la evaluación en las características morfológicas de la lechuga y rabanito reporta la mejor dosis óptima a 2,0 L de biol/20 L de agua, aplicadas cada 5 días hasta 3 semanas antes de la cosecha con resultados de 23,82 cm de altura, 31,53 hojas, 438,63 g por unidad para el caso de la lechuga, 14,43 cm de altura, 6,95 hojas, 26,40 g y 3,61 cm por unidad para el caso del rabanito.

Palabra clave: Microorganismos eficientes autóctonos (MEA), fase mesófila (ME), fase termófila (TE), biol, hortalizas.

ABSTRACT

In the context of globalization and the fast-paced nature of modern life, conventional agriculture, characterized by the intensive use of chemical fertilizers and the burning of crop residues, has dominated for decades. However, this practice has caused significant environmental degradation, threatening human health and other living beings. Faced with this challenge, there is an urgent need to shift towards a more sustainable agricultural model. In this context, the production of organic fertilizers, such as accelerated biol using Indigenous Efficient Microorganisms (MEA), emerges as a viable and promising solution. The purpose of this research was to evaluate the process of biol production and its application on lettuce (*Lactuca sativa* L.) and radish (*Raphanus sativa*) using MEA captured during a compost fermentation process under pilot plant conditions (8m x 2m x 2.5m). This represents a significant milestone in the development of biofertilizers (biol) from MEA, paving the way for more sustainable and productive agriculture. The capture of the greatest diversity of beneficial microorganisms occurred during the mesophilic phase of composting, at a temperature of 20 to 40 °C. Among the microorganisms captured were actinomycetes, *Beauveria* sp., *Trichoderma*, *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas*, *Azospirillum*, and others yet to be identified.

The results regarding biol production, which showed the highest significance through qualitative evaluation, involved 10% MEA from the mesophilic phase, with an average processing time of 28.5 days for its application to vegetables. This biol achieved the best results in terms of N, P, and K content, registering 3004.33 mg/L of N, 196.95 mg/L of P, and 1907.50 mg/L of K.

For the evaluation of the morphological characteristics of lettuce and radish, the optimal dose was found to be 2.0 L of biol/20 L of water, applied every 5 days until 3 weeks before harvest. The results were 23.82 cm in height, 31.53 leaves, and 438.63 g per unit for lettuce; and 14.43 cm in height, 6.95 leaves, 26.40 g in weight, and 3.61 cm in diameter per unit for radish.

Keywords: Efficient indigenous microorganisms (MEA), mesophilic phase (ME), thermophilic phase (TE), biol, vegetables.

Índice

CAPÍTULO I: GENERALIDADES	4
1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA.....	4
1.4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	5
1.4.1. Problema general.....	5
1.4.2. Problemas específicos.....	5
1.5. ANTECEDENTES	6
1.5.1. Internacional	6
1.5.2. Nacional.....	6
1.5.3. Local.....	8
1.6. OBJETIVOS	9
1.6.1. Objetivo general.....	9
1.6.2. Objetivos específicos	9
1.7. HIPÓTESIS	9
1.7.1. Hipótesis general	9
1.7.2. Hipótesis específicas.....	10
1.8. ÁREA DE INVESTIGACIÓN.....	10
1.9. LÍNEA DE INVESTIGACIÓN	10
1.10. FINANCIAMIENTO	11
1.11. JUSTIFICACIONES.....	11
1.11.1. Justificación social	11
1.11.2. Justificación económica	11
1.11.3. Justificación tecnológica	11
CAPÍTULO 2 MARCO TEÓRICO	12
2.1. BASES TEÓRICAS.....	12
2.1.1. Abonos orgánicos	12
2.1.1.1. Importancia de los abonos orgánicos	12
2.1.1.2. Clasificación de los abonos orgánicos	12
2.1.1.2.1. Microorganismos eficientes (EM).....	13
2.1.1.2.1.1. Beneficios de los microorganismos	13
2.1.1.2.1.2. Usos de los microorganismos eficientes.....	13
2.1.1.2.1.3. Tipos de microorganismos eficientes	13
2.1.1.2.1.4. Captura de los microorganismos eficientes (EM)	14

2.1.1.2.1.5.	Aplicación de EM	14
2.1.1.2.2.	Biol	15
2.1.1.2.2.1.	Beneficios e importancia del biol.....	15
2.1.1.2.2.2.	Insumos y materiales que se necesita para preparar biol	15
2.1.1.2.2.3.	Características físico químicas del biol	16
2.1.1.2.2.4.	Aplicación del biol	17
2.1.2.	Biodigestión anaeróbica	18
2.1.2.1.	Definición	18
2.1.2.2.	Beneficios de los biodigestores	18
2.1.2.3.	Etapas del proceso de biodigestión	19
2.1.3.	Algunos parámetros a evaluar del biol	20
2.1.4.	Hortalizas de tallo corto	22
2.1.4.1.	La Lechuga (<i>Lactuca sativa</i> L).....	22
2.1.4.2.	Agroecología de la lechuga	22
2.1.5.	El Rabanito (<i>Raphanus sativus</i> L)	23
2.1.5.1.	Agroecología del cultivo de rabanito.....	23
2.2.	DEFINICIÓN DE TÉRMINOS.....	24
CAPÍTULO 3		25
MATERIALES Y MÉTODOS		25
3.3.1.	Variables e indicadores.....	28
3.3.1.1.	Variables independientes	28
3.3.1.2.	Variables dependientes.....	28
3.3.1.3.	Definición operativa de variables e indicadores.....	29
3.3.2.	Diseño metodológico.....	31
3.3.2.1.	Tipo de investigación.....	31
3.3.2.2.	Nivel de investigación.....	31
3.3.2.3.	Diseño de la investigación.....	31
3.3.2.4.	Descripción del diseño de investigación	35
3.3.3.	Población, muestra y muestreo	41
3.3.3.1.	Población.....	41
3.3.3.2.	Muestra.....	41
3.3.3.3.	Muestreo.....	41
3.3.4.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	41

3.3.5. Técnicas de procesamiento y análisis de datos	42
3.4. DESCRIPCIÓN DE LA PRUEBA DE HIPÓTESIS.....	44
CAPÍTULO 4	45
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	45
4.1. DISEÑO DEFINITIVO	45
4.1.1. Construcción de planta piloto	46
4.2. PROCESO DE EVOLUCIÓN DEL COMPOST PARA CAPTURA DE MEA 48	
4.3. CAPTURA DE MICROORGANISMOS EFICIENTES AUTÓCTONOS.	49
4.3.1. En la fase termófila.....	49
4.3.2. En la fase mesófila	49
4.4. PRODUCCIÓN DE BIOL.....	50
4.4.1. Tiempo de fermentación.....	50
4.4.2. Características físicas de biol.....	52
4.4.3. Características Químicas de biol de 0 %, 5 %, 7,5 % y 10 % de la fase mesófila y termófila	58
4.4.3.1. Nitrógeno	59
4.4.3.2. Fósforo.....	61
4.4.3.3. Potasio	63
4.4.3.4. Resultados de biol en lechuga.....	67
4.4.3.5. Resultados de biol en Rabanito.....	74
REFERENCIA BIBLIOGRAFICA.....	88
ANEXOS.....	98

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Etapas del proceso de biodigestión anaeróbica.	20
Figura 2 Tratamiento en parcelas de lechuga con biol producidos con EM de la fase mesófila y termófila	33
Figura 3 Tratamiento en parcelas de rabanito con biol producidos con EM de la fase mesófila y termófila	34
Figura 4 Metodología de la investigación efectuada en la investigación	35
Figura 5 Elaboración de compost para captura de MEA	37
Figura 6 Proceso de captura de microorganismos eficientes autóctonos	37
Figura 7 Arroz con los microorganismos eficientes autóctonos	38
Figura 8 Preparación de solución madre y proceso de fase oscura.....	38
Figura 9 Elaboración de biol.....	39
Figura 10 Cosecha de biol.....	39
Figura 11 Análisis de acidez y materia orgánica del suelo	40
Figura 12 Aplicación de biol a diferentes dosis en parcelas experimentales	40
Figura 13 Evaluación de lechuga y rabanito.....	40
Figura 14 Diseño preliminar para el proceso de compost, captura de MEA y la elaboración de biol a diferentes concentraciones de MEA.	45
Figura 15 Nivelación para construcción de planta piloto	46
Figura 16 Construcción de planta piloto	47
Figura 17 Planta piloto para captura de MEA y elaboración de biol.....	47
Figura 18 Representación gráfica del comportamiento de la temperatura durante la elaboración del compost para la captura de los MEA.....	48
Figura 19 Microorganismos eficaces autóctonos capturados en la fase termófila	49
Figura 20 Microorganismos de la fase mesófila.....	50
Figura 21 Tiempo de fermentación del biol con MEA de la fase mesófila al 5 %, 7,5 % y 10%	51
Figura 22 Tiempo de fermentación del biol con MEA de la fase termófila	52
Figura 23 Rango de pH inicial y final del biol en los biodigestores en tratamiento	55
Figura 24 Rango de pH durante la fermentación del biol.	56
Figura 25 Gráfica de barras de N, P y K del biol ME y TE	59
Figura 26 Efectos de MEA y C-MEA en la composición del N en el biol al 5 %, 7,5 % y 10 % de la fase mesófila y termófila.....	60
Figura 27 Efectos de MEA y C-MEA en la composición del P en el biol al 5 %, 7,5 % y 10 % de la fase mesófila y termófila.....	61
Figura 28 Efectos de MEA y C-MEA en la composición del K en el biol al 5 %, 7,5 % y 10 % de la fase mesófila y termófila.....	63
Figura 29 Efecto comparativo de NPK en el biol al 5 %, 7,5 % y 10 % de la fase mesófila y termófila	65
Figura 30 Efecto estandarizado de la lechuga en N° de hojas durante el crecimiento vegetativo.....	68
Figura 31 Media de datos para altura de lechuga	69
Figura 32 Efecto estandarizado de la lechuga con respecto a la altura en cm	71

Figura 33 <i>Gráfica de interacción de la dosis con respecto al a la altura de la lechuga</i>	71
Figura 34 <i>Gráfica de efectos principales sobre el peso de la lechuga.....</i>	73
Figura 35 <i>Efecto estandarizado del rabanito durante el crecimiento vegetativo</i>	76
Figura 36 <i>Grafica de interacción para la altura del follaje del rabanito</i>	76
Figura 37 <i>Diagrama de efecto estandarizado en el número de hojas del rábano</i>	78
Figura 38 <i>Gráfica de interacción del biol para el número de hojas del rábano..</i>	79
Figura 39 <i>Gráfica de efectos principales en el diámetro del rabanito</i>	81
Figura 40 <i>Gráfica de efectos principales sobre el peso de rabanito.....</i>	83

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Descripción de los tratamientos.....	6
Tabla 2 Representación de los tratamientos.....	7
Tabla 3 Repartición de muestras del proyecto de tesis que trabajaron	7
Tabla 4 Aplicación de EM.....	14
Tabla 5 Composición química de biol	17
Tabla 6 Dosis de biol recomendadas para la aplicación.....	18
Tabla 7 Tabla de datos para construir la curva de calibración	21
Tabla 8 Requerimiento nutricional de la lechuga	23
Tabla 9 Requerimiento nutricional del rabanito	24
Tabla 10 Definición de variables e indicadores	29
Tabla 11 Diseño experimental de la investigación.....	31
Tabla 12 Concentración de los MEA para la elaboración de biol en las dos fases	32
Tabla 13 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	41
Tabla 14 Procedimiento de recolección de datos	42
Tabla 15 ANOVA para una factorial de dos factores bajo del diseño completo al azar.....	43
Tabla 16 ANOVA para Diseño Completamente al Azar (DCA).....	44
Tabla 17 Resultado de colores de los tratamientos del biol al 0 %, 5 %, 7,5 % y 10 %	53
Tabla 18 Evaluación de pH durante el proceso de fermentación del biol	55
Tabla 19 Análisis de N, P y K del biol	58
Tabla 20 Número de hojas de la lechuga con el uso del biol al 10 % de la fase ME	68
Tabla 21 Crecimiento (altura en cm) de la lechuga con el uso del biol al 10 % de MEA de la fase mesófila	70
Tabla 22 Peso de lechuga según dosis aplicado	73
Tabla 23 Altura de la parte vegetativa (tallo) del rabanito con el uso del biol en días.....	75
Tabla 24 Resultados de la evaluación del número de hojas de rabanito.....	78
Tabla 25 Diámetro del rabanito	81
Tabla 26 Peso del rabanito	83

INTRODUCCIÓN

Los abonos orgánicos son el resultado de la descomposición de los residuos orgánicos derivado de plantas o animales, estos dándole las condiciones de manejo adecuado nutren a las plantas y mejoran las características biológicas, físicas y químicas del suelo.

El suelo presenta un ambiente dinámico y complejo de microorganismos eficaces mixtos, estos regulan el ciclo de los elementos como nitrógeno, fosforo, potasio y muchos otros tanto macro y microelementos que son la base de la vida. La presencia de estos microorganismos autóctonos hace que las plantas crezcan sanas y fuertes durante todo su desarrollo vegetativo (Labrador, 2008).

(Puerto, 2020) refiere que

Los principios agroecológicos cuestionan el modelo de agricultura convencional, el cual trata los recursos naturales como meras unidades de producción a gran escala, apoyado por el poder de las transnacionales en aspectos como la publicidad, el respaldo gubernamental, la investigación científica y la educación. A diferencia de este enfoque, el movimiento de la agricultura orgánica, aunque cuenta con recursos limitados, se sustenta en argumentos sólidos y principios éticos que promueven la sostenibilidad, la biodiversidad y el respeto por los ecosistemas. Estos principios buscan transformar las prácticas agrícolas para minimizar el impacto ambiental y fomentar la salud del suelo, las plantas y las comunidades rurales.

Este enfoque proporciona un contraste más claro entre ambos sistemas y resalta los valores y argumentos que sustentan la agroecología y la agricultura orgánica.

(Reynoso et al., 2022) refiere que

El aumento constante de la demanda de los alimentos de acuerdo a la población que va en aumento y el uso de prácticas agrícolas (no sostenibles) hace que los suelos agrarios pierdan su fertilidad reflejando disminución acelerada de la materia orgánica, esta fertilidad del suelo se podría reestablecer mediante la aplicación de

abonos orgánicos líquidos (bioles) y sólidos (compost, vermicompost, entre otros.); además las prácticas de incorporación de residuos de cosecha por parte del agricultor pueden estar disponibles para los pequeños agricultores.

(Husqvarna, 2023) refiere que

La importancia de uso de los residuos es un tema crucial tanto en áreas urbanas como rurales. A menudo, el manejo de estos desechos no es adecuado y no se ajusta al creciente volumen de residuos generados. Los abonos orgánicos emergen como una solución eficaz para mitigar este problema, transformando restos de alimentos, hojas, recortes de césped y otros materiales orgánicos en abono natural. Este abono puede ser aplicado en sistemas agrícolas, mejorando la retención de agua en el suelo y contribuyendo a un control natural de la erosión. Además de reducir la cantidad de residuos, los abonos orgánicos promueven un ciclo ecológico beneficioso para el medio ambiente.

Este estudio investiga la producción de abonos orgánicos, específicamente biol, para optimizar el crecimiento y desarrollo de cultivos hortícolas. El trabajo propone la transformación de residuos orgánicos mediante la fermentación en biodigestores, empleando concentraciones variables de microorganismos eficientes autóctonos, los cuales son aislados del compost y enriquecidos con subproductos de origen marino, como vísceras de pescado. Esta metodología busca maximizar la eficiencia del biol y evaluar su impacto en la salud del suelo y el rendimiento de las hortalizas.

Los residuos orgánicos utilizados para la elaboración del compost y su posterior captura de microorganismos eficientes autóctonos (MEA) incluyeron estiércol de gallina y cuy, ceniza, alfalfa, chicha de jora, y restos vegetales, recolectados en las cercanías de Huamanga. Estos MEA se aislaron en distintas fases del compost para su incorporación en la producción de biol. Para la formulación del biol, se emplearon insumos como estiércol ruminal bovino del camal de Carmen Alto, vísceras de pescado, ceniza, alfalfa, chicha de jora y roca fosfórica, recolectados en Huamanga. El proceso de fermentación fue monitoreado evaluando parámetros como pH, tiempo de fermentación y análisis de los niveles de nitrógeno, fósforo y potasio en el biol final.

Una vez obtenido el biol con las concentraciones óptimas de nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K), se evaluó su eficacia como fertilizante foliar en cultivos hortícolas, específicamente lechuga y rabanito. Durante todo el ciclo fisiológico de las plantas, se monitorearon parámetros clave como la altura de las plantas, el número de hojas, así como

el peso y diámetro de los cultivos en el momento de la cosecha. Los resultados sugieren que este biol es una alternativa sostenible y eficaz para la fertilización de cultivos, presentando un menor impacto ambiental en comparación con los fertilizantes sintéticos convencionales.

CAPÍTULO I: GENERALIDADES

1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA

El desconocimiento sobre los beneficios del biol enriquecido con microorganismos eficientes autóctonos (MEA) y otros abonos orgánicos, como el compost, limitó significativamente el desarrollo agrícola en numerosos países. Este problema fue especialmente crítico en naciones en desarrollo, donde el uso predominante de fertilizantes sintéticos no solo restringió las prácticas agrícolas sostenibles, sino que también contribuyó a un impacto ambiental adverso. La investigación abordó esta brecha de conocimiento y exploró cómo la adopción de abonos orgánicos podría mejorar la sostenibilidad agrícola y mitigar los efectos negativos asociados con los fertilizantes sintéticos.

A pesar de numerosos estudios que evidenciaron los efectos adversos de los fertilizantes químicos en el medio ambiente, su uso excesivo persistió, contribuyendo significativamente a la emisión de gases de efecto invernadero y afectando negativamente la calidad del suelo y la salud humana. La Organización de las Naciones Unidas (ONU, 2021) destacó que, a pesar de los acuerdos internacionales y las políticas nacionales para reducir su empleo, los fertilizantes inorgánicos continuaron representando una amenaza ambiental considerable. La agricultura convencional a nivel global se basó en el uso intensivo de fertilizantes químicos para maximizar los rendimientos. Sin embargo, según (Gonzales, 2019), esta práctica conllevó efectos adversos significativos en los recursos naturales, como el agua, el aire y el suelo. Entre las consecuencias destacadas se incluyeron variaciones en el pH del suelo, el deterioro de su estructura y el daño a la microfauna.

El reto de adoptar prácticas agrícolas más sostenibles, como el uso del biol enriquecido con microorganismos eficientes autóctonos (MEA), enfrenta varias barreras, incluida la falta de conocimiento y aplicación en países en vías de desarrollo. Aunque estos microorganismos tienen el potencial de mejorar la calidad del suelo, aumentar la disponibilidad de nutrientes

y disminuir la dependencia de fertilizantes sintéticos, su integración en la producción agrícola aún no está generalizada.

En la región de Ayacucho, Perú, la dependencia de fertilizantes químicos, como la urea, que constituía el 75% de los fertilizantes utilizados, generó graves consecuencias ambientales, incluida la emisión de óxido nitroso, un gas de efecto invernadero 300 veces más contaminante que el CO₂. Esta situación se agravó por el desconocimiento sobre los beneficios de los microorganismos eficientes (EM) y su potencial para sustituir parcialmente los fertilizantes químicos. Según (Montaño & Jara, 2022), esta falta de conocimiento limitó la adopción de prácticas agrícolas más sostenibles, comprometiendo el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la ONU.

En Ayacucho, la captura de microorganismos eficientes autóctonos (MEA) para crear una solución madre representó una oportunidad clave para los agricultores, ya que permitió la elaboración de abonos orgánicos en un tiempo significativamente menor que con los métodos tradicionales. Esta tecnología ecoeficiente, que combinó bacterias fototrópicas, bacterias ácido lácticas y levaduras, no solo optimizó el uso de residuos orgánicos que anteriormente se desperdiciaban o se quemaban, sino que también redujo impactos negativos como el desgaste del suelo y la emisión de gases de efecto invernadero. Este problema de investigación se enfocó en la necesidad de desarrollar y promover el biol, utilizando MEA, como una herramienta efectiva para mejorar la sostenibilidad en el cultivo de hortalizas en la región de Ayacucho. Además, se exploraron alternativas sostenibles para mitigar el impacto negativo de los fertilizantes químicos, con un enfoque en la reducción de emisiones, la mejora de la salud del suelo y la seguridad humana.

1.4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.4.1. Problema general

- ¿Cómo evaluar el proceso de la obtención del biol y su aplicación en lechugas y rabanitos de los microorganismos eficientes autóctonos (MEA)?

1.4.2. Problemas específicos

- ¿De qué manera se comparará la efectividad de los MEA de la fase termófila y mesófila en el proceso de obtención del biol?
- ¿Cuáles son las condiciones de exigencia en la producción de biol empleando los microorganismos eficientes autóctonos (MEAS)?
- ¿De qué manera se determinará los componentes nutricionales del biol obtenido nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K)?

- ¿Cómo evaluamos el comportamiento del biol obtenido en el cultivo de lechuga Y rabanito?
- ¿Cómo determinamos la dosis adecuada del biol en las hortalizas lechuga y rabanito?

1.5. ANTECEDENTES

1.5.1. Internacional

La tesis *“Elaboración de cuatro sustratos para la captura de microorganismos eficientes autóctonos de una zona protegida en la parroquia Patricia Pilar”* (Triana, 2020) investigó la creación de sustratos para capturar microorganismos eficientes autóctonos (EM) en una zona protegida de Ecuador. Utilizando un diseño de bloques completos al azar (DBCA) y análisis de varianza (ANDEVA), el estudio evaluó la efectividad de cuatro sustratos en la captura de EM. Los resultados aportaron conocimiento clave sobre la optimización de sustratos para mejorar la sostenibilidad agrícola mediante el uso de EM.

Tabla 1

Descripción de los tratamientos

Descripción	Tratamientos	Repeticiones	UE	Total
Arroz (50 g) + carne (50 g)	T1	4	4	16
Arroz (50 g) + melaza (50 g)	T2	4	4	16
Trigo (50 g) + melaza (50 g)	T3	4	4	16
Cebada (50 g) + melaza (50 g)	T4	4	4	16
Total				64

El análisis de laboratorio mostró un crecimiento significativo de bacterias lácticas en todos los tratamientos estudiados, con variaciones en sus características morfológicas. Aunque no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos, el tratamiento T4 (Cebada 50 g + melaza 50 g) destacó por presentar la mayor concentración de bacterias lácticas, con un promedio de 81,012 UFC/g. La tesis concluyó que las bacterias lácticas fueron los microorganismos predominantes en todos los sustratos evaluados, y que el tratamiento T4 fue el más efectivo para su captura, mostrando un mayor rendimiento en comparación con los otros tratamientos.

1.5.2. Nacional

(Julca, 2017) contrasta en

La tesis tuvo como objetivo evaluar el efecto de tres dosis de compost y tres dosis de biol, ambos enriquecidos con microorganismos eficaces (EM), en el rendimiento del cultivo de fresa. La investigación fue de tipo experimental, descriptiva y

comparativa, utilizando un diseño de campos aleatorios (DCA) con un arreglo factorial. Se implementaron 9 tratamientos y 3 repeticiones para el compost y el biol.

Tabla 2

Representación de los tratamientos

Tratamientos	Descripción
T1	Compost 0 % + Biol 0%
T2	Compost 0 % + Biol 10%
T3	Compost 0 % + Biol 20%
T4	Compost 50 % + Biol 0%
T5	Compost 50 % + Biol 10%
T6	Compost 50 % + Biol 20%
T7	Compost 100 % + Biol 0%
T8	Compost 100 % + Biol 10%
T9	Compost 100 % + Biol 20%

Los resultados, según la prueba de Duncan realizada por el tesista, indicaron lo siguiente: el tratamiento T9 no mostró diferencias significativas con T8 y T6 en la cantidad de frutos. Por otro lado, T5, T7, T4, T3, T2 y T1 sí presentaron diferencias significativas en comparación con otros tratamientos en cuanto a la cantidad de frutos. Los tratamientos T8, T6, T5, T7, T4, T3 y T2 no difirieron significativamente entre sí, mientras que T8, T6, T5 y T7 sí difirieron significativamente de T1. Finalmente, T4, T3, T2 y T1 no mostraron diferencias significativas entre sí en la cantidad de frutos.

(Mendoza, 2021) refiere en su tesis que

Tuvo como objetivo determinar la eficiencia de la biotecnología de microorganismos de montaña (MM) y microorganismos eficientes (EM) en el tratamiento de residuos orgánicos municipales para la producción de compost y biol en la provincia de Ambo, Huánuco, en 2020. La metodología incluyó 16 pilas de compostaje, de las cuales se seleccionaron 7 para el muestreo, clasificadas en tratamientos con MM, EM y un testigo sin tratamiento. Además, se evaluaron dos tratamientos, uno con MM y otro con EM, para la producción de biol.

Tabla 3

Repartición de muestras del proyecto de tesis que trabajaron

Ítem	Muestra	Tipo de tratamiento	Número de repeticiones	Tamaño de muestra
Compost	TMM	Microorganismos de Montaña "MM"	3	800 kg
	TEM	Microorganismos eficientes "EM"	3	800 kg
	ST	Sin tratamiento	1	800 kg
Biol	B1	Microorganismos de Montaña "MM"	1	70 L
	B2	Microorganismos eficientes "EM"	1	70 L

La investigación, de tipo cuasi-experimental, evaluó el uso de microorganismos de montaña (MM) y microorganismos eficientes (EM) en la producción de compost y biol, utilizando un diseño completamente al azar (DCA) con tres repeticiones. Los resultados mostraron la presencia de microorganismos como *Trichoderma* y *Bacillus*, además de patógenos como *Fusarium* y *Rhizoctonia*. Los microorganismos de montaña (MM) superaron ligeramente a los microorganismos eficientes (EM) en la descomposición de materia orgánica, produciendo un biol de mejor calidad en 30 días. El análisis de varianza reveló que microorganismos de montaña (MM) y microorganismos eficientes (EM) influyeron en la temperatura, pero no en la humedad ni en el pH.

(Díaz & Gonzales, 2022) refiere en su

Tesis "Obtención de biol a partir de los residuos sólidos orgánicos domiciliarios, utilizando microorganismos eficientes" investigó la gestión inadecuada de residuos domiciliarios en Ucayali, Perú. Se centró en la producción de biol mediante digestión anaerobia de residuos sólidos orgánicos utilizando microorganismos eficientes. La caracterización de residuos del caserío Las Mercedes reveló que el 73.43% de los 339.5 kg de residuos diarios era fracción orgánica. Se aplicaron cuatro tratamientos y se evaluó la calidad del biol mediante análisis fisicoquímicos, con un enfoque en pH, NPK, color y olor. Los resultados, analizados mediante ANOVA y Tukey, destacaron el tratamiento 1 por su calidad superior, con 0.15% de N, 0.008% de P y 0.02% de K, a un costo de S/. 0.87 por litro.

En conclusión, la aplicación de microorganismos eficientes (EM) mejoró significativamente la calidad del biodigestato, reduciendo el olor, la concentración de sólidos totales y los coliformes fecales, con el tratamiento de 10% de microorganismos eficientes (EM) mostrando el mejor rendimiento general. Estos resultados subrayan el potencial de los microorganismos eficientes (EM) para optimizar el proceso de biodigestión y mejorar la calidad del biodigestato.

1.5.3. Local

(Bautista, 2018); Afirma en su

La investigación evaluó la eficiencia del abono foliar microorganismos eficientes 1 (EM-1) y la incorporación de compost con microorganismos eficientes (EM) en el crecimiento del pasto "maralfalfa". Se diseñó un estudio con un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA) y un arreglo factorial 3EM x 3C, totalizando 36 unidades experimentales. Los resultados mostraron que la aplicación de compost y

microorganismos eficientes (EM) fue altamente significativa en la producción de forraje verde y materia seca en los tres cortes, con cuadrados medios de 253,21 a 397,40 y de 28,280 a 53,366, respectivamente. La altura del pasto también mejoró significativamente, alcanzando 1,39 cm en el primer corte y 1,53 cm en el tercero. En conclusión, la aplicación de compost con microorganismos eficientes (EM) y abono foliar microorganismos eficientes 1 (EM-1) aumentó notablemente el rendimiento del forraje verde, logrando hasta 49,11 t/ha en el tercer corte, junto con mejoras en materia seca y altura de la planta.

1.6. OBJETIVOS

1.6.1. Objetivo general

- Evaluar el proceso de la obtención del biol y su aplicación en lechuga (*Lactuca sativa L.*) y rabanito (*Raphanus sativa*) de los microorganismos eficientes autóctonos (MEA)

1.6.2. Objetivos específicos

- Comparar la efectividad de los MEA de la fase termófila y mesófila en el proceso de obtención del biol.
- Emplear las condiciones de exigencia en la producción de biol empleando las MEAS.
- Determinar los componentes nutricionales del biol obtenido nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K)
- Evaluar el comportamiento del biol obtenido en el cultivo de (*Lactuca sativa L.*) y rabanito (*Raphanus sativa*).
- Determinar la dosis adecuada del biol obtenido en las hortalizas lechuga (*Lactuca sativa L.*) y rabanito (*Raphanus sativa*).

1.7. HIPÓTESIS

1.7.1. Hipótesis general

- La utilización de microorganismos eficientes autóctonos (MEA) en la elaboración de biol y su posterior aplicación en cultivos de lechuga (*Lactuca sativa L.*) y rabanito (*Raphanus sativa*) tendrá un impacto positivo en el crecimiento, desarrollo y rendimiento de las plantas, así como en la salud del suelo y la sostenibilidad del sistema productivo.

1.7.2. Hipótesis específicas

- Los MEA de la fase mesófila presentarán una mayor capacidad de degradación de materia orgánica y producción de biol en comparación con los MEA de la fase termófila, debido a su mayor actividad enzimática y microorganismos.
- La optimización de las condiciones de cultivo (temperatura, pH, aireación y tiempo de fermentación) durante la producción de biol a partir de microorganismos eficientes autóctonos (MEA) resultará en un aumento significativo en la diversidad y actividad metabólica de la comunidad microbiana, lo cual se traducirá en un producto final con mayor eficiencia.
- El biol producido a partir de microorganismos eficientes autóctonos (MEA) contendrá una composición nutricional variable en cuanto a nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K), la cual dependerá de las condiciones de cultivo de los microorganismos y de la naturaleza de los sustratos utilizados.
- La aplicación del biol producido a partir de microorganismos eficientes autóctonos (MEA) en cultivos de lechuga (*Lactuca sativa L.*) y rabanito (*Raphanus sativa*) promoverá un crecimiento vegetal más vigoroso, un aumento en la producción de biomasa y una mejora en la calidad de los cultivos en comparación con tratamientos control.
- Existe una dosis óptima de aplicación del biol producido a partir de microorganismos eficientes autóctonos (MEA) en cultivos de lechuga (*Lactuca sativa L.*) y rabanito (*Raphanus sativa*), la cual maximizará el crecimiento, rendimiento y calidad de las hortalizas.

1.8. ÁREA DE INVESTIGACIÓN

Actividad agroindustrial, orientada a la producción primaria enfatizando la producción orgánica.

1.9. LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

La investigación se enfocó en el aprovechamiento de los subproductos provenientes de la actividad agroindustrial local dándoles las condiciones mínimas para que los MEA se activen para dar inicio en el proceso previo a la obtención del biol y su implicancia en la productividad de lechugas y rabanitos. Haciendo que la investigación sea de tipo cualitativo y cuantitativo, proponiendo una alternativa para la agricultura rural la que aún es conocida como agricultura orgánica.

1.10. FINANCIAMIENTO

Esta tesis de investigación aplicada fue autofinanciada.

1.11. JUSTIFICACIONES

1.11.1. Justificación social

Ante los efectos adversos de los fertilizantes comerciales en los ecosistemas de la agricultura rural se ve como alternativa el uso adecuado de los deshechos propios de dicha actividad, en la obtención de sustancias orgánicas para la agricultura especialmente los abonos foliares. Es conocido que, dentro de la biota de dichos deshechos, cuando se encuentran en procesos de fermentación natural, la participación de microorganismos que aceleran la producción del sustrato, sólido o líquido, las que son de muchísima importancia para la productividad. Esto implica brindar las condiciones mínimas para que dichos microorganismos formen dichos sustratos (compost, bioles, etc.), las que se conocen como microorganismos eficientes autóctonos (EMA) que obtenidas los productos de estas mismas contribuirán en la mejora del microbiota del suelo dando rendimientos adecuados para la agricultura rural. Hoy en día los microorganismos eficientes (EM) tiene muchas aplicaciones, como por ejemplo en el crecimiento de semillas, desinfección de galpones de crianza de animales entre otras.

1.11.2. Justificación económica

En el sector agrícola los abonos orgánicos van siendo muy importante día a día, esto por sus excelentes beneficios para el ambiente y económico, con lo que se observa una revaloración ancestral donde no solo se beneficie el agricultor sino también el consumidor pues se les estará brindando alimentos sanos, libre de componentes convencionales como las que brinda una agricultura convencional.

1.11.3. Justificación tecnológica

La presente investigación surge de la necesidad de evaluar los EMAS en la obtención de biol y la efectividad en campo en el crecimiento en lechugas y rabanitos; como primer punto de partida y su aplicación a futuro en otros cultivos más exigentes, dando una alternativa de beneficio a los agricultores rurales fortaleciendo la productividad orgánica así mismo en los consumidores bríndenseles alimentos sanos. La investigación busca proporcionar información útil principalmente a los agricultores rurales para mejorar el rendimiento de sus cultivos y prevenir de plagas y enfermedades con el uso de estos microorganismos de manera directa, como también por la aplicación de abonos orgánicos como el biol y compost.

CAPÍTULO 2 MARCO TEÓRICO

2.1. BASES TEÓRICAS

2.1.1. Abonos orgánicos

Son todos aquellos residuos naturales u orgánicos descompuestos que tienen beneficios positivos sin dañar al medio ambiente, es así que (Garro, 2010, p. 6) refiere que los abonos orgánicos se obtienen mediante una degradación y mineralización de residuos orgánicos tales como el estiércol, desechos de la cocina, pastos verdes, etc., estos una vez degradados pueden ser usados en suelos agrícolas para activar y aumentar la acción microbiana en el suelo.

(Enríquez, 2015, p. 8) define a los abonos orgánicos como un material natural que tiene por finalidad incrementar la fertilidad del suelo, este método fue utilizado desde los principios de la agricultura permitiendo alimentar a toda la humanidad sin causar efectos negativos de los beneficios nutritivos del suelo.

2.1.1.1. Importancia de los abonos orgánicos

“La importancia radica principalmente por la necesidad de disminuir la dependencia de productos químicos sintéticos en diferentes cultivos obliga a buscar alternativas fiables y sostenibles dentro de la agroindustria”(Mosquera, 2011, p. 4)

Según (Álvarez & Rimski, 2016, p. 11) es importante porque “contribuye a la reposición de nutrientes, a asegurar una buena actividad biológica, a mantener o aumentar el contenido de materia orgánica del suelo y mejorar las propiedades físicas del mismo”

2.1.1.2. Clasificación de los abonos orgánicos

(Trinidad & Velasco, 2016) a los abonos orgánicos los clasifica en turba, estiércoles, abonos verdes, residuos de las cosechas, residuos orgánicos industriales, desechos orgánicos urbanos, compost, vermicompost y bocashi, biol, entre otros.

2.1.1.2.1. Microorganismos eficientes (EM)

Los microorganismos eficientes, son aquellos como inoculantes microbianos que tienen diferentes usos en la agricultura y como tal tienen muchos beneficios para suelos donde se cultiva, además genera una agricultura y medio ambiente eco sostenible.

(EM México, 2022) Define a los microorganismos eficientes como un “producto líquido que está procesado a base de bacterias fototrópicas, lacto bacilos, varios tipos de levaduras y hongos de fermentación”.

“Los microorganismos eficientes, restablecen el equilibrio biológico de la tierra y mejoran las condiciones físico químicas, incrementa la producción como también las protege a los cultivos” (Luna & Mesa, 2017).

2.1.1.2.1.1. Beneficios de los microorganismos

Según (Tarazona, 2021) los microorganismos tienen numerosas funciones y pueden facilitar de manera directa o indirecta los cuales se mencionan a continuación:

- Mejora la absorción de agua y nutrientes de las plantas.
- Mejora la protección física frente a hongos patógenos y nematodos.
- Limitación en la absorción de metales pesados.
- Hay un mayor desarrollo radicular y capacidad exploratoria de la raíz.
- Libera de a poco los elementos nutritivos y contribuye a la reserva residual de N y P orgánico del suelo, de esta manera reduce las pérdidas del N por lixiviación y la fijación del P, pueden suministrar también a los microelementos nutritivos.
- Ayuda destruir la pared celular de los hongos patógenos mediante enzimas y antibióticos que excretan al medio.
- Aumenta el contenido de materia orgánica al suelo.

2.1.1.2.1.2. Usos de los microorganismos eficientes

(EMPROTEC, 2013) destaca los diversos usos potenciales de los microorganismos eficientes (EM), con énfasis en su aplicación en la agricultura como alternativa a los agroquímicos y fertilizantes sintéticos.

2.1.1.2.1.3. Tipos de microorganismos eficientes

Los microorganismos eficientes (EM) son una mezcla de diversos grupos microbianos beneficiosos para la agricultura y el medio ambiente. Según las investigaciones de (Averos, 2022), (Hidalgo et al., 2022) y (Krishna et al., 2018), los principales microorganismos presentes en los EM son: bacterias del ácido láctico, bacterias fototrópicas, levaduras y los actinomicetos.

2.1.1.2.1.4. Captura de los microorganismos eficientes (EM)

Técnicas para la captura o aislamiento de microorganismos eficientes (EM) en la agricultura orgánica

(Han, 2019) describe diversas técnicas para la captura o aislamiento de microorganismos eficientes (EM) en el sector agrícola orgánico. Estas técnicas, que emplean sustratos naturales, resultan beneficiosas para las tierras de cultivo y promueven una mejor producción de plantas y sus frutos. A continuación, se detallan algunas de estas técnicas con maderas de bambú, con arroz cocido, con cereales cocidos o incluso directo con insumos de melaza y leche en forma líquida.

Existen diversas técnicas para capturar EM a partir de diversos sustratos, como compost, materia seca en descomposición, montañas o incluso bajo el suelo. (Escalona, 2014) describe un método específico para la captura de EM en compost utilizando arroz como sustrato:

Materiales:

- Frasco de plástico (1 litro)
- 120 g de arroz cocido
- Pedazo de tela de algodón
- Liga

Procedimiento:

1. Cocinar el arroz solo con agua y compactarlo en el frasco.
2. Cubrir el frasco con la tela de algodón y ajustar con la liga.
3. Colocar el frasco en un talud húmedo y cubrirlo con materia orgánica.
4. Dejar reposar durante 15 días para la captura de EM.
5. Utilizar la solución obtenida como base para la preparación de la solución madre de EM.

2.1.1.2.1.5. Aplicación de EM

según (Carbonelli, 2020, p. 67) la dosis y aplicación de EM es como muestra la tabla siguiente:

Tabla 4

Aplicación de EM

Aplicación	Dosis de EM	Tiempo
Aplicación en follaje	2%	...
Aplicación en preparación de suelos	2% a 5%	...
Aplicación en germinación y enraizamiento	2%	30 a 60 min.

2.1.1.2.2. Biol

El biol es un biofertilizante líquido procesados en un biodigestor, con los insumos necesarios se convierte en un super biol, que beneficia en todas las etapas de un cultivo, además son eco amigables con la naturaleza, su elaboración es sencilla.

(CEMSE, 2015) Define al biol como un

Fertilizante foliar (líquido) de origen orgánico, que se adquiere de un proceso de descomposición anaeróbica de los desechos orgánicos y sustratos de plantas como (leguminosas: alfalfa, arveja, haba, tarwi, etc.) y estiércol fresco de animales como los vacunos, porcinos, ovinos, gallinas, cuyes, etc., estos pueden ser obtenidos a través de la filtración de los bioabonos, pueden ser aplicadas en diferentes cultivos para mejorar el crecimiento y desarrollo como también estimulando mayor resistencia contra plagas y enfermedades.

2.1.1.2.2.1. Beneficios e importancia del biol

Además de mejorar la producción de los cultivos y su desarrollo el biol según (Proyecto Jatun Sacha, 2017) y (CEMSE, 2015) tiene beneficios como:

- Estimular la floración y la fructificación.
- Aumentar el follaje.
- Ayuda mejorar el enraizamiento de los cultivos.
- Acelerar y uniformizar la germinación de las semillas
- Acelerar y aumentar crecimiento de los brotes
- Con su olor repelente ayuda a rechazar plagas.
- Rápida absorción de las plantas
- Promover en la estimulación del desarrollo de los cultivos y las actividades fisiológicas.

2.1.1.2.2.2. Insumos y materiales que se necesita para preparar biol

Según (FONCODES, 2020) para una capacidad de 60 litros se necesita los siguientes materiales e insumos:

Materiales:

- Un bidón de plástico de 60 litros con tapa hermética.
- 1 metro de manguera transparente de ¼ de pulgada.
- 1 botella descartable de 1 litro y pegamento (silicona o soldimix)

Insumos:

- 1,54 kilos de hojas verdes de trébol, alfalfa, tarwi u otras leguminosas.

- 0,54 kilos de melaza o azúcar rubia diluida.
- 50 g de levadura (opcional).
- 0,9 litros de chicha de jora.
- 3,75 kilos de guano fresco de vaca o de cuy.
- 0,6 kilos de roca fosfórica
- 0,3 kilos de ceniza de leña.
- 0,3 litros de leche o suero.
- 0,1875 kilos de cáscara de huevo
- 0,45 kilos de cáscara de plátano
- 0,75 kilos vísceras de pescado
- 10 % de microorganismos de montaña
- Agua hasta los 45 litros.

2.1.1.2.2.3. Características físico químicas del biol

Según (Gil et al., 2023), El biol, un fertilizante orgánico obtenido a partir de la fermentación de residuos orgánicos mediante la acción de microorganismos eficientes, presenta diversas características fisicoquímicas que son importantes para su aplicación en la agricultura. Algunas de estas características incluyen:

1. **pH:** El biol generalmente tiene un pH que puede variar entre 5.5 y 7.5, siendo ligeramente ácido o neutro, lo que favorece su uso en diferentes tipos de suelos.
2. **Conductividad Eléctrica (CE):** La conductividad eléctrica mide la cantidad de sales disueltas en el biol. Valores de CE moderados son indicativos de una buena concentración de nutrientes, pero valores excesivamente altos pueden ser perjudiciales para las plantas.
3. **Nutrientes:**
 - **Nitrógeno (N):** Esencial para el crecimiento vegetal; el biol puede contener entre 0.1% y 0.5% de N, dependiendo de los materiales de partida.
 - **Fósforo (P):** Importante para el desarrollo de raíces y floración, con concentraciones que pueden variar entre 0.01% y 0.1%.
 - **Potasio (K):** Ayuda en la regulación del agua y en procesos metabólicos, con niveles que también pueden variar entre 0.01% y 0.2%.
4. **Color y Olor:** El biol suele tener un color marrón oscuro a negro y un olor característico que puede ser agradable o desagradable, dependiendo de su proceso de producción y de los materiales utilizados.

5. **Densidad:** La densidad del biol puede variar, pero generalmente se encuentra entre 1.0 y 1.2 g/cm³.
6. **Materia Orgánica:** El biol contiene un alto porcentaje de materia orgánica, que es crucial para mejorar la estructura del suelo y la retención de humedad.
7. **Microorganismos:** Contiene una diversidad de microorganismos beneficiosos, incluyendo bacterias, hongos y actinobacterias, que contribuyen a la salud del suelo y al crecimiento de las plantas.
8. **Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC):** Indica la habilidad del biol para retener y liberar nutrientes esenciales para las plantas.

Tabla 5*Composición química de biol*

Prmt	Unidad	Biol 2013036-1
Ph	u.	5,4
CE 2:10	mmhos	33,18
SDT	%	2,12
MO	%	36,4
CO	%	21,11
N	%	1,8
C/N	%	11,6
P	%	0,76
Na	%	0,06
K	%	0,9
Ca	%	0,1
Mg	%	0,05
Fe	ppm	63,3
Mn	ppm	2
Zn	ppm	1
Cu	ppm	0,2

Nota. La tabla representa la composición química del biol, el cual representa los nutrimentos importantes para el desarrollo vegetativo de los cultivos. Tomado de (Cando & Malca, 2017)

2.1.1.2.2.4. Aplicación del biol

El biol, una vez cosechado, se mezcla con agua para su aplicación. Este abono líquido se aplica preferiblemente a hojas y tallos, pero es importante diluirlo adecuadamente para evitar quemaduras en las plantas. Si se aplica sin diluir, puede causar daños considerables.

Dosis y frecuencia:

Según FONCODES (2020), la proporción de biol en relación con el agua debe ser de entre 5% y 25% para una mochila de 15 litros. Esto significa que se pueden usar de 1 a 3 litros de biol aproximadamente, dependiendo de varios factores como tipo de cultivo, estado de crecimiento de la planta y época de aplicación.

Tabla 6*Dosis de biol recomendadas para la aplicación*

Cultivo	Dosis para mochila de 15 litros (litros)	Agua (litros)	Intervalo de aplicación (días)
Frutales			
Durazno, ciruelos, otros	2 a 3	13 a 12	10 a 15
Leguminosas			
Haba, arveja, alfalfa, otros.	1,5 a 2	13,5 a 13	15
Tubérculos			
Papa, olluco, oca, otros	2 a 3	13 a 12	10 a 15
Hortalizas			
Zanahoria, cebolla, rábano, otros	1,5	13,5	10
Cereales			
Trigo, cebada, avena, otros.	3	12	15
Maíz	2	13	10

Nota. En la tabla se representa la recomendación de aplicación de dosis adecuada en diferentes cultivos. Tomado de (Claros et al., 2010)

2.1.2. Biodigestión anaeróbica

2.1.2.1. Definición

La biodigestión anaeróbica es un proceso mediante el cual se lleva a cabo en un contenedor o recipiente herméticamente cerrado (llamado reactor), dentro de este contenedor se deposita los residuos orgánicos a fermentar con un porcentaje mayor de agua (libre de cloro), cuando los insumos necesarios estén dentro del reactor inicia la descomposición anaerobia donde se produce gas metano y biofertilizantes ricos en N, P y K, sin embargo la composición va a depender en gran manera del tipo de residuo orgánico que ingrese al biodigestor, se puede deducir que cada biol es único (Aparcana, 2008).

2.1.2.2. Beneficios de los biodigestores

Los biodigestores pueden tener muchos beneficios para los usuarios, la sociedad y el medio ambiente en el cual vivimos, entre los más importante tenemos según (Spagnoletta, 2008, como se citó en Reyna, 2019, p. 37)

- Producir energía (electricidad, luz y calor).
- Transformación de los desechos orgánicos a productos de buena calidad como es el caso de biol.
- Mejorar la reducción de patógenos y huevos de gusanos e insectos con las condiciones higiénicas.

- Mejora las condiciones de salud, principalmente a las mujeres y niños por el mismo hecho de no usar leña que genera humo al quemarla.
- Son eco amigables ya que protegen al suelo, agua, aire y de la vegetación (leña), además evita la producción de metano que son abandonados el estiércol en la tierra.
- Con la sustitución de energía y fertilizante genera beneficios microeconómicas y fuentes de ingreso adicional, además ayuda ingresos adicionales como en la actividad económica.
- También tiene beneficios macroeconómicos con la generación de energía descentralizada y cuidado del medio ambiente.

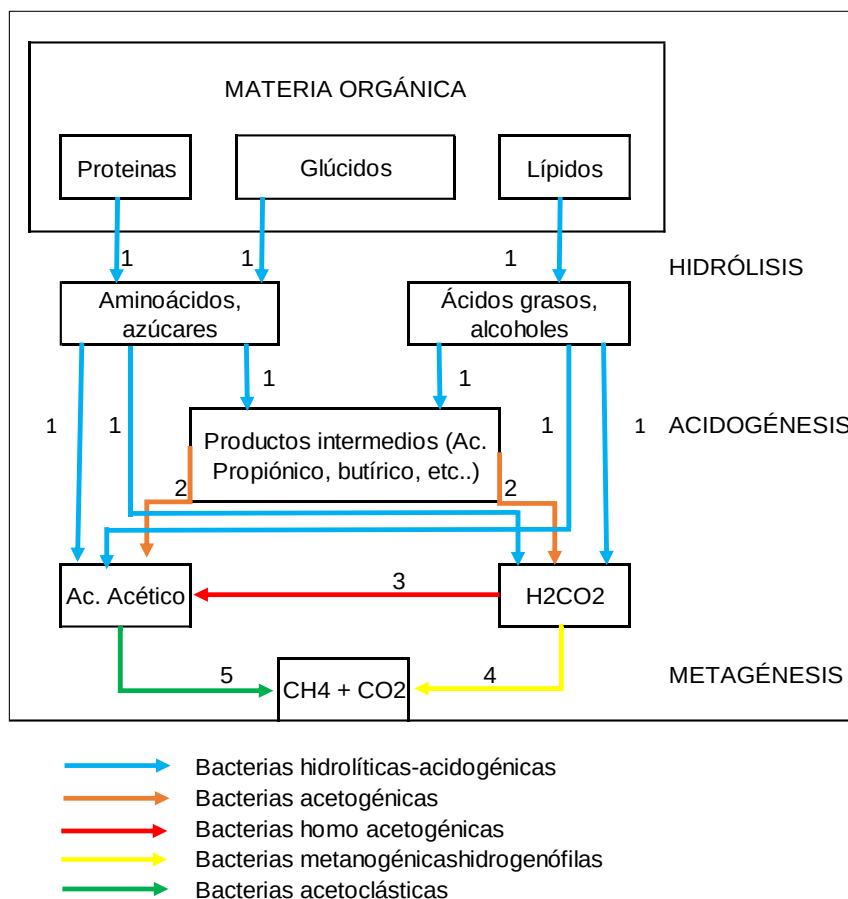
2.1.2.3. Etapas del proceso de biodigestión

Según (BiodiSol, 2010), el proceso de biodigestión consta de cuatro etapas:

- Hidrolisis: es la etapa donde comienzan a descomponerse las materias orgánicas que se encuentran en sustancias complejas (carbohidratos, lípidos, proteínas) en sus moléculas más simples como azúcares, ácidos grasos y aminoácidos.
- Acidogénesis: las moléculas simples por la acción de las bacterias acidogénicas son convertidas en ácidos grasos volátiles, alcoholes, dióxido de carbono, amoníaco y sulfuro de hidrógeno por parte de las bacterias acidogénicas.
- Acetogénesis: los ácidos grasos volátiles y alcoholes son transformados en ácido acético, dióxido de carbono e hidrogeno por la acción de las bacterias acetogénicas.
- Metanogénesis: es la etaba donde se produce el metano y dióxido de carbono a partir de los productos originados en la etapa de acetogénesis por la acción de las bacterias metanogénicas.

Cabe mencionar que cada proceso o etapa es muy importante para la degradación de la materia organica para producir principalmente gases como metano y dióxido de carbono y un digestado que es el biol.

Figura 1
Etapas del proceso de biodigestión anaeróbica.



Nota. En la figura se representan las etapas de fermentación anaeróbica como la hidrólisis, acidogénesis y metagénesis. Tomado de (BiodiSol, 2010)

2.1.3. Algunos parámetros a evaluar del biol

2.1.3.1. Producción del dióxido de carbono (CO₂)

El dióxido de carbono es un gas inodoro que a mayores escalas causa el calentamiento global, en este caso el CO₂ es producido por la fermentación o descomposición de materia orgánica en un proceso anaeróbico por la participación de microorganismos en el proceso, produciendo el abono orgánico llamado biol (Durand Villegas, 2018).

2.1.3.2. Nitratos

Son compuestos formados por nitrógeno y oxígeno, el nitrato es lo más importante para el follaje de las plantas y su desarrollo mismo. El nitrato generalmente se convierte en nitrato para su absorción por la planta misma (Bolaños-Alfaro et al., 2017).

El nitrato es soluble en agua y fácilmente se concentra o aumenta su carga en el suelo con la presencia de la materia orgánica. Para ser absorbido el nitrato como tal tiene que pasar

por el proceso de nitrificación generalmente desde el amonio por la presencia de microorganismos (Bolaños-Alfaro et al., 2017).

Para su análisis o determinación de nitratos se usa el método de colorimétrico, para lo cual se requiere los siguientes reactivos y materiales.

- Espectrofotómetro
- Amoniaco puro.
- Reactivo de zambelli.
- Solución madre patrón de nitritos de 0,23 g/L.
- Solución hija patrón de nitritos de 0,0023 g/L.

Para construir la curva de calibración del método colorimétrico para determinar nitratos se realiza como se muestra la siguiente tabla:

Tabla 7

Tabla de datos para construir la curva de calibración

Numero de los matraces	B	1	2	3	4	5
Solución hija (mL)	0	1	5	10	15	20
Agua destilada (mL)	50	49	45	40	35	30
Reactivo de Zambelli (mL)	2	2	2	2	2	2
Esperar 10 min y añadir						
Amoniaco puro	2	2	2	2	2	2
Correspondencia (mg/L de NO_2^-)	0	0,046	0,23	0,46	0,69	0,92

Nota. En la tabla se muestra el método de calibración para cálculo de los nitratos. Tomado de (Bolaños-Alfaro et al., 2017).

Para la muestra, se debe tomar 50 mL y añadir 2 mL del reactivo Zambelli. Agitar y dejar reposar por 10 min, seguidamente de 2 mL de amoniaco puro. Finalmente llevar al espectrofotómetro y leer a 435 nm de longitud de onda. Para luego obtener el resultado en la curva de calibración.

2.1.3.3. Humedad y materia seca

El proceso de determinación de la humedad es llevar una muestra representativa a la estufa a 100 a 105 °C durante 3 a 4 horas, verificar que los pesos pasados el tiempo y volver a colocar por un tiempo extra, si ya no existe variación de pesos. Se toma el peso final y por la diferencia de pesos se obtendrá el porcentaje de humedad y materia seca del producto

a analizar, para obtener datos más reales se debe realizar por lo menos por triplicado (Chuqui Diestra, 2018).

$$\% \text{ Humedad} = \frac{\text{Contenido de agua}}{\text{Peso de la muestra}} \times 100$$

$$\% \text{ Materia seca} = 100\% - \% \text{ Humedad}$$

Por otro lado, es muy importante cuantificar la cantidad de cenizas totales de la muestra ya que nos podrá definir o ayudar la determinación de minerales como el calcio, fósforo, magnesio, sodio, potasio, etc. El procedimiento a realizar para la obtención o cálculo de las cenizas es llevar una muestra representativa a un mufla a 600 °C durante una hora aproximadamente, finalmente por la diferencia de pesos se calcula la cantidad de cenizas presentes en la muestra o materia seca (Chuqui Diestra, 2018).

$$\% \text{ De ceniza} = \frac{\text{Peso de ceniza}}{\text{Peso de la muestra}} \times 100$$

2.1.4. Hortalizas de tallo corto

Las hortalizas de tallo corto generalmente son productos que son de consumo directo como el apio, lechugas, rabanito, acelga, esparrago, etc.

2.1.4.1. La Lechuga (*Lactuca sativa* L)

Es una hortaliza de tallo corto que son de consumo diario en la mesa de cada familia, son considerados como las hortalizas de mayor importancia ya que su periodo de producción es corto. Los mismos que son ricos en vitaminas y minerales (Carranza, 2009, citado en Huanca Huisa, 2019).

La variedad capitata Lam, es muy reconocible por su formación de un cogollo apretado de hojas, mientras sus hojas pueden ser anchas y orbiculares, por ese motivo se les conoce como las lechugas agolladas.

2.1.4.2. Agroecología de la lechuga

Temperatura. La lechuga son cultivos muy delicados, las semillas pueden germinar en temperaturas de 20 a 25 °C, el crecimiento de las hojas y la formación del repollo pueden estar o darse de 16 a 21 °C, la floración se da de 20 a 22 °C. en general el cultivo de esta hortaliza se da en climas templados y húmedos (Yuste, 1997, citando en Huanca Huisa, 2019)

Suelo. Estas hortalizas se pueden desarrollar en distintos tipos de suelos los mejores se pueden obtener en suelos que tiene pH de 5,8 a 6,5.

Densidad. Puede obtenerse un aproximado de 40 000 a 120 000 plantas por hectárea, teniendo una instalación de 20 a 30 cm de separación de planta en planta.

Requerimientos nutricionales. Para una buena calidad de las lechugas es necesario que la fertilización sea adecuada, las cuales la tierra o el sustrato debe ser rico en dosis como el nitrógeno 120 Kg/ha, fosforo 50 Kg/ha y potasio 150 Kg/ha (Yuste, 1997, citando en Huanca Huisa, 2019).

Requerimiento nutricional total de la lechuga:

El requerimiento nutricional de la lechuga se puede resumir en términos de Kg/ha, los cuales se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 8

Requerimiento nutricional de la lechuga

Nutrientes	Unidad (Kg/ha)
Nitrógeno (N)	55 - 106
Fosforo (P ₂ O ₅)	20 - 30
Potasio (K ₂ O)	120 - 233
Calcio (CaO)	35 – 37
Magnesio (MgO)	10 – 13

Fuente: (Rivera Arredondo, 2015, p. 25).

2.1.5. El Rabanito (*Raphanus sativus* L)

El rabanito es una hortaliza de consumo directo, en Perú generalmente se consume la raíz en ensaladas. Según investigadores el rábano se originó en China aproximadamente en los años 400 a.c., la producción de esta hortaliza es de periodo corto que pueda comprender entre 25 a 30 días (Eroski, 2011, citado en Carrera Bastidas, 2015).

2.1.5.1. Agroecología del cultivo de rabanito

Según afirma Gómez, 2009, citando en Valdez Dextre, 2015, menciona que las características agroecológicas es en clima tropical o subtropical, temperatura optima de 15 °C y suelos arenosos o suelto con un pH de 5,5 a 6,8, entre surc a 30 cm y 5 cm entre planta, además el rabanito es un cultivo de muy exigente, lo cual se necesita de 60 – 120 Kg/ha de nitrógeno, 40 – 100 Kg/ha de P₂O₅ y 70 – 140 Kg/ha de K₂O.

Requerimiento nutricional del rabanito

Según (Flores Quispe, 2015; Laserna, s. f.), el requerimiento de nutricional del rabanito se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 9*Requerimiento nutricional del rabanito*

Nutrientes	Unidad (Kg/ha)
Nitrógeno (N)	80 – 100
Fosforo (P_2O_5)	30 – 40
Potasio (K_2O)	90 – 110

Los valores plasmados en la tabla son aproximados según bibliografías ya que va ver una variación de acuerdo a las condiciones del suelo y manejo agronómico.

2.2. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS

Microorganismo: “Es cualquier líquido que se ingiere y aunque la bebida por excelencia es el agua. Siendo su principal objeto calmar la sed” (Wildman, 2007).

Microorganismos eficientes: Son los promotores del desarrollo ya que albergan millones de microorganismos, estos pueden ser partícipes en distintos procesos como el tratamiento de agua, descomposición de residuos sólidos, producción de alimentos, etc.

Biol: Es ampliamente usado en la agricultura por ser un abono que estimula el crecimiento foliar, en general el buen desarrollo de los cultivos.

Autóctono: Un autóctono es netamente de un lugar en específico.

Biodigestor: Es un material que se usa para descomponer la materia orgánica, lo cual tiene que ser un material hermético.

Abono orgánico: Los abonos orgánicos, como el compost, el estiércol, el humus de lombriz y el biol, son materiales de origen vegetal o animal que mejoran la fertilidad del suelo al liberar nutrientes de forma gradual. Su uso promueve la salud del suelo, la actividad biológica y reduce la dependencia de insumos químicos, favoreciendo una agricultura sostenible y minimizando el impacto ambiental.

Biodigestión: Es un proceso donde los microorganismos en ausencia del oxígeno participan para la formación de un producto.

Melaza: Es una solución de azúcar de color viscoso, que generalmente se obtiene de la caña de azúcar conocida como la miel de caña.

CAPÍTULO 3

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se llevó a cabo en el ámbito correspondiente a la sección no alimentaria de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, ubicada en Programa de Pastos y Forrajes de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, específicamente al frontis del laboratorio de curtiembre.

3.1. MATERIALES

3.1.1. Materia prima y otros

- A.** Materiales e insumos utilizados en la elaboración compost (componente principal para la captura de los microorganismos eficientes).
 - Los materiales como palos y plástico.
 - Restos de cosecha como hojas, frutos, follajes y tubérculos.
 - Restos de cocina que puede ser frutas y hortalizas.
 - Estiércol de cuy y gallina de corral.
 - Ceniza.
 - Agua.
 - Termómetro
 - pH – metro
 - Pala y pico
- B.** Materiales e insumos utilizados para la captura de los microorganismos eficientes autóctonos.
 - Arroz 2,2 kilogramos para ambas fases.
 - Tela de yute.

- Hilo o liga.
- 18 envases de plástico descartable
- 15 kilos de melaza.
- 2 biodigestores artesanales.
- Toca, guantes, guardapolvo.
- 44 litros de agua pura o sin cloro.
- 2 metros de manguera transparente.
- 2 botellas de plástico.

C. Materiales e insumos utilizados para la producción de biol (los insumos y materiales que se muestra a continuación es para los 13 biodigestores incluido el testigo)

- 2 kg de hojas verdes de alfalfa
- 0,72 kg de melaza.
- 0,5 sobre de levadura.
- 1,2 litro de chicha de jora.
- 1 kg de vísceras de pescado
- 5 kilos de estiércol fresco de panza de vaca.
- 0,4 kg de ceniza.
- 0,4 litro de leche fresca.
- 0,8 kilos de roca fosfórica.
- 0,25 kg de cáscara de huevo.
- 0,6 kg de cáscara de plátano.
- Solución madre de MEA en concentraciones de 5 %, 7,5 % y 10 % (solo para los tratamientos, mas no para el testigo).
- Agua potable sin cloro hasta dejar un espacio de 7 a 10 cm de altura de la tapa.
- 13 biodigestores artesanales de 40 litros cada una.
- 13 metros de manguera de $\frac{1}{4}$ de pulgada.
- Pegamento.
- 13 botellas descartables de 1 litro

D. Materiales e insumos para aplicación de biol en parcelas experimentales

- Terreno preparado de 36 m², 400 plántulas de lechuga, ¼ de kg de semilla de rabanito, 2 picos y 2 azadones, Wincha de 5 metros, Cordel de 100 metros.

3.1.2. Herramientas y otros

- Rastra
- Wincha
- Rollizos
- Cintas
- Cemento
- Arena asentar
- Piedra chancada
- Ladrillos
- Manguera nivel, otros.

3.1.3. Reactivos

- Agua oxigenada de 3 % de peróxido de hidrógeno (5 ml por 100 g de tierra)
- Vinagre (5 % de ácido acético) (5 ml por 100 g de tierra)

3.1.4. materiales de laboratorio

- Vaso precipitado de 100 ml, 250 ml y 500 ml
- Probetas de 250 ml, 500 ml y 1000 ml
- Biodigestores de 45 litros.

3.2. EQUIPOS E INSTRUMENTOS

3.2.1. Los equipos e instrumentos utilizados para los diferentes análisis son:

- Balanza digital
- pH – metro
- Termómetro

3.3. METODOLOGÍA

La metodología de la investigación se realizó en tres etapas:

- **Etapas 1:** Elaboración de compost, captura de MEA y solución madre
- **Etapas 2:** Elaboración de biol a diferentes concentraciones de MEA
- **Etapas 3:** Aplicación de biol en hortalizas (lechuga y rabanito)

3.3.1. Variables e indicadores

3.3.1.1. Variables independientes

- Microorganismos eficientes autóctonos (MEA)
- Sustratos para la obtención del biol

3.3.1.2. Variables dependientes

- Calidad del biol (N, P, K) y percepción sensorial
- Parámetros morfológicos de la lechuga y rabanito (altura de planta, número de hojas, peso, diámetro)

3.3.1.3. Definición operativa de variables e indicadores

Tabla 10

Definición de variables e indicadores

Variable	Dimensiones/ variables		Definición operacional	Indicadores	Instrumento/ Método
Independientes	Microorganismos autóctonos	Mesófila	Los MEA están conformados por un consorcio de microorganismos, tal es así que confiere a los beneficios del biol.	Tipos de MEA (%)	Termómetro/ Cuantitativa(días)
		Termófila		Tipos de MEA (%)	Termómetro/ Cuantitativa(días)
	Sustratos para la obtención de biol	5 % de MEA + (S*)	Biol es un abono foliar elaborados en biodigestores artesanales con residuos orgánicos y rastrojos de la zona.	Presencia de CO2	N° de días
		7,5 % de MEA+ (S*)		Presencia de CO2	N° de días
		10 % de MEA + (S*)		Presencia de CO2	N° de días
	Dependientes	Calidad del biol	Factores físicos del biol	La composición depende de los residuos orgánicos usados, del proceso de elaboración y los	Color Percepción Sensorial
Factores químicos del biol				pH	Cuantitativa

Variable	Dimensiones/ variables	Definición operacional	Indicadores	Instrumento/ Método
		factores físicoquímicos.	N, P y K	
Parámetros morfológicos	Altura de planta Color de la planta Diámetro hortaliza. Días de cosecha Peso de hortaliza	Los rendimientos de las hortalizas dependen de las condiciones edafológicas y el manejo durante toda la etapa del cultivo.	Crecimiento Color crecimiento Forma Tiempo Peso	Cuantitativa/ instrumental

(S*): Son los sustratos para biol (alfalfa 2 kg, melaza 2 kg, leche o suero 0,4 L, Chicha de jora 1,2 L, ceniza o cal 0,4 kg, levadura 0,5 sobre, estiércol fresco de vaca 5 kg, roca fosfórica 0,8 kg, cáscara de huevo 0,25 kg, cáscara de plátano 0,6 kg, vísceras de pescado 1 kg), formulación propia según experiencias en el campo, pero basándose en (Zegers M. et al., 2021) y (FONCODES, 2020).

3.3.2. Diseño metodológico

El método de investigación adoptado se centró en un enfoque cuantitativo, dado que se realizó en un periodo específico y en momentos concretos, lo que permitió generar datos estadísticos relevantes. Asimismo, la investigación se estructuró en diferentes etapas, lo que facilitó una comprensión sistemática y completa del fenómeno estudiado.

3.3.2.1. Tipo de investigación

Esta investigación fue de tipo aplicativo.

3.3.2.2. Nivel de investigación

El trabajo se centró en el uso de microorganismos eficientes autóctonos para la obtención de biol y su aplicación en hortalizas, con un enfoque de nivel aplicativo. Esta investigación buscó generar resultados prácticos en la mejora de cultivos hortícolas mediante el uso de biol.

3.3.2.3. Diseño de la investigación

a) Diseño de investigación en la producción del biol

En este estudio, se aplicó un Diseño Factorial 2k para evaluar la producción de biol y la concentración de la solución madre. Los MEA no fueron tipificados en laboratorio, sino identificados mediante la coloración observada en el sustrato de arroz. Se definieron dos niveles para los MEA y tres niveles para la concentración de la solución madre, con dos repeticiones para cada combinación. Esto permitió la evaluación de un total de 12 tratamientos experimentales, manteniendo un tratamiento control como referencia, tal como se detalla en la tabla 12.

Tabla 11

Diseño experimental de la investigación

Repetición	X1	X2	Tiempo	pH	N, P, K (mg/L)
1	ME	5%			
2	ME	7,50%			
3	ME	10%			
4	TE	5%			
5	TE	7,50%			
6	TE	10%			
7	ME	5%			
8	ME	7,50%			
9	ME	10%			
10	TE	5%			
11	TE	7,50%			
12	TE	10%			
13	Testigo	0%			

X1: Microorganismos eficientes autóctonos de la fase mesófila (ME) y termófila (TE).

X2: Es la concentración de la solución madre de los microorganismos eficientes autóctonos para la elaboración de biol.

Tabla 12

Concentración de los MEA para la elaboración de biol en las dos fases

A	X1	PO MO	Mesófila			Termófila		
B	X2	[] MEA	5%	7,5%	10%	5%	7,5%	10%

MEA: Microorganismos eficientes autóctonos

POMO: Proceso de obtención de los microorganismos

[] MEA: Concentración de Microorganismos eficientes autóctonos

El modelo estadístico lineal con el cual se va a trabajar en la investigación a usar es lo siguiente:

$$Y_{ijk} = u + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

$$i = 1, 2, \dots, p \text{ (Niveles del factor A)}$$

$$j = 1, 2, \dots, q \text{ (Niveles del factor B)}$$

$$k = 1, 2, \dots, r \text{ (repeticiones)}$$

Donde:

Y_{ijk} : es la variable respuesta de la k-ésima observación bajo el j-ésimo nivel del factor B sujeto al i-ésimo nivel de tratamiento A.

μ : Es la constante media de la población a la cual pertenecen las observaciones.

α_i : Es el efecto del i-ésimo nivel del factor A.

β_j : Es el efecto del j-ésimo nivel del factor B.

$(\alpha\beta)_{ij}$: Es el efecto de la interacción del i-ésimo del nivel del factor A, en el j-ésimo nivel del factor B.

ε_{ijk} : Es el efecto del error experimental, que está distribuido como $\varepsilon_{ijk} \sim \text{DNI}(0, \sigma_e^2)$

b) Diseño de investigación en la producción de las hortalizas (rabanito y lechuga)

En este estudio, se utilizó un Diseño Factorial 2k para optimizar la dosis en el crecimiento de lechuga y rabanito. Se evaluaron dos factores (cultivo: lechuga y rabanito) y cuatro niveles de dosis, con tres repeticiones para la lechuga y dos para el rabanito, resultando en 12 y 8 tratamientos experimentales, respectivamente. Cada cultivo incluyó un tratamiento control, tal como se muestra en las Figuras 2 y 3, lo que permitió un análisis detallado del efecto de las dosis sobre los parámetros de crecimiento y desarrollo vegetal.

En el proyecto de tesis se consideró inicialmente el Diseño Completamente al Azar (DCA). Sin embargo, durante la ejecución, se optó por reemplazarlo con un diseño factorial $2k^2 \times k^2$, lo cual se justifica por las siguientes razones:

- **Interacción entre Factores:** El diseño factorial $2k^2 \times k^2$ permite evaluar el efecto de múltiples factores (por ejemplo, temperatura, tipo de sustrato, y tiempo

de fermentación) y sus interacciones sobre la producción de biol. Esto es crucial cuando se espera que la combinación de factores pueda influir en el resultado final, algo que el diseño completamente al azar no permite analizar tan detalladamente.

- **Eficiencia en el Número de Ensayos:** Aunque el diseño completamente al azar es flexible, puede requerir más ensayos para obtener resultados detallados sobre cada factor y combinación. El diseño factorial $2k^2 \times k^2k$, en cambio, optimiza el número de ensayos necesarios para evaluar múltiples factores y sus interacciones sin necesidad de probar todas las posibles combinaciones.
- **Precisión en la Estimación de Efectos Principales y Secundarios:** El diseño factorial $2k^2 \times k^2k$ facilita una estimación precisa de los efectos principales (de cada factor individual) y de las interacciones. Esto aporta más claridad para identificar cuáles condiciones y combinaciones son más eficientes en la producción de biol, lo cual es ideal para definir y optimizar el proceso.
- **Versatilidad en el Análisis Estadístico:** El análisis de varianza (ANOVA) en el diseño factorial permite no solo determinar la significancia de cada factor, sino también de sus interacciones. Esto es particularmente útil para investigaciones complejas donde los factores no actúan de manera independiente.

Figura 2

Tratamiento en parcelas de lechuga con biol producidos con MEA de la fase mesófila al 10 %.



Nota: Testigo es sin uso del biol, tratamiento 1 con 0,5 L de biol por 20 L de agua, tratamiento 2 con 1,0 L de biol por 20 L de agua, tratamiento 3 con 1,5 L de biol por 20 L de agua y 2,0 L de biol por 20 L de agua.

Figura 3

Tratamiento en parcelas de rabanito con biol producidos con MEA de la fase mesófila al 10 %



Nota: Testigo es sin uso del biol, tratamiento 1 con 0,5 L de biol por 20 L de agua, tratamiento 2 con 1,0 L de biol por 20 L de agua, tratamiento 3 con 1,5 L de biol por 20 L de agua y 2,0 L de biol por 20 L de agua.

Las evaluaciones para ambas hortalizas fueron:

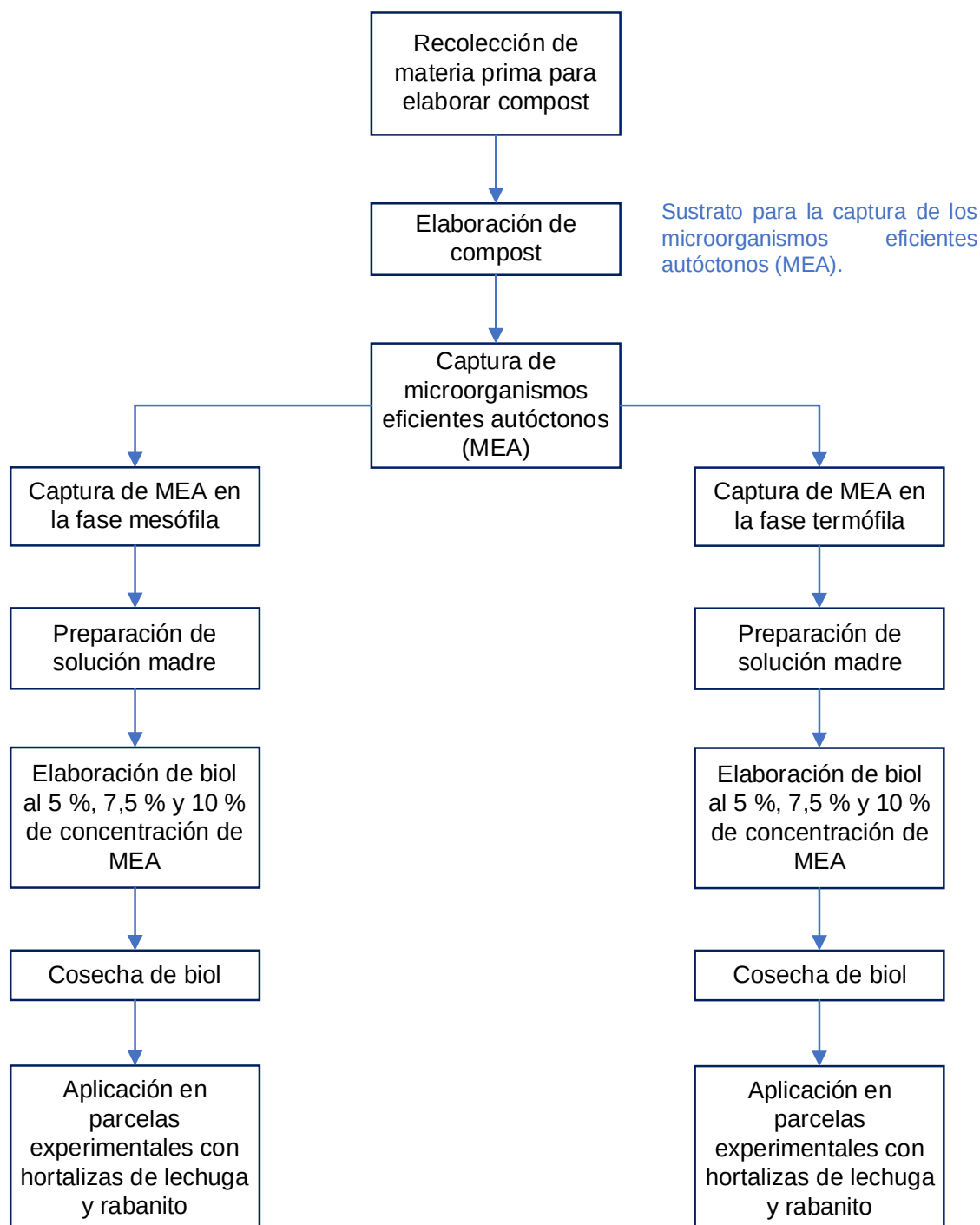
Lechuga: Altura de planta (cm), número de hojas (unidad), diámetro (cm) y peso (g) de la lechuga

Rabanito: Altura de planta (cm), número de hojas (unidad), diámetro (cm) y peso de la raíz engrosada (g).

En la siguiente tabla se muestra los pasos a seguir con respecto al diseño de investigación de los microorganismos eficientes autóctonos para la elaboración del biol y su aplicación en hortalizas.

Figura 4

Metodología de la investigación efectuada en la investigación



Nota. Se aplicó el biol con los mejores resultados en N, P y K, luego se dosificó a diferentes concentraciones en las hortalizas como la lechuga y rabanito.

3.3.2.4. Descripción del diseño de investigación

a) Recolección de materia prima para elaborar compost: La recolección de materia prima se realizó algunas en la ciudad de Huamanga como es el caso de residuos de cocina o de mercados, pastos verdes como es la alfalfa y algunos insumos como la

(ceniza, chicha de jora, roca fosfórica y otros), el estiércol fue de cuy traídas desde el Distrito de Chiara y estiércol de gallina recolectada de la granja del distrito de Ayacucho.

b) Elaboración de compost para captura de los microorganismos: La elaboración de compost se realizó en campo experimental de pastos de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, específicamente al frente de laboratorio de curtiembre, el proceso de elaboración fue por capas tal como se menciona a continuación:

1. En la primera capa se colocó materia seca como la viruta, pastos secos en trozados.
2. En la segunda capa se adicionó el estiércol de cuy y gallina, luego se procedió a humedecer con agua.
3. En la tercera capa se adicionó ceniza que cumple la función de neutralizar el pH.
4. En la cuarta capa se adicionó material orgánico fresco (residuos de cocina, mercados, alfalfa y pastos verdes).
5. En la quinta capa se adicionó el estiércol de cuy y gallina, materia seca, continuando así por capas en el orden mencionado hasta completar la pila.

c) Fermentación del compost: Durante el proceso de fermentación del compost, los microorganismos autóctonos se capturaron en dos fases clave: la fase mesófila y la fase termófila. A partir de la elaboración del compost, las características de estas fases fueron las siguientes:

Fase mesófila:

La temperatura en esta fase es de 20 a 40 °C, esta fase se presentó al inicio y al final del compostaje, cuando se agregaron los materiales orgánicos y el estiércol de cuy y gallina en las primeras capas. En este punto, los microorganismos autóctonos mesófilos, que se activaron a temperaturas moderadas, comenzaron a descomponer los componentes más fácilmente degradables del compost, como los azúcares y proteínas.

Captura de microorganismos mesófilos:

La captura ocurrió principalmente en la segunda etapa de la fase mesófila, al momento de descenso de la temperatura, ósea inferior a 40 °C.

Fase termófila:

La temperatura en esta fase es de 40 a 70 °C, a medida que el compost comenzó a calentarse, entró en la fase termófila, en la que predominaron los microorganismos autóctonos capaces de tolerar y prosperar en temperaturas más altas. Estos microorganismos descompusieron materiales más complejos, como la celulosa y la lignina, contribuyendo a estabilizar el compost.

Captura de microorganismos termófilos:

La adición de ceniza para neutralizar el pH en la tercera capa, junto con la incorporación de material orgánico fresco (residuos de cocina, pastos verdes) en las capas siguientes, generaron el calor necesario para esta fase. En este punto, los microorganismos termófilos capturados ayudaron a descomponer más intensamente la materia orgánica, aumentando la temperatura del compost.

Estas dos fases fueron fundamentales para asegurar una adecuada captura y actividad de los microorganismos eficientes autóctonos, garantizando una fermentación eficiente al momento de aplicarlas con diferentes concentraciones de 5%, 7,5% y 10 % más un testigo sin los microorganismos capturados en el proceso de fermentación y obtención del biol.

Figura 5

Elaboración de compost para captura de MEA



d) Captura de MEA: Para la captura de MEA se graneó arroz cocido sin sal ni aceite, luego se envasó y posteriormente se cultiva en compost en la fase mesófila y termófila durante 15 días.

Figura 6

Proceso de captura de microorganismos eficientes autóctonos



Envasado de arroz para captura de microorganismos eficientes autóctonos.



Proceso de siembra de los envases con arroz para captura de microorganismos eficientes autóctonos en fase mesófila y termófila del compost.

e) Cosecha de microorganismos eficaces autóctonos

La cosecha se realizó luego de 15 días de la siembra en compost

Figura 7

Arroz con los microorganismos eficientes autóctonos



f) Preparación de solución madre: Luego de la captura de microorganismos eficientes autóctonos (MEA) se preparó la solución madre con los insumos y materiales siguientes:

- Melaza
- Arroz con los microorganismos eficientes autóctonos (MEA)
- Agua pura
- Licuadora
- Recipientes para realizar la fase oscura de la solución madre de los microorganismos eficientes autóctonos preparado.

Por cada 120 a 150 g de arroz con MEA se usó 1 kg de melaza y 3 litros de agua, estos resultados se mezclan, luego se llevaron a la fase oscura durante 7 días, etapa donde los microorganismos se proliferan.

Figura 8

Preparación de solución madre y proceso de fase oscura



Proceso de licuado de los microorganismos con agua.



La mezcla de melaza y agua con microorganismos eficientes autóctonos, dio lugar a la solución madre.



Proceso de fase oscura de la solución madre de la fase mesófila y termófila.

La fase oscura se realizó durante 7 días, posterior a ello está apto para su uso.

g) Preparación de biol: Luego de obtener la solución madre se procedió a la preparación de biol utilizando los microorganismos eficientes autóctonos (MEA) a

concentraciones de 5 %, 7,5 % y 10 % y los insumos tales como la alfalfa, melaza, leche, chicha de jora, levadura, estiércol, roca fosfórica, cáscara de huevo, cáscara de plátano, vísceras de pescado, ceniza.

Figura 9

Elaboración de biol



En la elaboración de biol se usó ceniza, alfalfa, roca fosfórica, cáscara de huevo, cáscara de plátano, leche, levadura, melaza, microorganismos capturados.

El proceso de fermentación se realizó en biodigestores a 3 concentraciones de microorganismos capturados de 5 %, 7,5 % y 10 % en fase mesófila y otro igual en la fase termófila, cada una de ellas con una repetición y un testigo.

h) Cosecha de biol: Una vez evaluado los parámetros que indiquen la maduración del biol se procedió a la cosecha, para ello se usó telas para filtro, envases para su envasado y almacenamiento, como también se envió las muestras para su análisis de NPK a laboratorio de suelos de la UNALM.

Figura 10

Cosecha de biol



La cosecha del biol se realizó luego de la finalización de la fermentación.

Luego de la cosecha se procedió al colado respectivo para su análisis y uso.

Se elaboraron 13 muestras de biol: 6 a partir de microorganismos de la fase mesófila, 6 de la fase termófila, y un testigo.

i) Análisis de suelo preliminar

Para el análisis preliminar de suelo se usó agua oxigenada para detectar la composición de materia orgánica y el vinagre para ver la acidez del suelo.

Figura 11*Análisis de acidez y materia orgánica del suelo*

j) **Aplicación en parcelas experimentales:** La aplicación se realizó con el biol que obtuvo el mejor resultado de análisis NPK, además se aplicó con 4 concentraciones diferentes de biol (0,5 L, 1,0 L, 1,5 L y 2,0 L de biol por cada 20 litros de agua) con la finalidad de obtener la dosis más adecuada en el cultivo de lechuga y rabanito, donde se evaluó la altura de planta, número de hojas, peso a la cosecha y diámetro.

Figura 12*Aplicación de biol a diferentes dosis en parcelas experimentales*

k) **Evaluación durante el crecimiento vegetativo de lechuga y rabanito:** La evaluación realizada fue sobre la altura de planta, número de hojas, en la cosecha el peso y diámetro.

Figura 13*Evaluación de lechuga y rabanito*

Altura de lechuga



Diámetro de rabanito

3.3.3. Población, muestra y muestreo

3.3.3.1. Población

En el presente trabajo de investigación está orientado a la instalación y el proceso de elaboración de biol en los biodigestores, como también las hortalizas (lechuga y rabanito) por parcela, por ello la población son los 12 biodigestores (6 para el tratamiento con los MEA de la fase mesófila y 6 para el tratamiento con los MEA de la fase termófila) y las parcelas experimentales con 80 plantas de lechuga por parcela más un testigo, rabanito representado por 0,7 m x 2 m de área promedio sembrado.

3.3.3.2. Muestra

Luego del proceso de fermentación en los biodigestores, se extrajo muestras de 1 litro por cada biodigestor, sumando un total de 13 litros incluido el testigo.

Para el caso de la lechuga la muestra representativa fue de 30 plantas por parcela experimental, para el rabanito las muestras representativas fueron de 20 plantas tomadas en forma de sicsax por parcela.

3.3.3.3. Muestreo

Para el análisis del biol el muestreo se realizó al azar, en caso de lechuga se realizó muestreo aleatorio intercalado por surco, al igual que para el rabanito de forma sicsax por parcela.

3.3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Se realizó controles cada 3 días durante la etapa de producción de biol a distintas concentraciones de MEA, luego de tener los resultados de un biol de calidad con alguna concentración de MEA aplicada, se utilizó en parcelas experimentales con lechuga y rabanito para su validación, donde se utilizó las técnicas e instrumentos para la recolección de datos como sigue:

Tabla 13

Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnica	Instrumentos	Recolección de datos
Monitoreo de compost para captura de MEA	Termómetro digital	Fase mesófila menores a 40 °C Fase termófila superior a 40 °C
Evaluación de MEA	Evaluación directa (observación)	Color de los MEA
Análisis sensorial olfativa del biol	Evaluación directa (observación)	Intensidad de burbujeo
Análisis químico del biol	AOAC y NTP	Concentración de N, P y K
Evaluación de las hortalizas en las parcelas experimentales	Vernier, regla, balanza digital, cuaderno de apunte	Altura, peso, diámetro, tiempo de cosecha

Tabla 14*Procedimiento de recolección de datos*

Procedimiento	Recolección de datos
Evaluación de captura de MEA	Resultados en laboratorio curtiembre - UNSCH
Evaluación de fermentación mediante burbujeo	Resultados en laboratorio curtiembre - UNSCH
Evaluación sensorial olfativa del biol obtenido	Resultados en laboratorio curtiembre - UNSCH
Análisis químico de biol	Resultados de laboratorio suelos - UNALM
Análisis físico de las hortalizas (lechuga y rabanito)	Resultados en laboratorio curtiembre - UNSCH

La recolección de datos se inició desde todas las etapas del proceso fermentativo de compost, captura y producción de microorganismos eficientes autóctonos, producción de biol, aplicación en hortalizas durante el crecimiento vegetativo y finalizando la evaluación en la cosecha.

3.3.5. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

La técnica de procesamiento y análisis de datos se realizó mediante el experimento factorial de la serie 2k. Además, se validaron los resultados mediante un análisis estadístico ANOVA para un diseño factorial de dos factores, bajo un diseño completamente al azar, con respecto a los análisis del biol, tal como se muestra en la tabla correspondiente.

Tabla 15

ANOVA para una factorial de dos factores bajo del diseño completo al azar

F. de variación	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	E(CM)(Modelo II)
Tratamientos	$t - 1$	$\sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \frac{Y^2_{ij.}}{r} - \frac{Y^2_{...}}{abc}$	$\frac{SC_{Tratam.}}{t - 1}$	$\frac{CM_{(Tratam.)}}{CM_{ee}}$	
Factor A	$a - 1$	$\sum_{i=1}^r \frac{Y^2_{i...}}{br} - \frac{Y^2_{...}}{abr}$	$\frac{SC_{(A)}}{a - 1}$	$\frac{CM_A}{CM_{ee}}$	$\sigma^2_e + r\sigma^2_{\alpha\beta} + rb\sigma^2_{\alpha}$
Factor B	$b - 1$	$\sum_{j=1}^b \frac{Y^2_{.j.}}{ar} - \frac{Y^2_{...}}{abr}$	$\frac{SC_{(B)}}{b - 1}$	$\frac{CM_B}{CM_{ee}}$	$\sigma^2_e + r\sigma^2_{\alpha\beta} + ra\sigma^2_{\beta}$
Interacciones AxB	$(a - 1)(b - 1)$	$\left(\sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \frac{Y^2_{ij.}}{r} - \frac{Y^2_{...}}{abc} \right) - SC_A - SC_B$	$\frac{SC_{(AB)}}{gl_{(AB)}}$	$\frac{CM_{(AB)}}{CM_{ee}}$	$\sigma^2_e + r\sigma^2_{\alpha\beta}$
Error experimental	$ab(r - 1)$	Por diferencia	$\frac{SC_{error}}{ab(r - 1)}$		σ^2_e
Total	$abr - 1$	$\sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^r Y^2_{ijk} - \frac{Y^2_{...}}{abr}$			

Fuente. (Velásquez Ccosi, 2017).

Para el caso de la aplicación del biol en parcelas experimentales con lechuga y rabanito se usará el análisis estadístico ANOVA tal como se muestra en la tabla siguiente:

Tabla 16

ANOVA para Diseño Completamente al Azar (DCA)

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Fc
Tratamiento	t-1	$\sum_{i=1}^t \frac{Y_{i.}^2}{r} - \frac{Y_{..}^2}{tr}$	$\frac{SC_{trat}}{t-1}$	$F_c = \frac{CM_{trat}}{CM_{error}}$
Error experimental	t(r-1)	$\sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^r Y_{ij.}^2 - \sum_{i=1}^t \frac{Y_{i.}^2}{r}$	$\frac{SC_{trat}}{t(r-1)}$	
Total	tr - 1	$\sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^r Y_{ij.}^2 - \frac{Y^2}{tr}$		

Fuente (Velásquez 2017).

3.4. DESCRIPCIÓN DE LA PRUEBA DE HIPÓTESIS

Hipótesis nula:

No existe influencia en el proceso de la obtención del biol y su aplicación en lechugas y rabanitos de los EMA.

Hipótesis alternativa:

Existe influencia en el proceso de la obtención del biol y su aplicación en lechugas y rabanitos de los EMA.

CAPÍTULO 4

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. DISEÑO DEFINITIVO

Para el diseño definitivo, se recreó un ecosistema ideal para el compostaje, considerando la aireación, humedad, gestión de la temperatura y tiempo de maduración, así como la captura de microorganismos eficientes autóctonos (MEA) y la elaboración del biol. Al tener en cuenta estos aspectos, se desarrolló un sistema de producción de abonos orgánicos como biol que permitió obtener buenos resultados.

Figura 14

Diseño definitivo para el proceso de compost, captura de MEA y la elaboración de biol a diferentes concentraciones de MEA.



La planta piloto fue diseñada detalladamente en SketchUp y posteriormente construida para garantizar condiciones óptimas en cada etapa del proceso. Se implementaron controles precisos de temperatura, humedad y aireación, fundamentales para optimizar la eficiencia de la fermentación. Asimismo, se integraron sistemas avanzados de monitoreo y ajuste en tiempo real, que permitieron mantener la estabilidad del compostaje y su captura, además asegurar la obtención del biol producido con las mismas condiciones.

- **Compostaje:** El diseño facilita el manejo eficiente de las tres etapas del compostaje, proporcionando un ambiente controlado que favorece la

descomposición de la materia orgánica y la generación de un compost rico en nutrientes.

- **Captura de MEA:** La planta piloto está equipada para capturar de manera efectiva los MEA presentes en el compost, asegurando la obtención de microorganismos beneficiosos para el suelo y las plantas.
- **Elaboración de biol:** El diseño optimiza las condiciones de fermentación para la elaboración de biol de alta calidad, garantizando la viabilidad y efectividad de los microorganismos.

Los rayos solares directos pueden afectar negativamente el proceso fermentativo del compost, la captura de MEA y la obtención del biol. Por ello, el diseño de la planta piloto contempla medidas para evitar su ingreso, protegiendo la integridad del proceso y la calidad del producto final.

Las dimensiones de la planta piloto permiten realizar investigaciones de manera precisa y controlada, evaluando diferentes tratamientos y repitiendo experimentos para obtener resultados confiables. Además, el diseño está concebido para ser escalable, permitiendo su ampliación en el futuro para satisfacer las necesidades de producción a mayor escala.

La altura de la planta piloto se ha establecido considerando las condiciones geográficas y la altitud de la zona, asegurando que el diseño funcione de manera óptima en el contexto local.

Concluimos que la planta piloto representa un avance significativo en la producción de biol a partir de MEA. Su diseño estratégico, que combina funcionalidad, protección y adaptabilidad, la convierte en una herramienta invaluable para la investigación, el desarrollo y la producción de biofertilizantes sostenibles y de alta calidad.

4.1.1. Construcción de planta piloto

Figura 15

Nivelación para construcción de planta piloto



Figura 16*Construcción de planta piloto***Figura 17***Planta piloto para captura de MEA y elaboración de biol*

Las figuras 15, 16 y 17 nos invitan a un recorrido por el proceso de construcción de la planta piloto, materializando la visión de un ecosistema ideal para la elaboración de biol. Cada detalle del diseño se traduce en una estructura sólida y funcional, lista para albergar la investigación y el desarrollo de biofertilizantes sostenibles.

La selección de materiales responde a un análisis meticuloso de las necesidades de cada línea de proceso. Cada componente ha sido elegido en función de su disponibilidad, su función específica y su desempeño óptimo. El objetivo: garantizar un manejo eficiente y homogéneo en la investigación de obtención de compost, captura de MEA y producción de biol.

La planta piloto, más que una estructura física, representa un lienzo en blanco para la investigación. Su diseño cuidadosamente planificado proporciona un ambiente controlado y replicable, permitiendo a los investigadores explorar diferentes variables y tratamientos con precisión y confiabilidad.

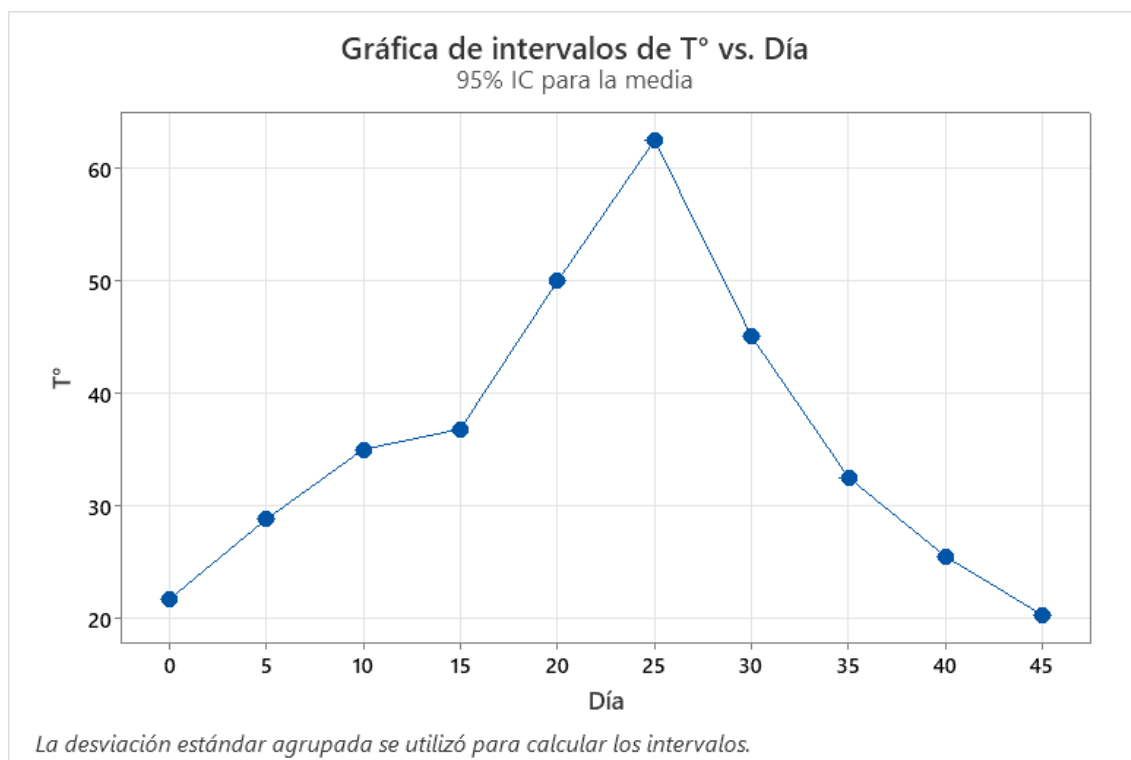
El manejo óptimo y la homogeneidad en cada etapa del proceso son pilares fundamentales para la obtención de resultados confiables. La planta piloto, con su diseño estratégico y la selección cuidadosa de materiales, garantiza las condiciones necesarias para que la investigación fluya sin interrupciones y genere datos sólidos. Concluimos según las figuras 15, 16 y 17 son un testimonio del compromiso con la investigación y el desarrollo de biofertilizantes sostenibles. La planta piloto, construida con materiales estratégicos y diseñada para un manejo óptimo, se perfila como un espacio fértil para la innovación y el avance en el campo de la agricultura sostenible.

4.2. PROCESO DE EVOLUCIÓN DEL COMPOST PARA CAPTURA DE MEA

En la gráfica 18, se muestra la evolución de la temperatura durante el tiempo de fermentación, observamos que la temperatura se mantiene dentro del rango de 20 a 40 °C durante los primeros 13 días, para el caso de la fase termófila inicia desde el día 14 con una temperatura superior a 40 °C alcanzando un pico cercano a los 65 °C alrededor del día 20, posteriormente la temperatura disminuye hasta los 20 °C, esta etapa es llamado fase mesófila 2, dónde se realizó la captura de microorganismos de esta fase.

Figura 18

Representación gráfica del comportamiento de la temperatura durante la elaboración del compost para la captura de los MEA.



Se muestra también en la gráfica que existe 3 fases (fase mesófila del día 1 al día 13, fase termófila del día 14 al día 20, enfriamiento o mesófila 2 del día 21 al día 45), a

temperatura mayor a 40 °C se realizó cultivo de arroz graneado para la captura de microorganismos eficientes y en la fase de enfriamiento o mesófila la captura de microorganismos menores a 40 °C.

Se concluye que el proceso de fermentación del compost se ha desarrollado de manera adecuada, siguiendo las fases de mesófila, termófila y de enfriamiento, también la temperatura durante la fase termófila ha alcanzado un nivel óptimo para la descomposición de la materia orgánica y la captura de microorganismos eficientes autóctonos.

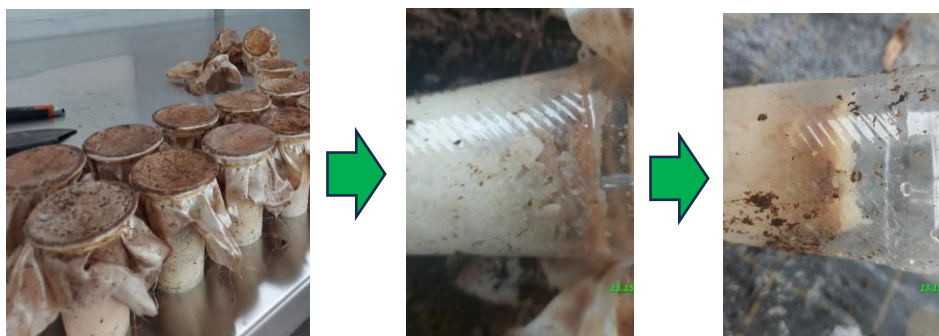
4.3. CAPTURA DE MICROORGANISMOS EFICIENTES AUTÓCTONOS

4.3.1. En la fase termófila

La captura de MEA se realizó superior a 40 °C dando como resultado que muestra la figura 19

Figura 19

Microorganismos eficaces autóctonos capturados en la fase termófila



En la figura 19 se muestra una superficie rugosa con diferentes texturas y colores, a simple vista se puede observar filamentos y estructuras filamentosas que podrían corresponder a las bacterias y hongos, se puede observar pequeñas manchas de color blanco o transparente que podrían ser levaduras o bacterias ácido lácticas, color gris podría indicar la presencia actinomicetos o rhizoctonia (hongos patógeno), en su mayoría se observa color marrón que puede indicar hongos o bacterias por identificar, es importante tener en cuenta que la coloración no es un método fiable para identificar microorganismos a nivel de especie. Se requiere un análisis más detallado, como microscopía o pruebas moleculares, para una identificación precisa, además de ello se puede observar una mínima cantidad de microorganismos eficientes mixtos, esto ocurre por las altas temperaturas y solo se capturan microorganismos de la fase termófila.

4.3.2. En la fase mesófila

La captura de MEA se realizó inferior a 40 °C hasta temperatura ambiente dando como resultado que muestra la figura 20

Figura 20

Microorganismos eficaces autóctonos capturados en la fase mesófila



En la figura 20 se observa coloración variada lo que indica que hay microorganismos benéficos mixtos, el color amarillo indica presencia de *Beauveria* sp., color verde indica especies de *Trichoderma*, color blanco indica *Bacillus* sutiles, color gris o blanco grisáceo que puede indicar actinomicetos, azul verdoso indica *Pseudomonas*, *Azospirillum* se caracteriza por tener granos de poli-b-hidroxibutirato de color marrón grisáceo a y otros colores propios del lugar que representan a los microorganismos eficientes autóctonos mixtos, pero también se puede observar microorganismos patógenos en una mínima coloración de color rojo o morado que indica presencia de *Fusarium*, color negro indica *Aspergillus*.

En concordancia (Condori, 2020) refiere que los microorganismos capturados en el sustrato arroz de color verde representa a la *Trichoderma*, el color blanco son las *Bacillus* sutiles, *Penicilium* de color blanco cremoso, *Aspergillus fumigatus* de color verde oscuro a amarillo, *Fusarium* de color rojizo pálido.

En concordancia con (Yac, 2021), refiere que es importante los microorganismos en el suelo ya que cumplen múltiples funciones y viven de variado tipos que habitan volúmenes estrictamente diferentes, indica también la importancia de algunos microorganismos presentes en la investigación como los *Bacillus* producen enzimas que descomponen la celulosa y la lignina, actinomicetos que descomponen la materia orgánica, *Pseudomonas* que fija el nitrógeno y solubiliza el fósforo, *Azospirillum* que fija el nitrógeno atmosférico, la *Trichoderma* que produce enzimas para descomponer la celulosa y la lignina, como también suprime los macroorganismos patógenos, *Aspergillus* fija nitrógeno, *Beauveria* produce antibióticos para suprimir insectos.

4.4. PRODUCCIÓN DE BIOL

4.4.1. Tiempo de fermentación

En la figura 21 y 22 muestra el tiempo de fermentación del biol con uso de los microorganismos eficientes autóctonos (MEA) a concentraciones de 5 %, 7,5 %, 10 % y un testigo sin nada microorganismos eficientes autóctonos (MEA), se observa que el tiempo de fermentación disminuye a medida que aumenta la concentración de los

microorganismos eficientes autóctonos, el tratamiento testigo (sin los macroorganismos) presentó mayor tiempo de fermentación de 57 días, el tratamiento con el 10 % de microorganismos eficientes autóctonos presenta el menor tiempo de fermentación media de 28,5 días, mientras que los otros tratamientos fueron de 41,5 días para 5 % de MEA y al 7,5 % de MEA se obtuvo 35 días, mientras que los tratamientos de la fase termófila supera los 35 días de fermentación, entonces se puede aseverar que los MEA acelera la acidificación del biol durante la fermentación, quiere decir que es directamente proporcional el uso de MEA con el tiempo de fermentación en ambas fases, la medida de días fue por la producción de gases mediante la observación del burbujeo.

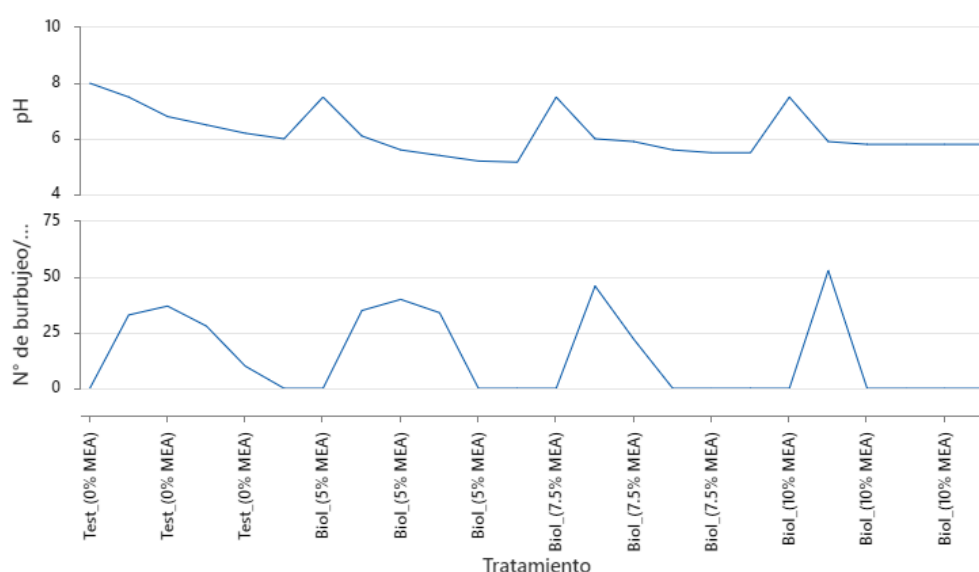
La figura 21 y 22 muestra la gráfica la disminución del pH y el nivel de burbujeo (indica la presencia de gas), en la mayoría de los tratamientos sugiere que los microorganismos están produciendo ácidos durante la fermentación, lo cual es un proceso normal.

Los microorganismos añadidos estimulan la actividad microbiana y, por lo tanto, acortan el tiempo de fermentación. Existen combinaciones específicas de Biol y MEA que maximizan la velocidad y eficiencia de la fermentación, produciendo una mayor cantidad de burbujas en menos tiempo.

Los resultados sugieren que los MEA tienen un impacto diferencial en las fases termófila y mesófila de la fermentación. Variabilidad en la actividad microbiana: La actividad microbiana varía significativamente entre los diferentes tratamientos, indicando que la composición de la mezcla influye en la comunidad microbiana

Figura 21

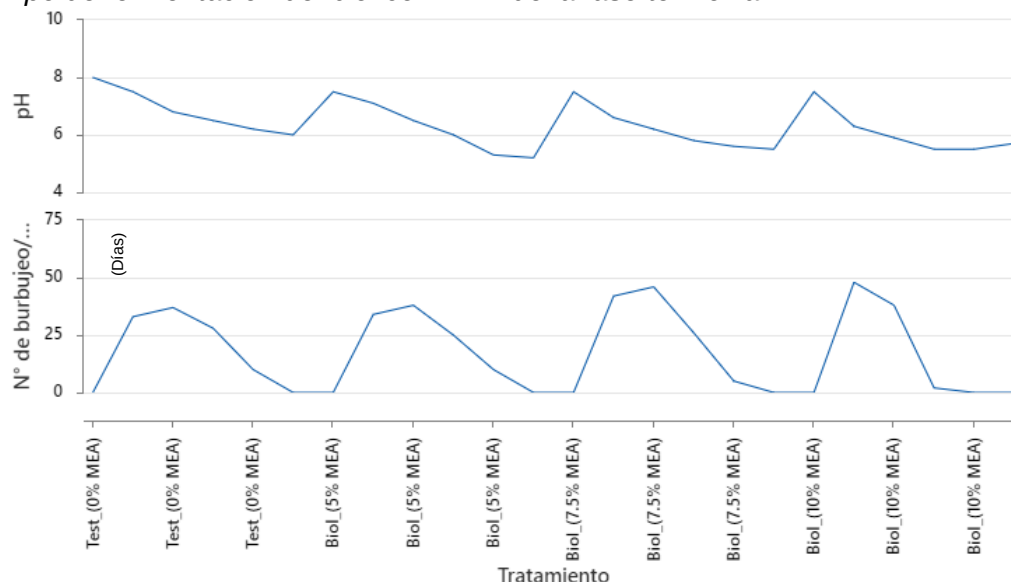
Tiempo de fermentación del biol con MEA de la fase mesófila al 5 %, 7,5 % y 10%



Nota: La gráfica muestra el tiempo de fermentación del biol utilizando microorganismos eficientes autóctonos (MEA) de la fase mesófila en concentraciones de 0 %, 5 %, 7.5 % y 10 %, desde la preparación inicial con los insumos necesarios hasta la cosecha, determinada al cesar el burbujeo.

Figura 22

Tiempo de fermentación del biol con MEA de la fase termófila



Nota: La gráfica muestra el tiempo de fermentación del biol utilizando microorganismos eficientes autóctonos (MEA) de la fase mesófila en concentraciones de 0 %, 5 %, 7.5 % y 10 %, desde la preparación inicial con los insumos necesarios hasta la cosecha, determinada al cesar el burbujeo.

Los resultados obtenidos en este estudio fueron consistentes con los hallazgos reportados por (Menacho, 2022), quien investigó la producción de biol utilizando diferentes concentraciones de microorganismos eficientes autóctonos (MEA) al 5%, 10% y 15%. En su estudio, Menacho, observó que la cosecha del biol se ha logrado en 35 días cuando se utilizaba una concentración del 15% de MEA, mientras que para las concentraciones del 5% y 10%, el tiempo de obtención aumentaba progresivamente. Estos resultados corroboran la hipótesis de que una mayor concentración de MEA acelera el proceso de fermentación, reduciendo el tiempo necesario para la producción de biol. En nuestra investigación, se logró obtener biol en 28 días utilizando un 10% de MEA, lo cual se afirma que el incremento en la concentración de microorganismos no solo reduce el tiempo de fermentación, sino que también puede optimizar la eficiencia del proceso en distintas condiciones experimentales.

4.4.2. Características físicas de biol

A continuación, se presenta las características empíricas (olor, color) y pH del biol al momento de la cosecha:

Color

En la tabla 18 se muestra el biol a diferentes tratamientos, al finalizar el proceso de fermentación se evaluó los colores, el grupo control presenta color marrón claro, color similar a la carga inicial, esto indica que hubo escasa degradación de la materia orgánica, el cual se corrobora con la presencia casi verdoso de alfalfa a la hora de evaluar.

Por lo contrario, los bioles con tratamientos de microorganismos eficientes autóctonos presentan una coloración de marrón oscuro y ámbar brillante y traslúcida con presencia de nata blanca (crema) y sedimentos, esto indica que hubo una buena descomposición de la materia orgánica, este se corrobora con la alfalfa que presenta una coloración transparente.

Tabla 17

Resultado de colores de los tratamientos del biol al 0 %, 5 %, 7,5 % y 10 %

Tratamiento	Concentración de MEA (5)			
	0%	5%	7,50%	10%
Repetición 1	Marrón claro	Marrón claro con mínima cantidad de nata blanca (crema)	Marrón claro a pardo con buena cantidad de nata blanca (crema), presencia de sedimento.	Ámbar brillante y traslúcido con mayor cantidad de nata blanca presencia de algunos sedimentos
Repetición 2	Marrón claro	Marrón claro con mínima cantidad de nata blanca (crema)	Marrón claro a pardo con buena cantidad de nata blanca (crema), presencia de sedimento.	Ámbar brillante y traslúcido con mayor cantidad de nata blanca presencia de algunos sedimentos

Nota: La Tabla 17 muestra los colores asociados a las distintas concentraciones de MEA utilizadas durante la fase mesófila en la fermentación del biol.

Los colores marrón claro, marrón claro a pardo con nata blanca, ámbar brillante y traslúcida con nata blanca obtenidos en la investigación a diferentes concentraciones de los microorganismos eficientes autóctonos guarda relación con los colores según (Zanabria, 2019) y (Agropedia 1, 2021), señalan que los colores marrón claro, marrón oscuro y ámbar brillante indican que cumple con los parámetros de calidad del biol, además los agricultores al señalan que cuando el biol alcanza una coloración marrón, experimenta una buena descomposición. Un buen biol puede también presentar una coloración similar al del café y el té. Los resultados obtenidos en esta investigación con respecto a los colores concuerdan con esta información.

Acosta (2019) indica que los colores oscuros, como el marrón, captan mayor radiación solar. Esto provoca un aumento de la temperatura, lo que a su vez favorece la absorción de macro y micronutrientes por parte de las plantas.

Como consecuencia, la aplicación de materiales de color marrón mejora la estructura del suelo en diferentes tipos de suelo.

Pozo (2019) indica que, después de abrir el biol para la cosecha, se observa una nata blanca en la superficie. Cuanto más fermentado esté el biol, más blanca será la nata e la superficie del biol, el color del fluido del biol es ámbar brillante y translúcido. Los resultados obtenidos concuerdan principalmente con el uso de microorganismos eficientes al 10 % en la investigación. Los resultados con concentraciones de 5 % y 7,5 % son similares, mientras que el testigo presenta una coloración marrón claro sin presencia de nata blanca en la superficie.

Olor

Durante la elaboración del biol, se percibió inicialmente un ligero olor a caña fermentada, que fue intensificándose a medida que avanzaba el proceso, alcanzando su máxima intensidad al finalizar la fermentación. En la evaluación del olor, el biol sin MEA presentó un leve aroma a caña fermentada y una mayor intensidad de olor a estiércol, con matices característicos bajos de fermentación.

Los tratamientos con 5 % y 7.5 % de MEA se percibieron con un olor similar al de una fermentación alcohólica, mientras que el tratamiento con 10 % de MEA presentó un aroma aún más intenso con notas de fermentación alcohólica. Estos resultados sugieren que el olor del biol mejora conforme aumenta la concentración de microorganismos eficientes autóctonos durante la fermentación.

El olor del biol es un indicador importante de su calidad. Según (Pozo, 2019) y (Agropedia 1, 2021), n biol bien fermentado debe percibirse con un aroma similar al de la fermentación de caña de azúcar o chicha de jora, sin indicios de putrefacción. Asimismo, (Zambrano, 2021) señala que un biol de buena calidad debe desprender un olor a fermento de chicha de jora o caña de azúcar y que, con mayores concentraciones de microorganismos eficientes, el olor se percibe más agradable y agridulce.

Estos hallazgos subrayan la importancia de utilizar microorganismos eficientes autóctonos, ya que su mayor concentración contribuye a que el biol tenga un aroma óptimo, lo cual se convierte en un criterio útil para evaluar su calidad en su aplicación en hortalizas y otros cultivos.

La importancia del uso de microorganismos eficientes autóctonos se ve confirmada por lo siguiente:

- A mayor concentración de microorganismos eficientes, el biol tendrá un olor agradable o agridulce.

- Esta característica del olor se convierte en una forma de medir la calidad del biol para su uso en hortalizas y otros tipos de cultivo.
- Mayor concentración de microorganismos eficientes equivale a una fermentación óptima y descomposición de materia orgánica en menor tiempo.

pH

El pH inicial (día 0) de todos los tratamientos destinados a la fermentación de biol fue de 7,5, mientras que el biol control mostró un pH de 8. Este aumento en el control puede atribuirse a la ausencia de microorganismos eficientes autóctonos (MEA), los cuales, al ser de naturaleza ácida, contribuyen a una disminución del pH en los tratamientos en los que se aplican.

Tabla 18

Evaluación de pH durante el proceso de fermentación del biol

Testigo (0% de MEA)		Biol al 5 % de MEA		Biol al 7,5 % de MEA		Biol al 10 % de MEA	
Tiempo	pH	Tiempo	pH	Tiempo	pH	Tiempo	pH
0,00	8,00	0,00	7,50	0,00	7,50	0,00	7,50
10,00	7,50	10,00	6,10	10,00	6,00	10,00	5,90
25,00	6,80	25,00	5,60	25,00	5,40	25,00	5,70
57,00	6,00	41,50	5,16	35,00	5,50	28,50	5,80

Nota: la tabla 18 muestra la variación durante la fermentación del biol al 5 %, 7,5 %, 10% de MEA más un control sin uso de MEA.

Al final de la fermentación (fase de cosecha), el pH de los tratamientos con MEA varió de la siguiente manera:

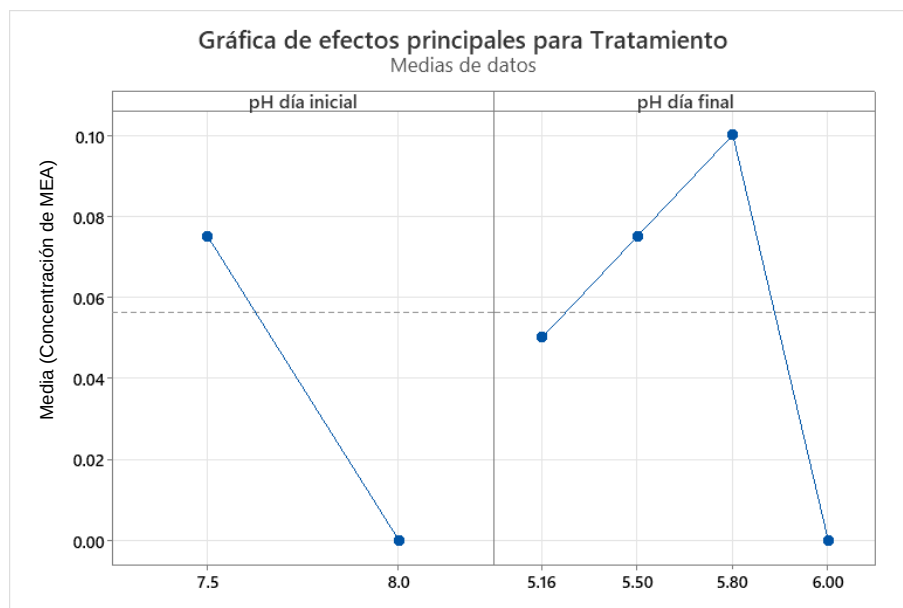
- 0 % de MEA: PH en el día 0 fue de 8,0 y varió al final a 6,0.
- 5 % de MEA: pH en el día 0 fue de 7,5 y varió al final a 5,16.
- 7,5 % de MEA: pH en el día 0 fue de 7,5 y varió al final a 5,5.
- 10 % de MEA: pH en el día 0 fue de 7,5 y varió al final a 5,8.

En general, se observa una disminución del pH en todos los tratamientos con MEA al final de la fermentación en comparación con el pH inicial, tal como se muestra en la figura 23.

La grafica 23 también indica que el tratamiento al 10 % de MEA fue el más eficiente para la obtención del biol, ya que puede permitir alcanzar el rango (5,16 a 5,8) de pH en menor tiempo, mientras que el tratamiento testigo sin MEA tiene menor eficiencia en el tiempo de fermentación del biol, ya que puede requerir un mayor tiempo para alcanzar el rango ideal de pH.

Figura 23

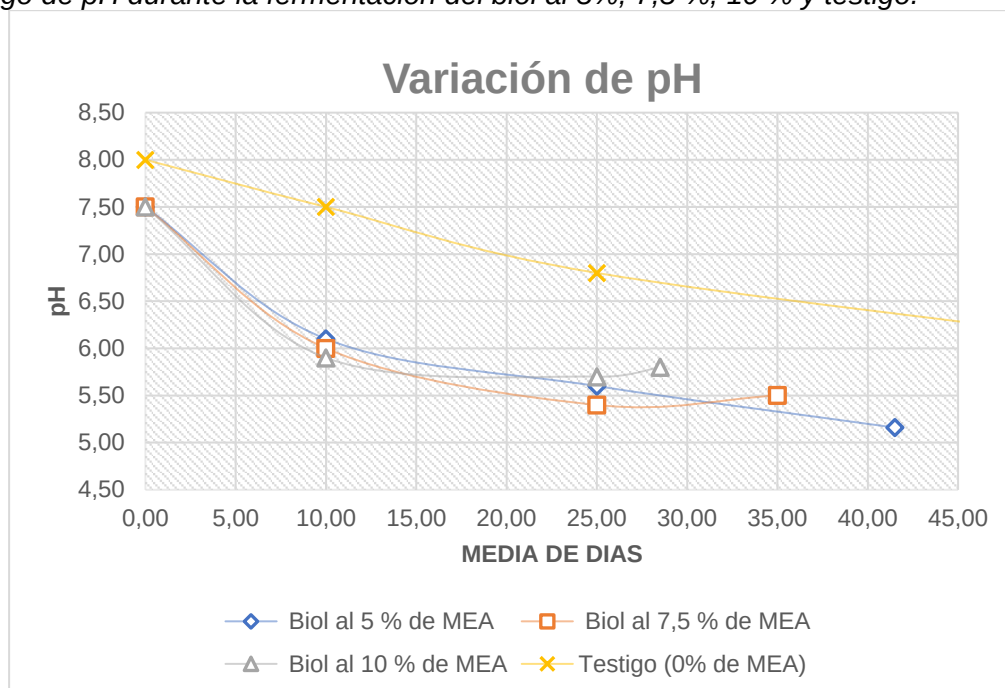
Rango de pH inicial y final del biol en los biodigestores en tratamiento



Nota: Microorganismos eficientes autóctonos (MEA), Media (Concentración de MEA) representa al 5%, 7,5 % y 10 %, onde se observa que el pH inicial fue de 7,5 y al final se lo logro obtener en un rango de 5,16 a 5,8.

Figura 24

Rango de pH durante la fermentación del biol al 5%, 7,5 %, 10 % y testigo.



La gráfica 24 presenta la evolución del pH en diferentes tratamientos del biol a lo largo del tiempo (medido en días). Cada línea representa un tratamiento específico:

- **Biol al 5% de MEA:** Muestra cómo cambia el pH del biol cuando se le añade un 5% de MEA (probablemente un activador o modificador).
- **Biol al 7,5% de MEA:** Lo mismo, pero con un 7,5% de MEA.
- **Biol al 10% de MEA:** Aquí se utilizó un 10% de MEA.

- **Testigo (0% de MEA):** Este es el grupo de control, donde no se añadió MEA para comparar los efectos de los otros tratamientos.

Tendencia a la disminución: En general, todas las líneas muestran una tendencia a la disminución del pH a medida que pasan los días. Esto indica que el biol se vuelve más ácido con el tiempo.

Efecto del MEA:

- **Aceleración de la acidificación:** Las líneas correspondientes a los tratamientos con MEA (5%, 7.5% y 10%) muestran una disminución del pH más rápida en comparación con el testigo. Esto sugiere que el MEA acelera el proceso de acidificación del biol.
- **Mayor concentración, mayor efecto:** A medida que aumenta la concentración de MEA (de 5% a 10%), la disminución del pH también es más pronunciada. Esto indica que la cantidad de MEA influye en la velocidad y magnitud de la disminución del pH.

Estabilización: Al final del período de evaluación, las líneas se estabilizan, indicando que el pH alcanza un valor mínimo y se mantiene relativamente constante.

El pH del suelo es un factor crucial para la absorción eficiente de nutrientes por parte de las plantas. Según (Agropedia 1, 2021) y (Espinoza et al., 2020), refieren que el pH óptimo para la mayoría de los cultivos se encuentra entre 5,5 y 7,0.

En este rango de pH, las plantas pueden absorber los nutrientes de manera eficiente. Sin embargo, si el pH del biol es demasiado bajo (menor a 5,0), las plantas pueden sufrir deficiencias de nutrientes esenciales como nitrógeno (N), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg) y boro (B).

Por otro lado, si el pH del suelo es demasiado alto (mayor a 6,5), la asimilación de otros nutrientes como fósforo (P), hierro (Fe), manganeso (Mn), zinc (Zn) y cobre (Cu) puede verse afectada.

Es importante tener en cuenta que el pH óptimo del suelo puede variar ligeramente según el tipo de cultivo.

El pH del biol obtenido al final de la fermentación (cosecha) coincide con lo que se indica en la literatura consultada, es así que los valores de pH para los diferentes tratamientos con MEA y el testigo se encuentran dentro del rango óptimo (entre 5,5 y 7,0) que garantiza la calidad del biol, estos resultados indican que los bioles obtenidos con los diferentes tratamientos podrían ser de buena calidad y podrían ayudar a que las hortalizas u otros tipos de cultivo absorban los nutrientes esenciales durante todo su desarrollo vegetativo, según (*Propiedades físico-químicas que afectan la absorción de los fertilizantes foliares*, s. f.) los abonos foliales convencionales tienen un pH de 5,5 a 6,5.

Sin embargo, es importante recordar que la calidad del biol no solo depende del pH.

Otros factores que también influyen en la calidad del biol son:

- **La composición del biol:** Los microorganismos presentes en el biol deben ser los adecuados para el tipo de cultivo al que se va a aplicar.
- **Las condiciones ambientales:** La temperatura, la humedad y la luz solar pueden afectar la calidad del biol.
- **Las prácticas de aplicación:** El biol debe ser aplicado correctamente para que sea efectivo.

4.4.3. Características Químicas de biol de 0 %, 5 %, 7,5 % y 10 % de la fase mesófila y termófila

Según el informe del laboratorio de análisis de suelos, plantas, aguas y fertilizantes de la Universidad Nacional Agraria la Molina se tiene los resultados tal como muestra la tabla 19. Para cada componente se usaron los siguientes metos:

- **Método de Kjeldahl:** Para obtener Nitrógeno (N) total en mg/L
- **Método del azul de molibdeno. Método alternativo: Amarillo del Vanadato Molibdato:** Para obtener Fósforo (P) total en mg/L
- **Espectrofotometría de absorción atómica:** Para obtener Potasio (K) total en mg/L

Tabla 19

Análisis de N, P y K del biol

Nº		N	P	K
LAB	CLAVES	Total mg/L	Total mg/L	Total mg/L
780	T1	1278,40	203,72	1715,00
781	T2	1048,57	221,78	1485,00
782	T3	1206,58	226,29	1805,00
783	T4	1335,85	221,78	1750,00
784	T5	2963,48	190,17	1910,00
785	T6	3045,17	203,72	1905,00
786	T7	1580,04	163,07	1525,00
787	T8	1476,20	203,72	1540,00
788	T9	1637,50	194,68	1610,00
789	T10	1162,39	172,10	1640,00
790	T11	1192,21	172,10	1655,00
791	T12	1062,94	190,17	1800,00
792	T13	1094,95	169,20	1395,00

Nota. Datos del análisis de macroelementos requeridos por una planta, se muestra la tabla según el anexo 9, además la tabla 19 muestra los resultados arrojados con uso de MEA al 5 %, 7,5 %, 10 % en la fase mesófila y termófila más un tratamiento control sin uso de MEA.

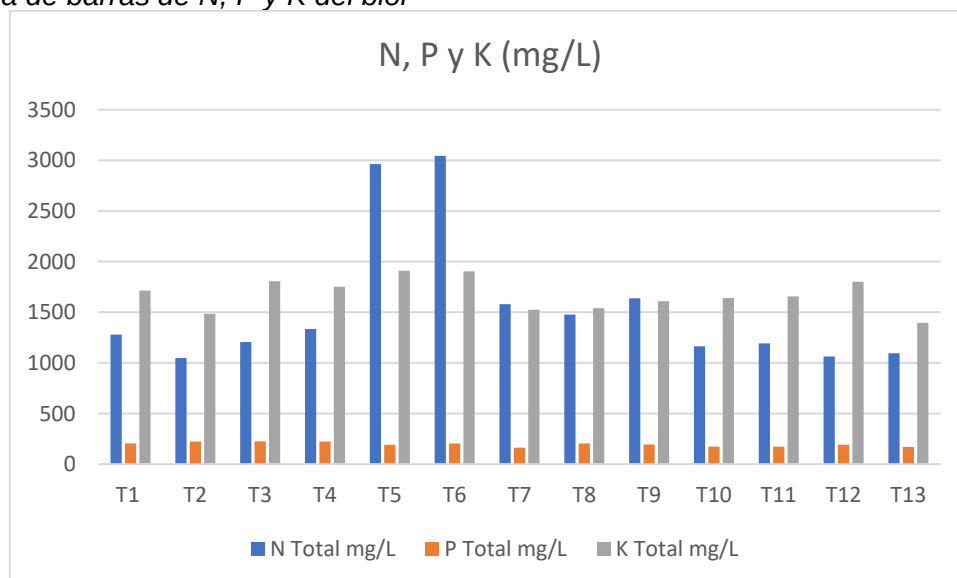
La concentración del MEA que presenta el biol es como sigue:

Fase mesófila (ME): T1 y T2: 5 % de MEA, T3 y T4: 7,5 % de MEA, T5 y T6: 10 % de MEA
 Fase termófila (TE): T7 y T8: 5 % de MEA, T9 y T10: 7,5 % de MEA, T11 y T12: 10 % de MEA

Testigo: T13: 0 % de MEA.

Figura 25

Gráfica de barras de N, P y K del biol



Nota: Esta gráfica 25 presenta los niveles de tres nutrientes esenciales para las plantas (nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K)) en diferentes muestras, identificadas del T1 al T13. Las concentraciones de estos nutrientes se miden en miligramos por litro (mg/L), además se observa que el T5 y T6 tienen mayor significancia lo que corresponde a la fase mesófila a la concentración del 10 % de MEA, por lo tanto, el mejor tratamiento fue de la fase mesófila.

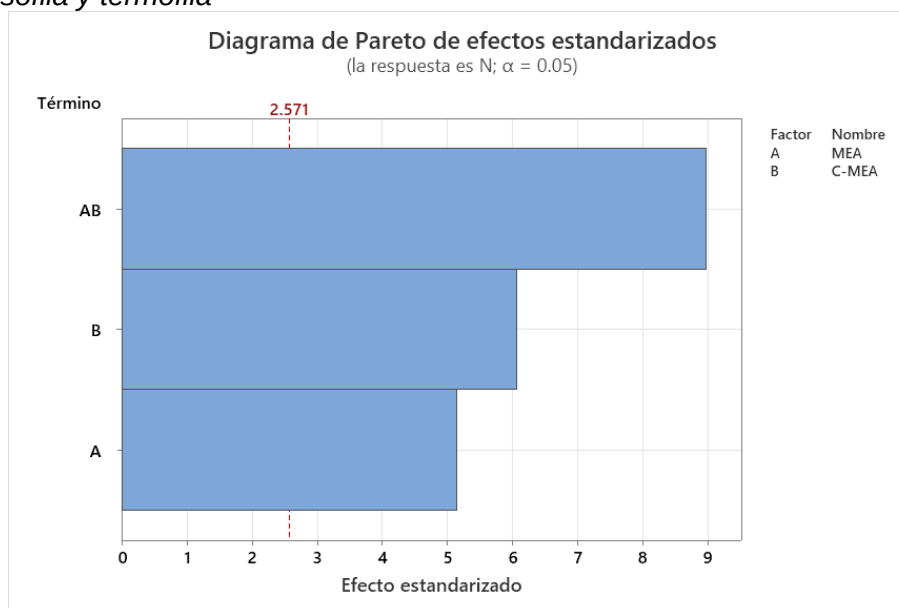
4.4.3.1. Nitrógeno

En la figura 26 se observa un diagrama de Pareto de efectos estandarizados, que se utiliza para identificar los factores que tienen un mayor impacto en la concentración de N en el biol. La línea roja en el gráfico indica el límite de significancia estadística. Los factores que se encuentran por encima de esta línea tienen un efecto significativo sobre la concentración de N. (Rivera Arredondo, 2015, p. 25) refiere que los requerimientos nutricionales para la lechuga es de 55 – 106 Kg/Ha de Nitrógeno (N), 20 – 30 Kg/Ha de Fosforo (P_2O_5), 120 – 233 Kg/Ha de Potasio (K_2O)

El factor más importante que afecta la concentración de N en el biol son las concentraciones de microorganismos eficientes autóctonos. Este factor tiene un efecto estandarizado de 2.571, lo que indica que tiene un impacto considerable sobre la concentración de N, el único otro factor que tiene un efecto significativo sobre la concentración de N es la concentración del 10 % de los microorganismos eficientes efectuados en el biol.

Figura 26

Efectos de MEA y C-MEA en la composición del N en el biol al 5 %, 7,5 % y 10 % de la fase mesófila y termófila



Nota: Factor A son los microorganismos eficientes autóctonos (MEA) y el factor B es la concentración de microorganismos eficientes autóctonos (C-MEA), Mientras que el factor AB representa la interacción del factor A y B.

En este análisis, se interpretan los resultados de la investigación sobre la concentración de N en el biol, considerando el estudio de (Acosta, 2019), que obtuvo una concentración de N entre 1090,1 mg/L y 1366,4 mg/L, (Bioabonos orgánicos E.I.R.L., 2019) que reporta una concentración de N de 1512,0 mg/L en su producto biol sin uso de microorganismos ni vísceras de pescado, los resultados de 1094,95 mg/L de N de la tabla 20 del biol testigo en nuestra investigación se asemeja con la literatura citada, mientras que (Flores, 2023) compara la concentración de Nitrógeno en los diferentes productos foliares tales como Biol CB con 980 mg/L, Biol LC con 1700 mg/L, Acidbiol con 720 mg/L, Fast Biol 20 con 4200 mg/L y Biol II-G con 2079 mg/L, de donde podemos determinar que nuestro resultado con el uso de 5 % y 7,5 % de MEA en el biol de la fase mesófila y todos los tratamientos de 5 %, 7,5 % y 10 % de la fase termófila se asemeja a la comparación de Biol CB con 980 mg/L, Biol LC con 1700 mg/L y Biol II-G con 2079 mg/L de la literatura citada, a diferencia de biol con 10 % de MEA de la fase mesófila que reporta 2963,48 mg/L y 3045,17 mg/L de nitrógeno, el cual podemos considerar concentración de nitrógeno promedio de Fast Biol 20 con 4200 mg/L y Biol II-G con 2079 mg/L de la literatura citada, de la misma tabla los resultados con uso de microorganismos eficientes autóctonos al 5 %, 7,5 % y 10 % principalmente de la fase mesófila va en aumento, a diferencia del uso de microorganismos eficientes autóctonos de la fase termófila al 5 %, 7,5 % y 10 % en el biol coincide con la literatura citada, entonces se

concluye que a medida se aumenta la concentración de MEA para la producción del biol aumentara la composición del N pero con los MEA de la fase mesófila.

4.4.3.2. Fósforo

La figura 27 muestra un diagrama de Pareto de efectos estandarizados, utilizado para identificar los factores que tienen un mayor impacto en la concentración de P en biol con un nivel de confianza del 95%, la línea roja en el gráfico indica el límite de significancia estadística. Los factores que se encuentran por encima de esta línea tienen un efecto significativo sobre la concentración de P.

Donde:

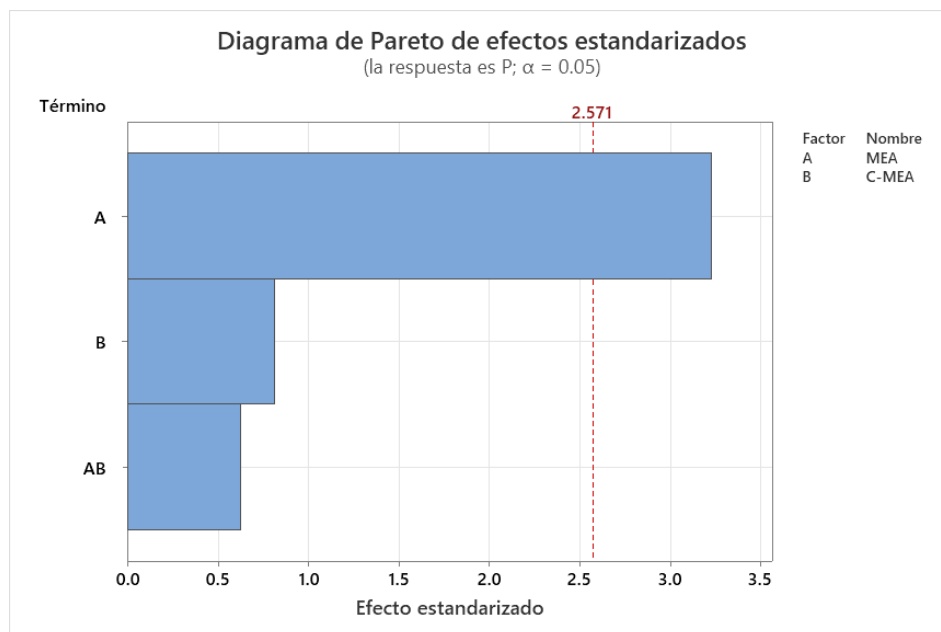
- **Eje X:** Representa los efectos estandarizados de los factores A (MEA) y B (C-MEA) y su interacción (AB) sobre la concentración de P en el biol. Los efectos estandarizados se miden en unidades de desviaciones estándar.
- **Eje Y:** Representa el porcentaje acumulado de la contribución de cada factor a la variabilidad total de la concentración de P en el biol. Los valores se expresan en porcentajes.

La línea horizontal punteada en el gráfico representa el valor crítico de los efectos estandarizados al 95% de confianza. Esta línea se utiliza para identificar los factores que tienen un efecto significativo sobre la concentración de P en el biol.

- **Efecto principal de MEA:** El efecto estandarizado de MEA es positivo y se encuentra por encima de la línea de corte. Esto indica que el factor MEA tiene un efecto significativo y positivo sobre la concentración de P en el biol. En otras palabras, un aumento en el nivel de MEA conduce a un aumento en la concentración de P en el biol.
- **Efecto principal de C-MEA:** El efecto estandarizado de C-MEA es negativo y se encuentra por encima de la línea de corte. Esto indica que el factor C-MEA tiene un efecto significativo y negativo sobre la concentración de P en el biol. En otras palabras, un aumento en el nivel de C-MEA conduce a una disminución en la concentración de P en el biol.
- **Efecto de interacción (AB):** El efecto estandarizado de la interacción AB es pequeño y se encuentra por debajo de la línea de corte. Esto indica que no hay una interacción significativa entre los factores A y B sobre la concentración de P en el biol. En otras palabras, el efecto de A sobre la concentración de P en el biol no depende del nivel de B, y viceversa.

Figura 27

Efectos de MEA y C-MEA en la composición del P en el biol al 5 %, 7,5 % y 10 % de la fase mesófila y termófila



Nota: Factor A son los microorganismos eficientes autóctonos (MEA) y el factor B es la concentración de microorganismos eficientes autóctonos (C-MEA), Mientras que el factor AB representa la interacción del factor A y B.

En este análisis, se comparan los resultados de la investigación sobre la concentración de fósforo (P) en bioestimulantes foliares, considerando información de (Bioabonos orgánicos E.I.R.L., 2019) que reporta una concentración de P de 95,94 mg/L en su bioestimulante foliar orgánico, (Flores, 2023) compara la concentración de P en diferentes productos foliares, encontrando valores que van desde 30 mg/L hasta 3800 mg/L, (Acosta, 2019) reporta concentraciones de P total de 220,94 mg/L, 248,63 mg/L y 239,40 mg/L en su investigación, mientras que (Reynoso et al., 2022) reporta una concentración de P total de 350,89 mg/L en su manual técnico para un bioestimulante foliar, de lo anterior se concluye lo siguiente:

- La concentración de P en bioestimulantes foliares varía considerablemente entre diferentes productos y estudios.
- Los resultados de la tabla 20 son más similares a los de Bioabonos orgánicos E.I.R.L. (2019) y Acosta (2019), con concentraciones de P que oscilan entre 220 y 350 mg/L.
- Los tratamientos con MEA al 5% de la fase mesófila de la tabla 20 se obtuvo concentraciones de P similares a las de Bioabonos orgánicos E.I.R.L. (2019).
- Los tratamientos con MEA al 5%, 7,5% y 10% de la fase termófila y el testigo en la tabla 20 reporta biol con concentraciones de P similares a las de Biol II-G (115,06 mg/L).
- Estos resultados sugieren que la concentración de MEA, principalmente en la fase mesófila, influye en la concentración de P en la producción de biol.

En el estudio realizado por (Menacho, 2022), los resultados para la concentración de fósforo en el biol no mostraron diferencias significativas, con valores que oscilaron entre 68 y 72 ppm, comparables tanto al tratamiento como al control. En contraste, nuestros resultados indican una concentración de fósforo considerablemente mayor, fluctuando entre 190,17 mg/L y 226,29 mg/L con uso de MEA de la fase mesófila, y entre 172,10 mg/L y 194,68 mg/L con uso de MEA de la fase termófila. Es particularmente notable que la mayor concentración de fósforo se obtuvo con un 5% de MEA, lo que sugiere que, bajo ciertas condiciones de fermentación, un menor porcentaje de MEA puede optimizar la disponibilidad de fósforo en el biol. Estos hallazgos podrían indicar una mayor eficiencia en la solubilización de fósforo en nuestro proceso, lo que podría tener implicaciones significativas para mejorar la calidad nutritiva del biol como fertilizante.

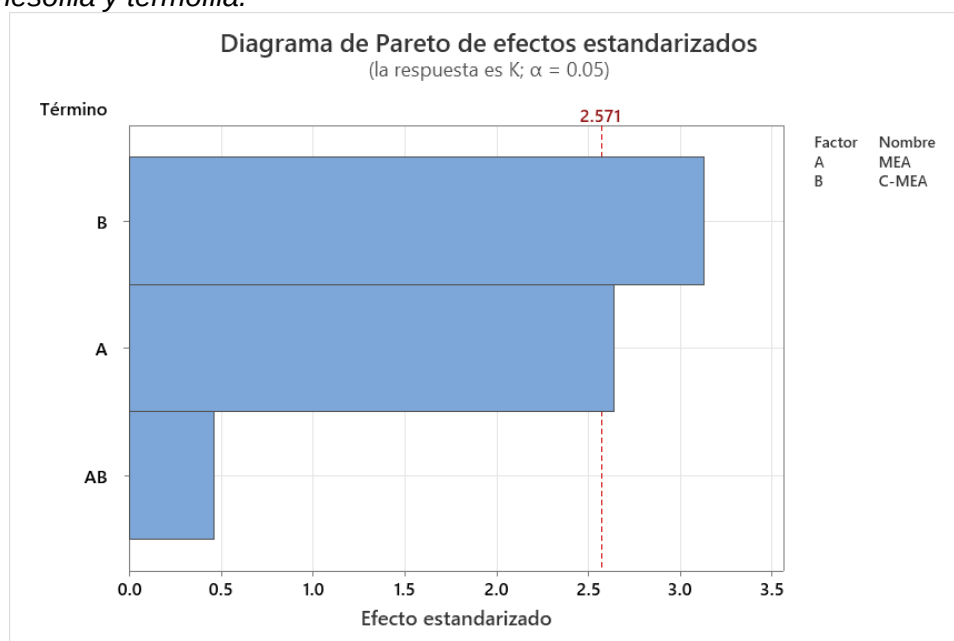
4.4.3.3. Potasio

Según la tabla 19 los resultados de potasio (K) en el biol elaborados con las concentraciones de MEA reporta como sigue:

- Biol con uso de MEA de la fase mesófila al 5 %: 1203,72 mg/L y 1485 mg/L
- Biol con uso de MEA de la fase mesófila al 7,5 %: 1805 mg/L y 1750 mg/L
- Biol con uso de MEA de la fase mesófila al 10 %: 1910 mg/L y 1905 mg/L
- Biol con uso de MEA de la fase termófila al 5 %: 1525 mg/L y 1540 mg/L
- Biol con uso de MEA de la fase termófila al 7,5 %: 1610 mg/L y 1640 mg/L
- Biol con uso de MEA de la fase termófila al 10 %: 1655 mg/L y 1800 mg/L
- Biol sin uso de MEA: 1395 mg/L

Figura 28

Efectos de MEA y C-MEA en la composición del K en el biol al 5 %, 7,5 % y 10 % de la fase mesófila y termófila.



Nota: Factor A son los microorganismos eficientes autóctonos (MEA) y el factor B es la concentración de microorganismos eficientes autóctonos (C-MEA), Mientras que el factor AB representa la interacción del factor A y B.

La figura 28 muestra un diagrama de Pareto de efectos estandarizados sobre la concentración de fósforo (K) en el biol, con un nivel de confianza del 95%. Este tipo de diagrama se utiliza para identificar los factores que tienen un mayor impacto en la concentración de K, considerando la variabilidad de los datos.

Donde:

El eje X representa los diferentes factores que se han estudiado en la investigación. En este caso, los factores son:

- **A:** MEA (Microorganismos eficientes autóctonos).
- **B:** C-MEA (Concentración de Microorganismos eficientes autóctonos)
- **AB:** La interacción entre los factores A y B.

El eje Y representa el efecto estandarizado de cada factor sobre la concentración de K. Un valor positivo indica que el factor aumenta la concentración de K, mientras que un valor negativo indica que el factor la reduce. La magnitud del valor absoluto del efecto estandarizado indica la importancia del factor.

El efecto principal de MEA es positivo y significativo. Esto significa que, a medida que aumenta el nivel de MEA, la composición de K también aumenta. La barra que representa a MEA cruza la línea de referencia, lo que indica que este efecto es estadísticamente significativo al 95% de confianza, el efecto principal de C-MEA es negativo y significativo. Esto significa que, a medida que aumenta el nivel de C-MEA, la composición de K disminuye. La barra que representa a C-MEA también cruza la línea de referencia, lo que indica que este efecto es estadísticamente significativo al 95% de confianza y la interacción entre MEA y C-MEA es positiva y no significativa. Esto significa que el efecto de MEA en la composición de K depende del nivel de C-MEA. Sin embargo, este efecto no es estadísticamente significativo al 95% de confianza, por lo que no se puede concluir que la interacción tenga un impacto importante en la respuesta.

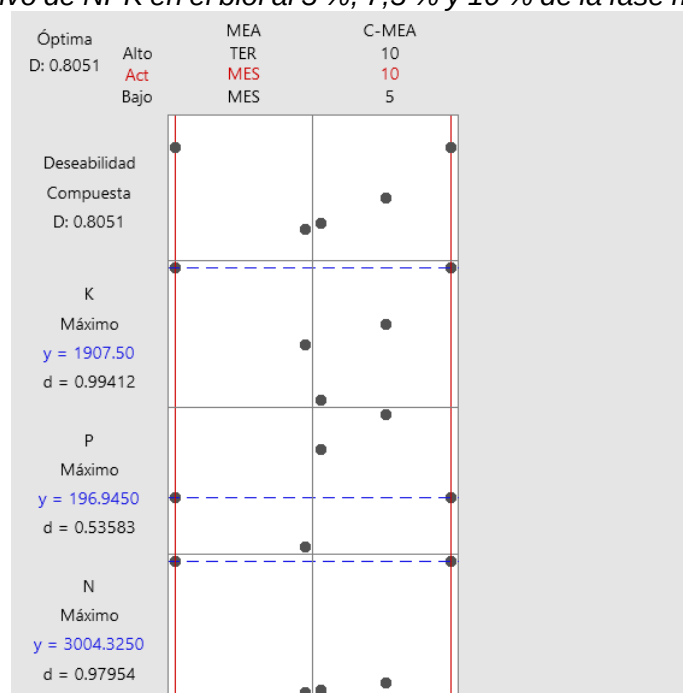
- Sí, la C-MEA afecta significativamente en la composición de K. El efecto principal de C-MEA es negativo y significativo, lo que significa que, a medida que aumenta el nivel de C-MEA, la composición de K disminuye.
- La MEA también afecta significativamente en la composición de K. El efecto principal de MEA es positivo y significativo, lo que significa que, a medida que aumenta el nivel de MEA, la composición de K aumenta.
- La interacción entre MEA y C-MEA no es significativa. Esto significa que el efecto de MEA en la composición de K no depende del nivel de C-MEA.

(Bioabonos orgánicos E.I.R.L., 2019) en su ficha técnica de bioestimulante orgánico reporta 579 mg/L de K, (Reynoso et al., 2022) reporta en su manual técnico de producción de biofertilizantes liquido acelerado una composición de 1890 mg/L de K, al comparar con los resultados obtenidos según la tabla 20 asemeja los resultados de MEA al 7,5 % y 10 % de la fase mesófila en la determinación de potasio en el biol, al igual que de la fase termófila al 10 % de MEA en el biol, mientras que los MEA al 5 % de la fase mesófila y 5 % y 7,5 % de la fase termófila reporta una composición promedio en comparación de los 2 autores citadas, de ello podemos concluir que a mayor concentración de microorganismos eficientes de la fase mesófila es significativo para determinar la concentración de potasio en el biol.

En el estudio de (Menacho, 2022), se reportó que la producción de biol utilizando concentraciones de microorganismos eficientes autóctonos (MEA) al 15% y 10% resultó en concentraciones de potasio de 423,33 ppm y 385,00 ppm, respectivamente. Menacho concluyó que una mayor concentración de MEA favorece un incremento en la concentración de potasio en el biol. Sin embargo, nuestros resultados muestran una considerable mejora en la concentración de potasio, alcanzando 1907,5 ppm con una concentración del 10% de MEA. Esta diferencia significativa podría deberse a variaciones en los insumos utilizados, las condiciones de fermentación, o la eficiencia del consorcio microbiano empleado. Estos hallazgos sugieren que, bajo las condiciones adecuadas, es posible optimizar la concentración de potasio en el biol, lo que podría tener importantes implicaciones para su uso como fertilizante orgánico de alto valor.

Figura 29

Efecto comparativo de NPK en el biol al 5 %, 7,5 % y 10 % de la fase mesófila y termófila



La figura 29 muestra la concentración de los nutrientes N, P Y K en el biol al 95 % de confianza. Los datos se presentan en forma de diagrama de dispersión, donde cada punto representa una medición de la concentración de un nutriente en una las muestras del biol.

Interpretación de la concentración de N:

- La concentración de N en el biol está comprendida entre 1200 y 3500 mg/L.
- La concentración media de N es de aproximadamente 2500 mg/L.
- La concentración de N es mayor en la fase MESÓFILA que en la fase TERMÓFILA.
- La concentración de N aumenta con la concentración de microorganismos eficientes autóctonos.

Interpretación de la concentración de P:

- La concentración de P en el biol está comprendida entre 200 y 400 mg/L.
- La concentración media de P es de aproximadamente 300 mg/L.
- La concentración de P es mayor en la fase MESÓFILA que en la fase TERMÓFILA.

Interpretación de la concentración de K:

- La concentración de K en el biol está comprendida entre 1000 y 2000 mg/L.
- La concentración media de K es de aproximadamente 1000 mg/L.
- La concentración de K es mayor en la fase MESÓFILA que en la fase TERMÓFILA.

De los anterior se concluye que la concentración de los nutrientes N, P y K en el biol varía en función de la fase del ciclo celular y de la concentración de microorganismos eficientes autóctonos, donde la concentración de N es el nutriente más abundante en el biol, seguido del K y el P, además la concentración de N, P y K es mayor en la fase MESÓFILA que en la fase TERMÓFILA, en relación a la concentración de N aumenta considerablemente mientras se aumenta la concentración de microorganismos eficientes autóctonos, en comparación con el testigo los 3 tratamientos de las 2 fases evaluados supera en la composición de NPK, concluyendo que sí afecta significativamente en la concentración de MEA a la composición de NPK en el biol, el cual puede favorecer un desarrollo nutricional óptimo de los cultivos y en especial a las hortalizas.

En contraste (Rivera Arredondo, 2015, p. 25) señala que los requerimientos nutricionales para la lechuga oscilan entre 55 y 106 Kg/Ha de Nitrógeno (N), 20 y 30 Kg/Ha de Fósforo (P_2O_5), y 120 y 233 Kg/Ha de Potasio (K_2O). Tras realizar la conversión a mg/L, estos valores corresponden a un rango de 1410.26 - 2717.95 mg/L

de Nitrógeno (N), 512.82 - 769.23 mg/L de Fósforo (P_2O_5) y 3076.92 - 5974.36 mg/L de Potasio (K_2O).

Para el rabanito (Flores Quispe, 2015; Laserna, s. f.) reportan requerimientos de 80 a 100 Kg/Ha de Nitrógeno (N), 30 a 40 Kg/Ha de Fósforo (P_2O_5) y 90 a 110 Kg/Ha de Potasio (K_2O), lo que equivale a 2051.28 - 2564.10 mg/L de Nitrógeno (N), 769.23 - 1025.64 mg/L de Fósforo (P_2O_5) y 2307.69 - 2820.51 mg/L de Potasio (K_2O).

Al comparar nuestros resultados con los reportados por estos autores, se observa que, en el caso del **Nitrógeno (N)**, nuestros valores fueron los más favorables para ambas hortalizas. Sin embargo, los niveles de **Fósforo (P_2O_5)** resultaron ser inferiores a los mencionados por ambos autores, lo que podría estar relacionado con la disponibilidad del fósforo en el suelo o su interacción con otros nutrientes. Respecto al **Potasio (K_2O)**, los resultados fueron ligeramente inferiores, aunque dentro de un margen aceptable. Esta variación podría deberse a factores específicos en el uso de insumos durante la elaboración del biol.

No obstante, la composición nutricional de suelo complementaría estos resultados, mostrando que los niveles de nutrientes presentes en el biol enriquecido permitan un desarrollo adecuado de las plantas, lo que confirmaría que la aplicación de este biol es una alternativa eficaz para el manejo nutricional de estos cultivos.

El mejor resultado obtenido fue el tratamiento al 10 % de MEA de la fase mesófila, por lo tanto, este resultado se aplicó en el campo experimental en la lechuga y rabanito, lo cual también afirmo que de aquí en adelante todo el trabajo ya se centra con el mejor resultado obtenido.

4.4.3.4. Resultados de biol en lechuga

El presente estudio se llevó a cabo en parcelas con suelo de baja fertilidad, carente de materia orgánica adicional. Este escenario desafiante representaba un terreno ideal para evaluar la eficacia del biol en diferentes concentraciones (0,5 L, 1,0 L, 1,5 L y 2,0 L) en comparación con un testigo sin aplicación. El objetivo principal era validar el potencial del biol para optimizar el crecimiento de la lechuga, incluso en condiciones de suelo desfavorables.

Evaluación del crecimiento de la lechuga:

Transcurridas dos semanas del trasplante al campo definitivo, se evaluó el desarrollo de las plantas de lechuga en cada parcela. La evaluación se centró en dos aspectos clave: el número de hojas y la altura de las plantas. Estos parámetros proporcionaron información valiosa sobre el impacto del biol en el crecimiento y la vigorosidad de la lechuga en condiciones de suelo con baja fertilidad. Tras 54 días de cultivo y posterior cosecha de la lechuga, se procedió a evaluar su peso en gramos.

a. Incidencia de la dosis de aplicación del biol en número de hojas por planta

La tabla 20 presenta un análisis detallado de la evolución de número de hojas de la lechuga a lo largo de los días evaluados.

Tabla 20

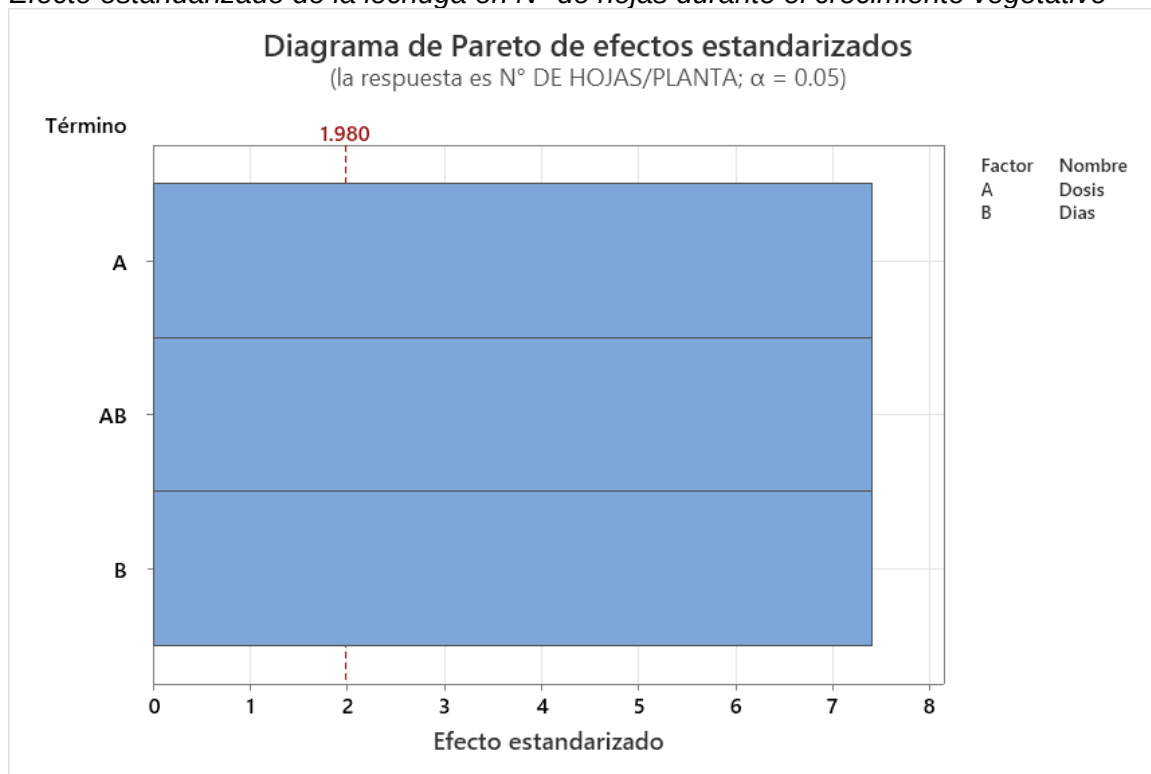
Número de hojas de la lechuga con el uso del biol al 10 % de la fase ME

SURCO	DOSIS (L)	Días											
		Día 0	Día 4	Día 9	Día 14	Día 19	Día 24	Día 29	Día 34	Día 39	Día 44	Día 49	Día 54
A	0,50	3,30	3,80	3,80	3,80	4,80	5,00	5,60	6,20	6,90	10,40	14,70	20,10
B	0,50	3,00	3,10	3,80	4,10	4,90	4,90	5,90	7,10	8,50	12,00	14,20	22,50
C	0,50	3,40	3,60	3,80	3,90	4,80	4,80	6,00	7,00	11,70	15,30	17,90	25,90
D	1,00	3,30	3,50	3,80	3,90	5,00	5,10	6,30	7,00	9,20	13,00	17,30	21,90
E	1,00	3,10	3,40	3,50	3,70	4,80	4,90	5,80	7,10	9,30	13,10	17,20	23,90
F	1,00	3,50	3,60	3,70	3,90	4,80	4,90	5,50	6,30	8,60	12,40	18,30	24,70
G	1,50	3,20	3,40	3,70	3,90	5,10	5,20	5,50	6,80	10,00	14,30	18,70	25,90
H	1,50	3,40	3,50	3,80	4,40	5,20	5,60	6,80	7,30	10,10	15,40	19,00	24,30
I	1,50	3,30	3,60	3,80	3,50	4,40	4,60	6,10	7,30	10,60	16,40	20,40	26,00
J	2,00	3,20	3,40	3,40	3,90	5,20	5,40	7,50	8,70	12,90	19,20	23,10	31,20
K	2,00	3,80	3,90	4,10	4,20	5,10	5,30	7,80	9,10	12,90	21,20	25,60	32,40
L	2,00	3,40	3,60	3,80	4,00	4,50	4,80	6,60	7,20	11,50	16,40	24,70	31,00
M	T	3,40	3,50	3,80	3,90	5,00	5,00	5,70	6,80	10,20	15,00	19,00	23,70
N	T	3,80	4,00	4,10	4,20	4,90	5,10	5,60	5,70	8,80	12,10	16,30	20,70
Ñ	T	3,50	3,80	4,00	4,10	4,90	5,00	6,00	5,20	7,60	9,80	12,40	14,60

Nota: Los resultados sobre el número de hojas corresponden al promedio obtenido en los surcos codificados. Es importante señalar que el surco A por ejemplo representa dos surcos reales, y en cada uno se evaluaron 10 plantas seleccionadas de manera intercalada tal como se muestra en el anexo 4.

Figura 30

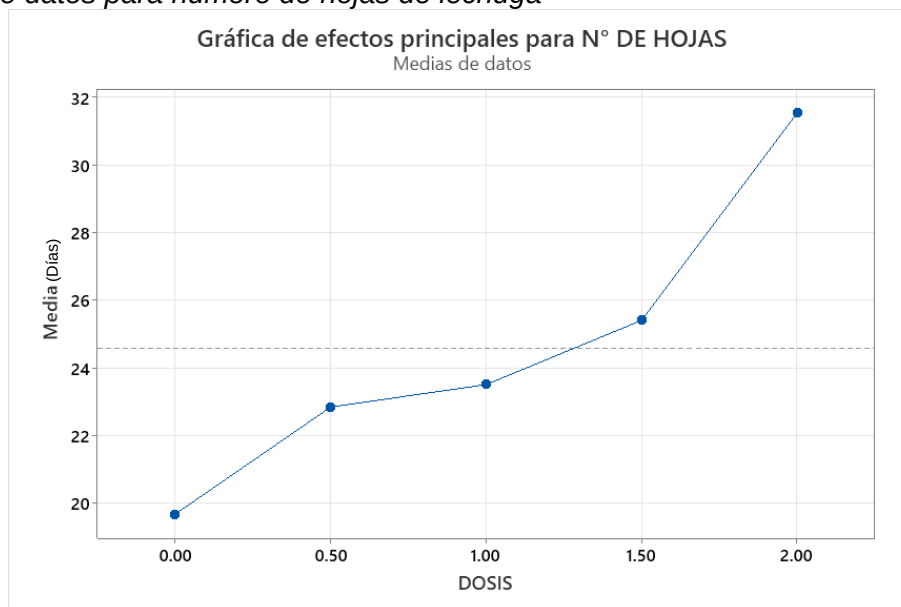
Efecto estandarizado de la lechuga en N° de hojas durante el crecimiento vegetativo



Nota: Factor A es la dosis del biol aplicado a la lechuga y el factor B es días de aplicación del biol, Mientras que el factor AB representa la interacción del factor A y B, quiere decir la interacción de biol con días de aplicación.

Figura 31

Media de datos para número de hojas de lechuga



Nota: la gráfica 31 representa los efectos del biol al 0,5 L, 1,0 L, 1,5 L y 2,0 L de biol por cada 20 litros de agua.

La figura 31 muestra un diagrama de Pareto de efectos estandarizados para número de hojas de la lechuga en función de la dosis y los días evaluados. El diagrama de Pareto es una herramienta estadística que se utiliza para identificar los factores que tienen el mayor impacto en un proceso o resultado. En este caso, el diagrama de Pareto muestra que el factor que tiene el mayor impacto en número de hojas es la dosis. Esto significa que la dosis tiene un efecto significativo en el número de hojas, los efectos estandarizados positivos indican que un factor aumenta el número de hojas, mientras que los efectos estandarizados negativos indican que un factor disminuye el número de hojas.

Los efectos estandarizados positivos indican que un factor aumenta la cantidad de hojas de lechuga, mientras que los efectos estandarizados negativos indican que un factor disminuye la cantidad de hojas de lechuga, concluimos que la dosis tiene un efecto significativo en la cantidad de hojas de lechuga por planta y la dosis óptima para la cantidad de hojas de lechuga por planta es 2 L de biol/ 20 L de agua

También según la tabla 20 y figura 30 muestra un creciente positivo durante los días evaluados, en caso especial el día 54 indica el momento óptimo de cosecha en todas las parcelas, de donde concluimos que los surcos J, K y L tienen la mayor cantidad de hojas de lechuga de 31 hojas y 32 hojas, de igual forma la figura 27 muestra la dosis

óptima para un buen desarrollo en número de hojas de la lechuga es dosis 2 L de biol/20 L de agua, con una media de 31,533 hojas de lechuga, mientras que los tratamientos con dosis de 0,5 L de biol/20 L de agua, 1,0 L de biol/20 L de agua y 1,5 L de biol/20 L de agua mantiene una media de 22,83 hojas, 23,5 hojas y 25,4 hojas de lechuga, el tratamiento testigo tiene una media de 19,66 hojas de lechuga.

(Sepúlveda, 2021) en su trabajo obtuvo un promedio de 15,30 a 18,65 hojas de la variedad cressa orgánica, concuerda con esta literatura el número de hojas con el testigo de nuestra investigación con 19,66 hojas, mientras que (Sánchez, 2018) obtuvo un total de 24 a 32 hojas por la planta de variedad cressa, en efecto la dosis de 1,5 L y 2L de biol asemeja a los resultados de la literatura citada, (B. J. Mendoza & Vicente, 2020) un promedio de 17 a 19 hojas de lechuga variedad verde cressa, la diferencia de del uso de abonos orgánicos de la literatura citada son sólidos (estiércol de vaca y gallinaza), de ello podemos concluir que el uso de biol con concentración al 10% de MEA tiene un efecto positivo y significativo con respecto al número de hojas.

b. Incidencia de la dosis de aplicación del biol en tamaño de la lechuga (cm)

La tabla 21 presenta un análisis detallado de la evolución del tamaño de la lechuga a lo largo de los días evaluados.

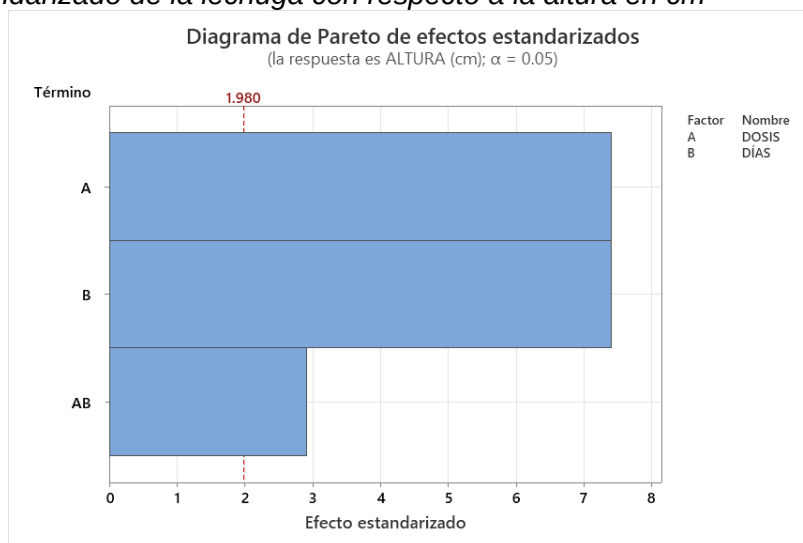
Tabla 21

Crecimiento (altura en cm) de la lechuga con el uso del biol al 10 % de MEA de la fase mesófila

SURCO	DOSIS (L)	Días											
		Día 0	Día 4	Día 9	Día 14	Día 19	Día 24	Día 29	Día 34	Día 39	Día 44	Día 49	Día 54
A	0,50	4,48	4,93	5,13	5,43	5,88	7,20	9,75	11,26	11,94	14,40	15,35	18,36
B	0,50	3,60	4,25	5,41	5,82	6,53	7,23	10,00	11,45	13,99	16,62	17,47	19,32
C	0,50	3,30	3,93	4,17	4,22	5,33	5,86	8,99	10,13	11,19	13,50	14,54	18,91
D	1,00	4,00	4,46	4,62	4,71	5,10	7,03	9,56	11,25	11,69	14,55	15,56	19,10
E	1,00	3,77	4,54	5,57	5,93	6,55	8,17	9,98	12,60	14,12	17,85	18,78	21,34
F	1,00	4,46	5,12	5,50	5,60	6,32	6,92	11,20	12,86	13,16	17,10	17,91	21,90
G	1,50	3,89	4,53	5,05	5,05	5,55	7,46	9,98	11,20	12,05	15,91	16,87	21,10
H	1,50	4,28	4,83	5,51	6,03	6,85	8,50	11,58	13,26	13,84	17,80	18,50	21,60
I	1,50	4,13	4,80	5,19	5,30	6,23	6,57	9,65	12,45	13,60	16,59	17,38	20,40
J	2,00	4,62	5,40	5,95	6,20	7,40	8,26	14,67	15,70	16,85	19,85	21,05	25,01
K	2,00	4,46	5,14	5,50	5,74	7,41	8,21	14,35	15,95	16,53	20,10	21,03	25,11
L	2,00	3,35	4,03	4,37	4,56	5,39	6,20	12,48	14,00	14,81	16,60	17,88	21,35
M	0,00	3,71	4,11	4,31	4,45	5,56	5,88	9,56	11,95	12,60	16,10	16,84	20,15
N	0,00	2,76	3,24	3,39	3,51	3,70	4,12	6,04	7,90	9,12	12,35	13,14	17,03
Ñ	0,00	3,81	4,41	4,59	4,65	4,79	5,15	6,46	8,12	10,53	12,60	13,39	17,50

Figura 32

Efecto estandarizado de la lechuga con respecto a la altura en cm

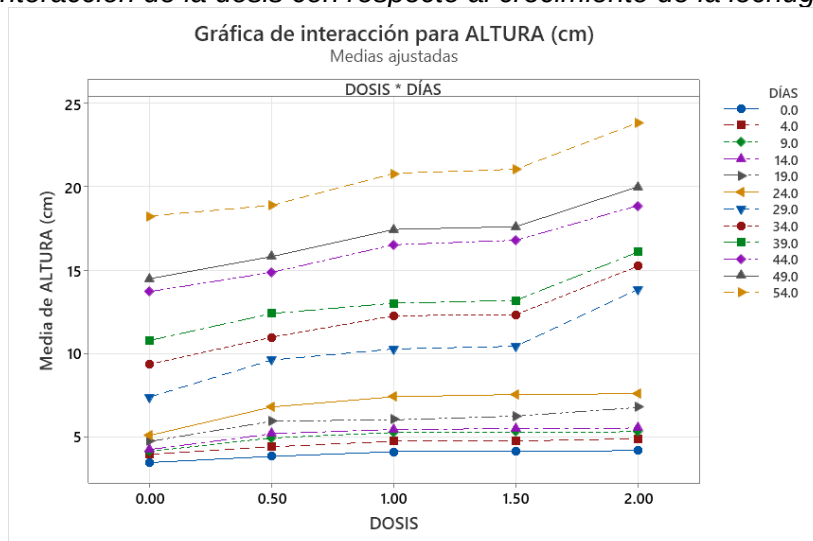


Nota: Factor A es la dosis del biol aplicado a la lechuga y el factor B es días de aplicación del biol, Mientras que el factor AB representa la interacción del factor A y B, quiere decir la interacción de biol con días de aplicación.

De la figura 32 el diagrama de Pareto de efectos estandarizados muestra que el efecto principal de las dosis (factor A) es el más importante para explicar la variabilidad en la altura de las plantas de lechuga. Esto significa que la altura de las plantas varía significativamente en función de la dosis de biol que se aplique, el efecto principal de los días (factor B) también es importante, pero no tanto como el efecto de las dosis. Esto significa que la altura de las plantas también varía significativamente en función del tiempo que haya pasado desde la aplicación del biol, mientras que la interacción entre dosis y días (factor AB) no es significativa. Significa que el efecto de la dosis sobre la altura de planta no depende del tiempo que haya pasado desde la aplicación del biol.

Figura 33

Gráfica de interacción de la dosis con respecto al crecimiento de la lechuga



Nota: La aplicación del biol fue cada 5 días

De la figura 33 podemos decir que las líneas de interacción representan el efecto de la dosis de biol sobre la altura de las plantas en cada día de evaluación. Cada línea corresponde a un día de evaluación diferente, y el color de la línea indica el día específico.

En general, la gráfica muestra que la altura de las plantas de lechuga aumenta con el tiempo y con la dosis de biol aplicada. El efecto de la dosis de biol es mayor en los primeros días de evaluación, y se va reduciendo con el tiempo.

Días 0 a 9: En estos días, la altura de las plantas aumenta significativamente con la dosis de biol aplicada. La línea verde (día 9) muestra el mayor efecto de la dosis de biol, con un aumento de la altura de las plantas de aproximadamente 10 cm en todos los tratamientos, incluido el testigo.

Días 14 a 29: En estos días, el efecto de la dosis de biol sobre la altura de las plantas se reduce gradualmente. Las líneas moradas, naranjas y amarillas muestran que la diferencia de altura entre las diferentes dosis de biol se va reduciendo.

Días 34 a 54: En estos días, el efecto de la dosis de biol sobre la altura de las plantas es prácticamente nulo. Las líneas grises, negras, marrones, turquesas, rosas y marfil muestran que la altura de las plantas es muy similar en todas las dosis de biol, esto significa que la lechuga está en la etapa formativa y maduración, más ya no en crecimiento.

De los anterior podemos corroborar que con la dosis de biol aumenta la altura de las plantas, especialmente en etapas tempranas, se observa que la dosis recomendada mínimo es 1.0 L de biol por cada 20 L de agua, pero el mejor resultado es 2.0 L de biol por cada 20 L de agua con altura mayor a todo los tratamientos (altura media: 23.82 cm), las otras dosis a 1.0 y 1.5 L/20 L de agua (20.78 - 21 cm) y 0.5 L/20 L de agua (18.86 cm) y el testigo sin biol (18.26 cm), concluimos que la dosis de biol afecta significativamente el crecimiento en altura de la lechuga.

(Sepúlveda, 2021) y (Cristobal & Tucto, 2020) obtuvieron datos similares de 21,90 cm a 23,20 cm para el primer autor y de 15,05 cm a 23,3 cm de altura de lechuga para el segundo autor, estos datos son similares a nuestra investigación a dosis de 1,0 L, 1,5 L y 2,0 L de uso del biol, para el caso del testigo y dosis 0,5 cm de altura de lechiga es inferior a los resultados de los 2 autores, quiere decir que la dosis del biol a más concentración es mejor para una buena ganancia de altura de la lechuga.

En la investigación de (Bocanegra, 2014), se observó que el tratamiento 3, que utilizó una aplicación de 4 m²/ha de biol, produjo un promedio de 31,5 cm de altura en las plantas de lechuga. Estos resultados sugieren que una mayor concentración de biol está positivamente correlacionada con el incremento en el tamaño de las plantas. De manera

consistente, en nuestra investigación, se obtuvo un promedio de 31,5 cm de altura al aplicar una dosis de 2 L de biol diluido en 20 L de agua. Este resultado no solo confirma la dosis óptima para alcanzar un crecimiento máximo en altura, sino que también apoya la hipótesis de que un mayor contenido de biol en la solución nutritiva puede mejorar significativamente el desarrollo vegetativo de la lechuga. Estos hallazgos refuerzan la idea de que la optimización de la concentración de biol es crucial para maximizar el rendimiento y la calidad de los cultivos.

c. Incidencia de la dosis de aplicación del biol en peso de la lechuga (g)

La tabla 22 presenta un análisis detallado sobre el peso de la lechuga

Tabla 22

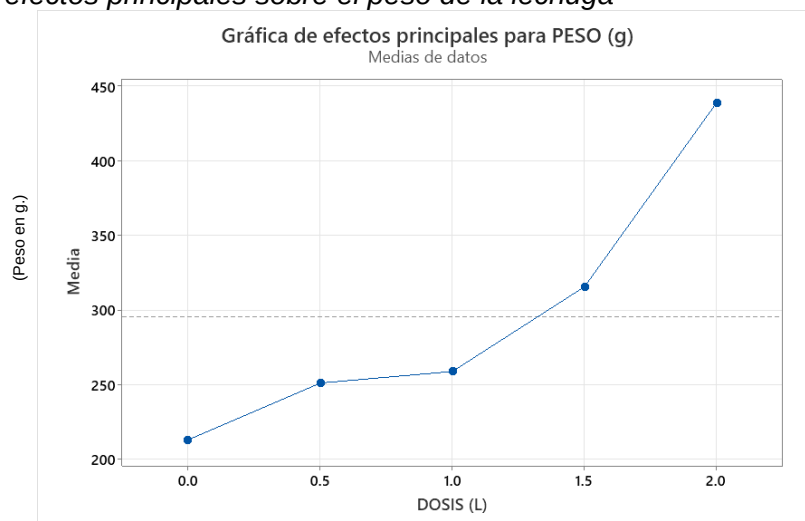
Peso de lechuga según dosis aplicado

SURCO	DOSIS (L)	PESO (g)
A	0,5	224,10
B	0,5	247,10
C	0,5	281,50
D	1	229,00
E	1	267,50
F	1	279,50
G	1,5	337,50
H	1,5	282,60
I	1,5	326,10
J	2	417,70
K	2	452,80
L	2	445,40
M	T	258,50
N	T	222,20
Ñ	T	158,00

Nota: el trabajo en campo se realizó con el biol al 10 % de MEA de la fase mesófila, también en la tabla se muestra que la mayor ganancia de peso fue a la dosificación del 2 L de biol en 20 L de agua, además de ello el resultado que arroja es el promedio de las lechugas evaluadas.

Figura 34

Gráfica de efectos principales sobre el peso de la lechuga



Nota: La gráfica muestra a 0,5 L, 1,0 L, 1,5 L y 2,0 L de biol por cada 20 L de agua aplicados a la lechuga para evaluar el peso en gramos.

En la figura 34 la gráfica muestra que el peso final de la lechuga aumenta con la dosis de biol. Esto significa que el biol tiene un efecto positivo en el crecimiento y buen desarrollo de la lechuga. El efecto es más pronunciado a dosis más altas de biol.

La diferencia en el peso final de la lechuga entre las diferentes dosis de biol es estadísticamente significativa ($p < 0.05$).

La curva de dosis alta (2 L/20 L de agua) de biol es la más empinada, lo que indica que el efecto del biol sobre el peso (peso medio: 438,63 g) de la lechuga es mayor a dosis más altas, la lechuga con dosis (1,5 L/20 L de agua) resulta 315,4 g de peso media, con dosis (0,5 y 1,0 L/20 L de agua) el peso medio es semejante con 250,9 g y 258,67 g, mientras que el testigo reporta un peso medio de 212,9 g.

Concluimos que el biol tiene un efecto positivo en el crecimiento de la lechuga. El efecto es más pronunciado a dosis más altas de biol. Se recomienda usar una dosis de biol de 2 L para obtener el mayor efecto sobre el peso final de la lechuga.

(Cristóbal & Tucto, 2020) y (Sepúlveda, 2021) obtuvieron un peso promedio para el primer autor de 415, 208 g por lechuga, mientras que el segundo en sus tratamientos de 402,70 g a 410,80 g de lechuga por unidad, ambos autores usaron fertilización mineral y orgánica, estos datos son similares o superior a peso media de nuestro tratamiento con 438,63 g por lechuga que se obtuvo con dosis de 2L de biol en peso, mientras que los obtenidos con dosis de 0,5 L, 1,0 L y 1,5 L de biol aplicados en las parcelas experimentales incluido el testigo son inferiores a la literatura citada.

4.4.3.5. Resultados de biol en Rabanito

El estudio se realizó en parcelas con suelo de baja fertilidad, un factor que podría afectar el desarrollo del rabanito. Para evaluar el efecto del biol en este tipo de suelo, se aplicaron cinco tratamientos con diferentes dosis (0,5 L, 1,0 L, 1,5 L y 2,0 L) y un tratamiento testigo sin aplicación del biol. La asignación de los tratamientos a las parcelas se realizó al azar para garantizar la imparcialidad del experimento. Sin embargo, durante el sorteo, la parcela testigo quedó ubicada en un área con mayor concentración de materia orgánica debido a la presencia de un árbol de molle. La descomposición de sus hojas ha mejorado la estructura del suelo en esta zona, otorgando una ventaja inicial a la parcela testigo en comparación con las demás.

Evaluación del rabanito:

Transcurridas dos semanas del trasplante al campo definitivo, se evaluó el crecimiento de los rabanitos en cada parcela. La evaluación se centró en dos variables hasta antes de la cosecha: el número de hojas y la altura de las plantas, luego de la cosecha se evaluó peso y diámetro del rabanito.

a. Incidencia de la dosis de aplicación del biol en altura de planta follaje

La tabla 23 presenta un análisis detallado de la evolución de altura de planta del follaje del rabanito a lo largo de los días evaluados.

Tabla 23

Altura de la parte vegetativa (tallo) del rabanito con el uso del biol en días

PARCELA	DOSIS (L)	Día 0	Día 4	Día 9	Día14	Día 19	Día 24	Día 29	Día 34
A	0,50	1,47	1,86	3,62	3,87	5,45	6,50	7,40	9,84
B	0,50	2,02	2,74	5,02	5,48	7,47	8,75	10,00	11,28
C	1,00	2,03	2,42	3,23	4,54	5,26	6,70	8,03	10,07
D	1,00	2,25	3,20	6,22	6,94	8,65	9,23	10,32	11,77
E	1,50	2,43	2,92	4,58	4,58	7,71	8,28	9,56	13,70
F	1,50	1,85	2,35	5,13	5,98	6,81	8,31	9,39	13,74
G	2,00	2,21	3,41	6,18	7,04	6,70	8,97	10,29	13,77
H	2,00	2,45	3,35	6,20	7,01	8,35	9,10	10,93	15,09
I	T	2,70	3,56	6,57	7,34	8,68	9,75	10,88	13,43
J	T	2,57	3,50	6,13	6,99	8,65	8,95	10,22	12,11

Nota: el biol usado fue al 10 % de MEA de la fase mesófila.

En figura 34 la gráfica que se muestra representa un diagrama de Pareto de efectos estandarizados, donde la respuesta es la altura de planta de follaje del rabanito y el nivel de significancia es de 0.05, la línea de referencia representa el límite de significancia estadística. Los efectos que se encuentran por encima de la línea de referencia se consideran estadísticamente significativos.

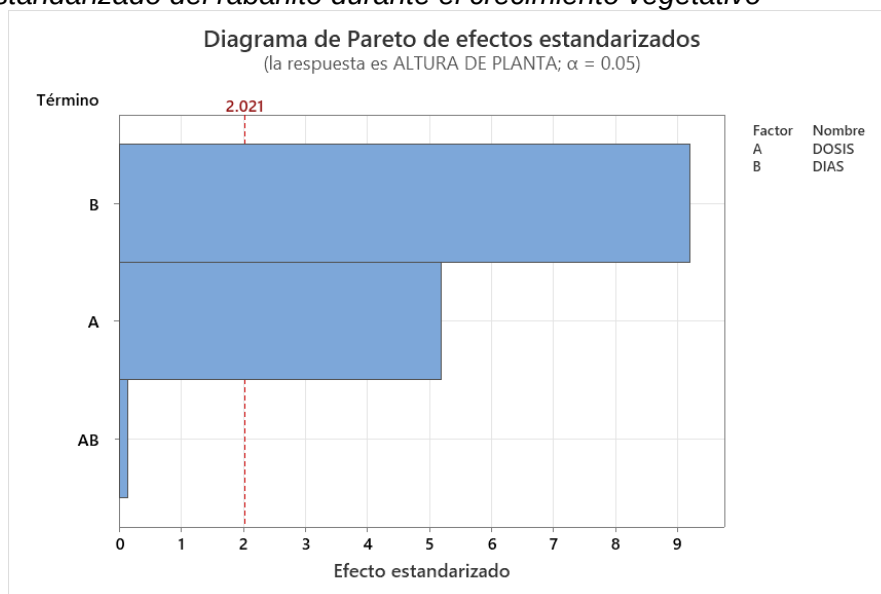
El factor que tiene el mayor efecto sobre la altura de planta de follaje del rabanito es DOSIS. La barra correspondiente a este factor es la más alta y se encuentra por encima de la línea de referencia. Esto indica que la dosis aplicada tiene un efecto significativo sobre la altura de planta de follaje del rabanito, pero no se observa ningún efecto de interacción significativo entre los factores. Las barras correspondientes a las interacciones AB y BA se encuentran por debajo de la línea de referencia. Esto indica que no hay una relación significativa entre la dosis y los días de cultivo que afecte al número de la altura de planta de follaje del rabanito.

La dosis óptima para obtener la altura de planta de follaje del rabanito es de 1,5 y 2,0 L. Esto se debe a que la barra correspondiente a esta dosis es la más alta de todas las barras de los efectos principales, seguido por el testigo.

La dosis aplicada tiene un efecto significativo sobre la altura de planta de follaje del rabanito, de donde la dosis óptima para obtener la mayor altura de planta de follaje del rabanito es de 2,0 L de biol/20 L de agua, no hay una relación significativa entre la dosis y los días de cultivo que afecte la altura de planta de follaje del rabanito.

Figura 35

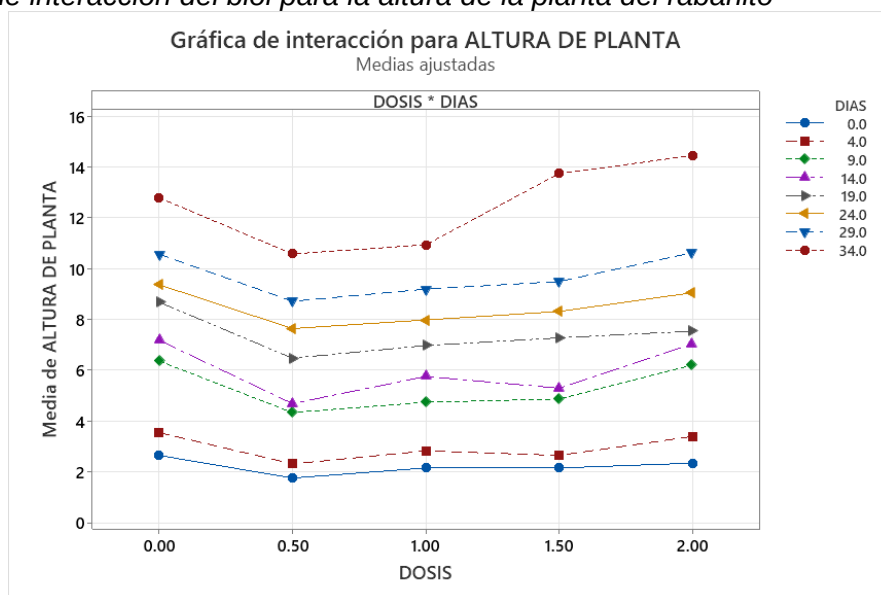
Efecto estandarizado del rabanito durante el crecimiento vegetativo



Nota: Factor A es la dosis del biol aplicado al rabanito y el factor B es días de aplicación del biol, Mientras que el factor AB representa la interacción del factor A y B, quiere decir la interacción de biol con días de aplicación.

Figura 36

Gráfica de interacción del biol para la altura de la planta del rabanito



Nota. El biol usado fue de la fase mesófila al 10 % de MEA.

En la Figura 36, la gráfica ilustra la interacción entre la altura de planta del rabanito y las dosis de biol aplicadas (0.5 L, 1.0 L, 1.5 L y 2.0 L por cada 20 L de agua), evaluadas en diferentes días. Cada línea en la gráfica representa la media ajustada del número de hojas para cada dosis específica.

En términos generales, la dosis de 2.0 L de biol por 20 L de agua mostró consistentemente la mayor altura del follaje en todos los días evaluados. La gráfica

también evidencia una interacción significativa entre la dosis y el tiempo, lo que indica que el efecto de las dosis sobre la altura del follaje no fue uniforme a lo largo del período de evaluación. Por ejemplo, las diferencias en la altura del follaje entre las dosis fueron más pronunciadas en los primeros días de evaluación (días 0 a 14) que en los días posteriores (días 24 a 34).

Específicamente, las dosis de 0.5 L y 1.0 L de biol no mostraron efectos significativamente diferentes respecto al testigo. Este comportamiento podría explicarse por la mayor concentración de materia orgánica en el suelo de la parcela testigo, en comparación con las otras parcelas. A pesar de esta ventaja inicial, la dosis de 2.0 L de biol por 20 L de agua produjo las mayores alturas del follaje del rabanito en todas las etapas de evaluación. La interacción observada entre la dosis y el tiempo refuerza la idea de que el efecto de las dosis de biol sobre la altura del follaje varía dinámicamente a lo largo del desarrollo del cultivo.

Diversos estudios han evaluado el efecto de diferentes tratamientos en el crecimiento en altura de plantas. En la investigación de (Cabrera, 2023), se observó que el tamaño de la planta oscilaba entre 16,80 cm y 22,60 cm de altura en el primer período de siembra, entre 19,10 cm y 20,80 cm en el segundo período y entre 13,40 cm y 19,60 cm en el tercer período, al aplicar diferentes dosis de microorganismos eficientes. Por otro lado, (Espíritu, 2022) reportó una altura de 12,14 cm a 13,07 cm al utilizar vermicompost en suelos contaminados con hidrocarburos. En el estudio de (Holguin, 2021) con el uso de diferentes sustratos orgánicos, la altura de las plantas de rabanito osciló entre 11,7 cm y 15,1 cm.

En nuestra investigación, a pesar de utilizar un suelo pobre en materia orgánica, los resultados obtenidos en cuanto al crecimiento en altura de las plantas se asemejan a los de los estudios mencionados anteriormente. Esto sugiere que el uso de biol con una dosis del 10 % de MEA de la fase mesófila tiene un impacto significativo en el desarrollo en tamaño de planta, independientemente de la variedad utilizada.

La evidencia disponible indica que el empleo de biol con una dosis del 10 % de MEA de la fase mesófila puede ser una estrategia efectiva para promover el crecimiento en altura de las plantas, incluso en suelos con baja fertilidad. Este hallazgo abre interesantes posibilidades para el desarrollo de prácticas agrícolas sostenibles que optimicen el rendimiento de los cultivos.

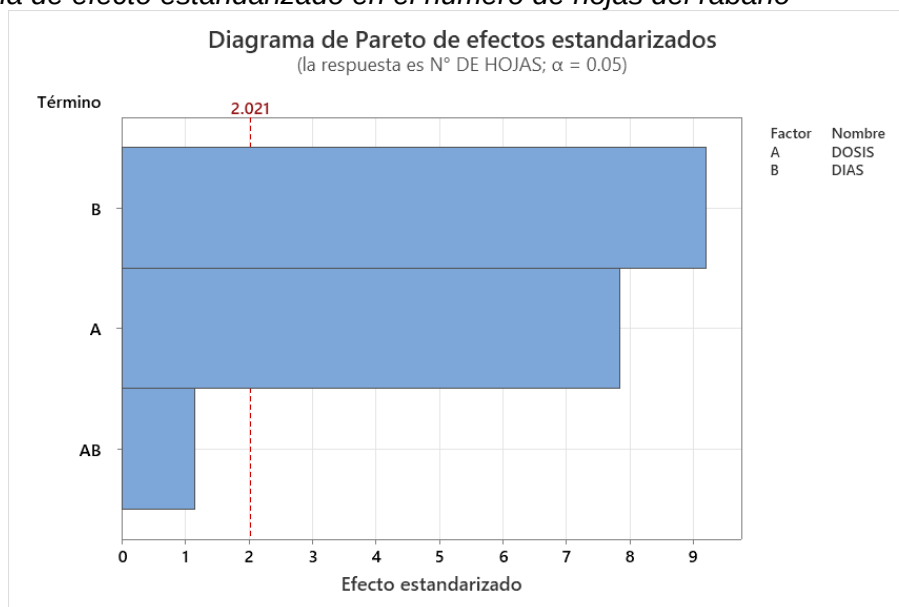
b. Incidencia de dosis de aplicación del biol en número de hojas de rabanito (cm)

La tabla 24 presenta un análisis detallado de la evolución del número de hojas de rábano a lo largo de los días evaluados.

Tabla 24*Resultados de la evaluación del número de hojas de rabanito*

PARCELA	DOSIS (L)	Día 0	Día 4	Día 9	Día14	Día 19	Día 24	Día 29	Día 34
A	0,50	2,00	2,20	2,40	4,60	4,30	4,50	4,80	5,70
B	0,50	2,00	2,80	3,40	4,50	4,90	5,00	5,10	5,90
C	1,00	1,90	2,10	2,70	4,30	5,10	5,30	5,40	5,80
D	1,00	2,00	2,80	3,60	5,90	5,00	5,20	5,40	6,00
E	1,50	2,00	2,00	4,30	5,40	5,60	5,80	5,90	6,90
F	1,50	2,00	2,50	3,20	4,90	5,20	5,70	5,80	6,20
G	2,00	2,90	3,30	4,70	5,20	5,50	5,70	5,90	7,30
H	2,00	2,00	2,90	4,50	5,70	5,80	6,00	6,00	6,60
I	T	2,30	3,70	4,70	5,60	5,50	5,70	5,80	6,00
J	T	2,60	3,70	5,10	5,20	5,60	5,70	6,00	6,50

Nota: Los resultados que arroja la tabla 24 es el promedio según el anexo 7.

Figura 37*Diagrama de efecto estandarizado en el número de hojas del rábano*

Nota: Factor A es la dosis del biol aplicado al rabanito y el factor B es días de aplicación del biol, Mientras que el factor AB representa la interacción del factor A y B, quiere decir la interacción de biol con días de aplicación.

En la figura 38 la gráfica muestra el número de hojas de rábano durante el tiempo evaluado con Biol a diferentes dosis (0,5 L, 1 L, 1,5 L y 2 L de biol/20 L de agua) y el testigo sin uso del biol. Cada línea de la gráfica representa el número de hojas de rábano para una dosis específica de Biol.

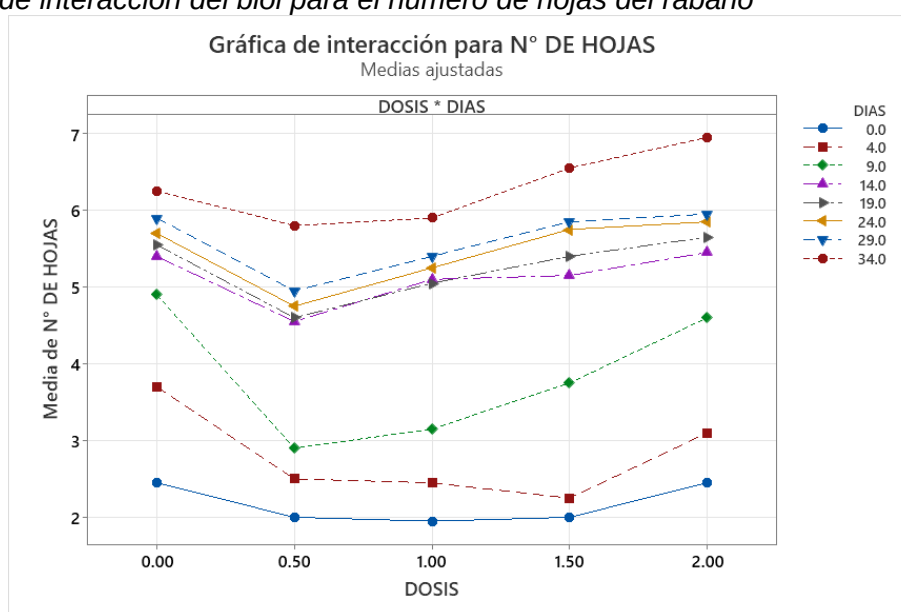
En general, la gráfica muestra que el número de hojas de rábano aumenta con el tiempo para todas las dosis de Biol, como también el testigo. Sin embargo, el aumento es más pronunciado para las dosis más altas de Biol (1,5L y 2L). Esto sugiere que el uso de Biol puede tener un efecto significativo en el número de hojas de rábano, especialmente a dosis altas.

La gráfica también incluye un diagrama de Pareto de efectos estandarizados. Este diagrama muestra la importancia relativa de cada factor (dosis de Biol y días) en el número de hojas de rábano. El factor más importante es la dosis de Biol, seguido por los días. Esto indica que la dosis de Biol tiene un mayor impacto en el número de hojas de rábano que el tiempo.

Con base en la información proporcionada en la gráfica y el análisis estadístico, se puede concluir que el uso de Biol tiene un efecto significativo en el número de hojas de rábano. Las dosis más altas de Biol (1,5 L y 2 L) tienen el mayor impacto en el número de hojas.

Figura 38

Gráfica de interacción del biol para el número de hojas del rábano



Nota: El biol usado fue de la fase mesófila al 10 % de MEA.

En la figura 38 la gráfica muestra el número promedio de hojas de rábano en función de la dosis de Biol y el tiempo de evaluación. Las líneas de la gráfica representan el promedio de hojas para cada dosis de Biol (0.5 L, 1 L, 1.5 L y 2 L) y el testigo. La gráfica también incluye un diagrama de Pareto de efectos estandarizados que muestra la importancia relativa de cada factor (dosis de Biol y días) en el número de hojas de rábano.

La dosis óptima de Biol para maximizar el número de hojas de rábano es de 2 L de biol/20 L de agua. Esta dosis produce el mayor número promedio de hojas en todos los tiempos de evaluación. Las dosis de 1 L y 1,5 L de biol/20 L de agua también producen un número significativo de hojas, pero son ligeramente inferiores a la dosis de 2 L.

El efecto de la dosis de Biol en el número de hojas de rábano es significativo. El diagrama de Pareto de efectos estandarizados muestra que la dosis de Biol es el factor

más importante que afecta el número de hojas. Esto indica que el uso de Biol tiene un impacto considerable en el crecimiento de las hojas de rábano.

El efecto del tiempo en el número de hojas de rábano también es significativo. El número de hojas aumenta con el tiempo para todas las dosis de Biol. Sin embargo, el aumento es más pronunciado para las dosis más altas de Biol (1,5 L con una media de 6,55 y 2 L con una media de 6,95). Esto sugiere que el efecto del Biol sobre el número de hojas es más evidente en las etapas posteriores del crecimiento del rábano, a diferencia de dosis de aplicación del biol a 0,5 y 1,0 L tiene número de hojas (media: 5,8 y 5,9), mientras que el testigo supera a esta 2 dosis con una media de 6,25 hojas por planta de rábano.

Concluimos que el uso de Biol tiene un efecto significativo en el número de hojas de rábano, especialmente a dosis de 2 L de biol/20 L de agua con una media de 6,95 hojas por planta de rábano al momento de la cosecha. La dosis de Biol es el factor más importante que afecta el número de hojas.

Diversos estudios han explorado el impacto de diferentes tratamientos en el número de hojas de los rábanos. En la investigación de (Holguin, 2021) se observó que la aplicación de biol resultó en un promedio de 4,89 hojas por planta, mientras que con el vermicompost y la tierra de siembra arrojaron promedios de 4,76 y 5,38 hojas respectivamente. Es importante destacar que los datos obtenidos en nuestra investigación sobre el número de hojas por planta de rábano son superiores o similares a los reportados en la literatura citada, particularmente en el caso de las dosis de biol de 1,5 L y 2,0 L, que alcanzaron un promedio de 6,55 y 6,95 hojas por planta, respectivamente.

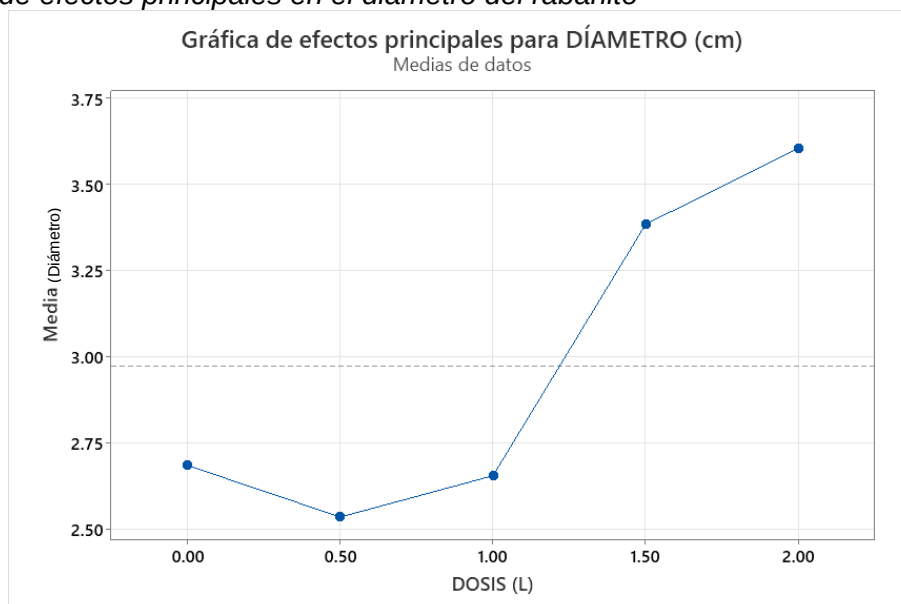
La evidencia disponible sugiere que el uso de biol, especialmente en dosis de 1,5 L y 2,0 L, puede promover un aumento significativo en el número de hojas de los rábanos, en comparación con otros tratamientos como el vermicompost o la tierra de siembra. Este hallazgo abre nuevas oportunidades para optimizar el rendimiento de los cultivos de rábano mediante prácticas agrícolas sostenibles.

c. Incidencia de la dosis de aplicación del biol en diámetro del rabanito (cm)

La tabla 25 presenta un análisis detallado sobre el diámetro del rabanito evaluados en la cosecha.

Tabla 25*Diámetro del rabanito*

DOSIS (L)	DÍAMETRO (cm)
0,50	2,61
0,50	2,46
1,00	2,31
1,00	3,00
1,50	3,38
1,50	3,39
2,00	3,46
2,00	3,75
T	2,90
T	2,47

Figura 39*Gráfica de efectos principales en el diámetro del rabanito*

En la figura 38 el gráfico muestra el efecto de la dosis de biol en el diámetro del rabanito, junto con los intervalos de confianza del 95% para cada dosis. Se utilizaron dosis de, 0.5 L, 1.0 L, 1.5 L y 2.0 L de biol/20 L de agua. El gráfico presenta la media del diámetro del rabanito para cada dosis de biol (al 0,5 L: 2,54 cm, al 1,0 L: 2,66 cm, al 1,5 L: 3,39 cm, al 2,0 L: 3,61 cm y el testigo a 2,67 cm), junto con las barras de error que representan el intervalo de confianza del 95%.

El gráfico muestra que el diámetro del rabanito aumenta a medida que aumenta la dosis de biol. Esta tendencia es más pronunciada en las dosis más altas (1.5L y 2L).

En este caso, el test de ANOVA indica que existe una diferencia significativa entre las medias de los diferentes grupos de tratamiento ($p < 0.05$). Esto significa que al menos una de las dosis es significativa.

En este caso, el test de Tukey indica que existen diferencias significativas entre las medias de los siguientes pares de grupos de tratamiento:

- Testigo y 1.5L ($p < 0.05$)
- Testigo y 2L ($p < 0.05$)
- 0.5L y 1.5L ($p < 0.05$)
- 0.5L y 2L ($p < 0.05$)

Esto significa que las dosis de 1.5L y 2L son significativamente diferentes al testigo, y que las dosis de 1.5L y 2L también son significativamente diferentes de la dosis de 0.5L, de ello concluimos que el diámetro del rabanito aumenta a medida que aumenta la dosis de biol. Esta tendencia es más pronunciada en las dosis más altas (1.5L y 2L).

El test de ANOVA indica que existe una diferencia significativa entre las medias de los diferentes grupos de tratamiento. El test de Tukey indica que las dosis de 1.5L y 2L son significativamente diferentes al testigo sin uso del biol, y que las dosis de 1.5L y 2L también son significativamente diferentes de la dosis de 0.5L. Esto significa que las dosis de 1.5L y 2L son significativas para el aumento del diámetro del rabanito.

Diversos estudios han investigado el efecto de diferentes tratamientos en el diámetro ecuatorial del rábano. (López & Benavides, 2020) reportaron diámetros de 2,52 cm a 2,89 cm al utilizar tres tipos de fertilizantes orgánicos, mientras que (Holguin, 2021) observó diámetros de 4,07 cm a 4,18 cm con abonamiento a base de tres sustratos orgánicos.

Es importante destacar que los resultados obtenidos en nuestra investigación sobre el diámetro ecuatorial del rábano se encuentran dentro del rango reportado en la literatura citada. Esto sugiere que, a pesar de utilizar un suelo con bajo contenido de materia orgánica, las dosis de 1,5 L y 2,0 L de biol por cada 20 L de agua tuvieron un impacto significativo en el desarrollo del diámetro del rábano.

La evidencia disponible indica que la aplicación de biol, especialmente en dosis de 1,5 L y 2,0 L por cada 20 L de agua, puede ser una estrategia efectiva para promover el crecimiento del diámetro ecuatorial del rábano, incluso en suelos con baja fertilidad. Este hallazgo abre nuevas oportunidades para optimizar el rendimiento de los cultivos de rábano mediante prácticas agrícolas sostenibles.

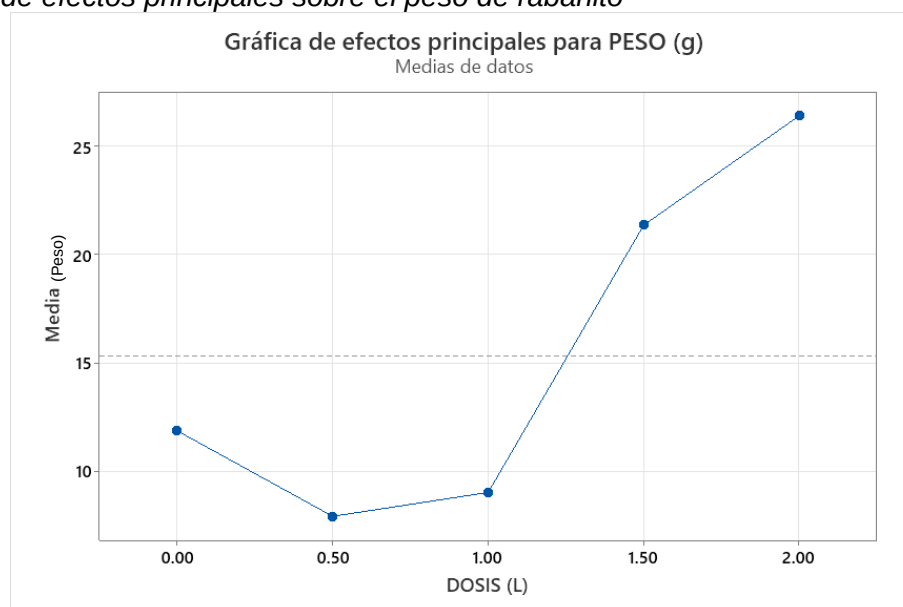
d. Incidencia de la dosis de aplicación del biol en peso del rabanito (g)

La tabla 25 presenta un análisis detallado del peso de rabanito evaluados en la cosecha.

Tabla 26
Peso del rabanito

DOSIS (L)	PESO (g)
0,50	5,50
0,50	10,30
1,00	9,20
1,00	8,80
1,50	20,80
1,50	21,90
2,00	27,70
2,00	25,10
T	15,40
T	8,30

Figura 40
Gráfica de efectos principales sobre el peso de rabanito



En la figura 40 la gráfica muestra el efecto de la dosis de biol en el peso del rabanito. El eje X representa la dosis de biol en litros (L), mientras que el eje Y representa el peso promedio del rabanito en gramos (g). Cada punto en la gráfica representa la media del peso del rabanito (Testigo: 11,85 g, dosis biol al 0,5 L: 7,9 g, dosis biol al 1,0 L: 9 g, dosis biol al 1,5 L: 21,35 g y dosis biol al 2,0 L: 26,4 g) para una dosis específica de biol, donde la gráfica muestra que el peso del rabanito aumenta con el aumento de la dosis de biol. Esta tendencia es evidente por la pendiente positiva de la línea que conecta los puntos de la gráfica. Esto sugiere que el biol tiene un efecto positivo sobre el crecimiento del rabanito.

Para determinar si existe un efecto significativo de la dosis de biol en el peso del rabanito, se ha realizado un análisis de varianza (ANOVA) de una sola vía. El ANOVA

compara la variabilidad entre las medias de las diferentes dosis de biol con la variabilidad dentro de cada grupo de tratamiento.

Este resultado indica que existe un efecto significativo de la dosis de biol en el peso del rabanito ($p < 0.05$).

La prueba de Tukey revela que las siguientes diferencias de medias son significativamente diferentes a un nivel de significancia del 5%:

- Testigo sin biol vs 1.50 L ($p = 0.00$)
- Testigo sin biol vs 2.00 L ($p = 0.00$)
- 0.50 L de biol vs 1.50 L ($p = 0.03$)
- 0.50 L de biol vs 2.00 L ($p = 0.00$)
- 1.00 L de biol vs 2.00 L ($p = 0.03$)

Estos resultados indican que las dosis de 1.50 L y 2.00 L de biol son significativamente más efectivas para aumentar el peso del rabanito que el testigo sin biol y 0.50 L de biol. El análisis mediante el diseño 2^k ha demostrado que existe un efecto significativo de la dosis de biol en el peso del rabanito. Las dosis de 1.50 L y 2.00 L de biol son significativamente más efectivas para aumentar el peso del rabanito que los del testigo sin biol, como también al 0.50 L y 1,0 L de dosis de biol que son muy inferiores, catalogados no significativos en suelos pobres de materia orgánica.

Diversos estudios han evaluado el efecto de diferentes tratamientos en el peso del rábano. En la investigación de (Sanchez, 2018), se observaron los siguientes resultados: 32,98 g con biofertilizante al 3 %, 34,17 g con biofertilizante al 5 %, 26,06 g con compost y 15,94 g con fertilizante químico. Por su parte, (Espíritu, 2022), reportó datos promedio de 20,67 g a 38 g por rábano, mientras que (López & Benavides, 2020) obtuvieron pesos de 17,92 g en T3, 18,02 g en T4, 22,82 g en T1 y 24,71 g en T2.

Es importante destacar que el tratamiento con 2,0 L de biol en nuestra investigación se asemeja a los resultados del segundo autor citado, mientras que los demás tratamientos, incluido el testigo, son similares a los del último autor. Esto sugiere que, a pesar de utilizar un suelo con bajo contenido de materia orgánica, la dosis de 2,0 L de biol es significativa, al igual que la de 1,5 L. En contraste, el testigo y los tratamientos con 0,5 L y 1,0 L de biol presentan resultados inferiores a los de la literatura citada.

La evidencia disponible indica que, para sembrar rábanos en suelos pobres en materia orgánica, se recomienda aplicar al menos 1,5 L de biol por cada 20 L de agua. La dosis más efectiva para este tipo de suelos parece ser de 2,0 L de biol por cada 20 litros de agua.

CONCLUSIONES

1. Se evaluó la eficiencia de los MEA capturados en compost durante la etapa de fermentación aeróbica en ambas fases (termófila y mesófila), de los cuales se obtuvo microorganismos mixtos que corresponde en su gran mayoría a benéficos tales como actinomicetos, *Beauveria* sp., *thrichoderma*, *bacillus* sutiles, *pseudomonas*, *azospirillum* y otros tipos de microorganismos propios por identificar, donde la mejor eficiencia de captura de microorganismos autóctonos mixtos fue en la fase mesófila.
2. Se comparó la efectividad de los microorganismos eficientes autóctonos (MEA) en la producción del biol a diferentes concentraciones, de donde los tratamientos presentan una media de: 41,5 días al 5 % de MEA, 35 días al 7,5 % de MEA y 28,5 días al 10% de MEA de la fase mesófila, fase termófila presenta una media de 41,5 días a 5 % de MEA, 40 días a 7,5 % de MEA y 37,5 días a 10 % de MEA , mientras que el testigo a presenta 57 días de fermentación sin MEA, evaluados mediante análisis cualitativo (burbujeo) como parte de la fermentación del biol, además de ello la mejor presentación con respecto a las características del olor a fermentación alcohólica y color ámbar brillante, presencia de nata blanca y sedimentos presenta en el biol al 10 % de MEA de la fase mesófila.
3. Se empleo las condiciones de exigencia para la producción de biol con la construcción y el uso de infraestructura adecuada para la captura de microorganismos eficientes autóctonos (MEA) y la producción de biol, que incluye el manejo preciso de parámetros como pH, temperatura y protección contra los rayos solares, asegura un manejo eficiente, cosecha y aplicación del biol en las hortalizas. Esto facilitó la producción de biol de alta calidad y su efectiva utilización en la agricultura.
4. Se determinó el contenido de la composición química media del biol, elaborados a diferentes concentraciones (5 %, 7,5 % y 10%) de MEA capturados en la fase mesófila y termófila, tal como se observa en el anexo 9 y tabla 19, obteniendo el mejor resultado al 10% de MEA de la fase mesófila con el contenido de 3004,33 mg de N/L de biol, 196,95 mg de P/L de biol y 1907,50 mg de K/L de biol obtenido.
5. El biol se mostró como un promotor eficaz del crecimiento en cultivos de lechuga y rábano. Los parámetros morfológicos evaluados, como altura, número de hojas y peso, experimentaron un incremento significativo en las plantas tratadas con biol en comparación con el grupo control. Estos resultados evidencian el potencial del biol como una alternativa sostenible para mejorar la producción agrícola.

6. La dosis óptima según las evaluaciones realizadas en la lechuga y rabanito fue de 2,0 L de biol elaborado con microorganismos eficientes autóctonos (MEA) al 10 % de la fase mesófila en 20 L de agua, dosificadas cada 5 días hasta 2 semanas antes de la cosecha, por lo tanto, tiene un efecto positivo y significativo principalmente en las características morfológicas de la lechuga con altura de 23,82 cm, número de hojas de 31,53, peso de 438,63 g, mientras que el rabanito reporta 14,43 cm de altura de follaje, 6,95 hojas, 26,40 g de tubérculo y 3,61 cm de diámetro del rabanito, todo ello a condiciones pobre de materia orgánica en parcelas experimentales.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda investigar la aplicación del biol con la dosis óptima identificada en este estudio en cultivos como tomate, papa, maíz y frutales, evaluando su impacto en indicadores clave de rendimiento agronómico. Estos estudios comparativos con un tratamiento control sin fertilizante orgánico permitirán determinar la efectividad del biol y optimizar su uso en la agricultura sostenible.
- Realizar la tipificación de los microorganismos eficientes autóctonos obtenidos a partir de distintos sustratos, con el fin de evaluar su importancia y las funciones específicas que desempeñan tanto en el suelo como en las plantas. Este análisis permitirá identificar y optimizar el papel de cada microorganismo en la mejora de la salud del suelo y el desarrollo de los cultivos, favoreciendo prácticas agrícolas sostenibles.
- Analizar el impacto a largo plazo del uso continuo de biol en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, incluyendo la estructura, la fertilidad, la actividad microbiana y la retención de agua.
- Analizar la viabilidad económica y social del uso de biol en pequeña agricultura, considerando factores como el costo de producción, la accesibilidad de los insumos y la aceptación del mercado hacia productos orgánicos.
- Investigar la percepción de los consumidores sobre las propiedades nutricionales y funcionales de los productos agrícolas cultivados con biol, comparando su disposición a pagar un precio más alto por estos productos en comparación con productos convencionales del mercado que se encuentran a un precio menor.

REFERENCIA BIBLIOGRAFICA

- Acosta, R. (2019). *Características físicas, químicas, microbiológicas y efectividad agronómica del abono líquido biol obtenido por digestión anaerobia de estiércol de animales con rastrojo*.
<https://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/6031>
- Agropedia 1, E. (2021, mayo 24). *Bioles*. *Agrotendencia.tv*.
<https://agrotendencia.tv/agropedia/cultivos/fertilizantes-y-abonos/bioles-en-agricultura-vertical/>
- Álvarez, C., & Rimski, H. (2016). *Manejo de la fertilidad del suelo en planteos orgánicos*. *Facultad de Agronomía*.
https://www.ciaorganico.net/documypublic/126_libro_fertilidad_de_suelos-pvo_isbn.pdf#page=134
- Aparcana, S. (2008). *Estudio sobre el Valor Fertilizante de los Productos del Proceso Fermentacion Anaerobica para Produccion de Biogas*. http://www.german-profec.com/cms/upload/Reports/Estudio%20sobre%20el%20Valor%20Fertilizante%20de%20los%20Productos%20del%20Proceso%20Fermentacion%20Anaerobica%20para%20Produccion%20de%20Biogas_ntz.pdf
- Bautista, P. M. (2018). *Niveles de abono foliar (EM-1) y compost con EM en el rendimiento de maralfalfa (Pennisetum sp.)*. *Centro de Producción Canchán – Huánuco, 2020 msnm*. [TESIS DE PREGRADO]. UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA.
- Bioabonos orgánicos E.I.R.L. (2019). *Ficha técnica de biol*. <https://bio-abonos.com/wp-content/uploads/2019/06/Ficha-T%C3%A9cnica-Bioestimulante-BIOKAWSAY.pdf>
- BiodiSol. (2010). *Digestión anaerobia. Proceso de producción de biogás—BiodiSol*.
<https://www.biodisol.com/que-es-el-biogas-digestion-anaerobia-caracteristicas->

y-usos-del-biogas/digestion-anaerobia-proceso-de-produccion-de-biogas-biocombustibles-energias-renovables/

- Bocanegra, O. (2014). *Influencia De Tres Dosis Crecientes De Biofertilizante Biol En La Producción De Lechuga (Lactuca Sativa L.) Var. Great Lakes 659 En Condiciones Del Valle De Santa Catalina – La Libertad*. Universidad Privada Antenor Orrego.
- Bolaños-Alfaro, J. D., Cordero-Castro, G., Segura-Araya, G., Bolaños-Alfaro, J. D., Cordero-Castro, G., & Segura-Araya, G. (2017). *Determinación de nitritos, nitratos, sulfatos y fosfatos en agua potable como indicadores de contaminación ocasionada por el hombre, en dos cantones de Alajuela (Costa Rica)*. Revista Tecnología en Marcha, 30(4), 15-27. <https://doi.org/10.18845/tm.v30i4.3408>
- Cabrera, M. M. (2023). *Dosis de microorganismos eficientes (em) en producción de rábano (Raphanus sativus L.), en época lluviosa en la parroquia Guasaganda*. <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/11466/1/UTC-PIM-000731.pdf>
- Cando, S., & Malca, L. (2017). *Desarrollo de un abono orgánico líquido tipo biol usando un proceso anaerobio en bio-reactores simples*. Manglar, 13(1), Article 1.
- Carbonelli, Z. (2020). *Microorganismos eficientes en la finología y rendimiento del maíz morado (Zea mays L) en Huaral—Lima* [Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac]. https://node1.123dok.com/dt02pdf/123dok_es/003/491/3491579.pdf.pdf?X-Amz-Content-Sha256=UNSIGNED-PAYLOAD&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Credential=7PKKQ3DUV8RG19BL%2F20230129%2F%2Fs3%2Faws4_reques&X-Amz-Date=20230129T154955Z&X-Amz-SignedHeaders=host&X-Amz-

Expires=600&X-Amz-

Signature=d14c917cf03cf2b133327b215eb071b0fc9f7115b1f30567d2efbb8b5e
292a61

Carrera Bastidas, J. V. (2015). *Respuesta agronómica del cultivo de rábano (Raphanus sativus) a la aplicación de abonos orgánicos* [bachelorThesis, LA MANÁ / UTC / 2015]. <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/3546>

CEMSE. (2015). *Seguridad alimentaria y desarrollo económico local de Bolivia y Ecuador*.

Chuqui Diestra, S. R. (2018). Manual de prácticas de laboratorio de composición de productos agroindustriales [Guía].

Claros, J., Chungara, A., & Zeballos, G. (2010). *Manual de elaboración de productos naturales para la fertilidad de los suelos y control de plagas y enfermedades—REDINFOR PERÚ*. <https://redinfor.com.pe/portal/2022/05/24/manual-de-elaboracion-de-productos-naturales-para-la-fertilidad-de-suelos-y-control-de-plagas-y-enfermedades/>

Condori, X. (2020). *Identificación y clasificación de microorganismos eficientes del suelo, en la estación experimental Patacamaya* [UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS].

<https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/24902/T-2770.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Cristobal, C. L., & Tucto, S. R. (2020). *Eficiencia de tipos de abonos orgánicos en el rendimiento del cultivo de lechuga (Lactuca sativa L.) En condiciones agroecológicas del distrito de CAHUAC, YAROWILCA* 2020.

<https://repositorio.unheval.edu.pe/bitstream/handle/20.500.13080/6171/TAG00862C89.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Díaz, J. A., & Gonzales, D. C. (2022). *Obtención de biol a partir de los residuos sólidos orgánicos domiciliarios, utilizando microorganismos eficientes* [UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI].
<https://apirepositorio.unu.edu.pe/server/api/core/bitstreams/d07b42c2-70fc-432c-a1b5-512caadd6ffc/content>
- Durand Villegas, P. J. P. (2018). *Producción de biol utilizando mezcla de heces vacunos y cuy, para mejorar la producción de alfalfa (Medicago sativa) Pariacoto, 2018*. Universidad César Vallejo.
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/28019>
- EM México. (2022). *Microorganismos efectivos EM en la Agricultura*.
<https://www.emmexico.com/microorganismos.html>
- Enríquez, G. A. (2015). *Manual de buenas prácticas para la elaboración de abonos orgánicos*.
<https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/20083/BVE22048488e.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Espinoza, J. P., Apaza, C., & Luizaga, I. (2020). *Caracterización y análisis para la aplicación de biol obtenido a partir de residuos orgánicos en la Unidad Experimental de Producción de Biogás en los laboratorios de Petróleo, Gas y Energías de la Universidad Privada del Valle*.
- Espíritu, W. R. (2022). *Efecto del vermicompost en un suelo contaminado con hidrocarburos y crecimiento de rabanito (Raphanus sativus L.)*.
https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/11473/1/IV_FIN_107_TE_Esp%C3%ADritu_Guerreros_2022.pdf
- Flores, E. H. (2023). *Evaluación de la calidad de biol de segunda generación producido mediante fermentación homoláctica del biol ig vacuno*.

<https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/6181/flores-calderon-elvis-hedim.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Flores Quispe, L. (2015). *Efecto de las enmiendas orgánicas terramar®, humax® 90 y koripacha – bio®, sobre algunas propiedades del suelo y el rendimiento del cultivo de rabanito (raphanus sativus L.) en el distrito de San Jeronimo, provincia de Andahuaylas*. <https://hdl.handle.net/20.500.14512/39>

FONCODES. (2020). *Producción y uso de abonos orgánicos: Biol, compost y humus*.

Garro, J. E. (2010). *El suelo y los abonos orgánicos*.

Gil, L. A., Leiva, F. A., Lezama, M. K., Bardales, C. B., & León, C. A. (2023).

Biofertilizante “biol”: Caracterización física, química y microbiológica.

http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2664-09022023000200336

Gonzales, P. (2019). *Consumo y mercado de los fertilizantes*.

https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/27086/2/Consumo_y_mercado_de_los_fertilizantes.pdf

Holguin, B. J. (2021). *Respuesta agronómica del cultivo de rábano (Raphanus sativus) con diferentes sustratos orgánicos, en el centro de apoyo Manglaralto, UPSE de la provincia de Santa Elena*.

<https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/6392/1/UPSE-TIA-2021-0103.pdf>

Huanca Huisa, L. (2019). *Cálculo del factor de secamiento en el cultivo de lechuga (Lactuca sativa) con el método de riego por microaspersión en Centro Agronómico K'ayra—San Jerónimo—Cusco*. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.

<https://repositorio.unsaac.edu.pe/handle/20.500.12918/4414>

- Husqvarna. (2023). *El compost convierte los residuos orgánicos en abono*.
<https://mundohusqvarna.com.pe/el-compostaje-convierte-los-residuos-organicos-en-abono/>
- Julca, C. (2017). *Incorporación de tres dosis de compost y tres dosis de biol (enriquecidos con microorganismos eficaces “EM”) en el cultivo de fresa (Fragaria vesca var. Aroma), con sistema hidropónico vertical bajo condiciones de invernadero, Antaoco – Huaraz*.
- Labrador, J. (2008). *Manejo del suelo en los sistemas agrícolas de producción ecológica*. ECA.
- Laserna, S. (2024). *Abonado de Rábano, extracciones y Dosis de Nutrientes para fertilización con Nitrógeno, Fósforo y Potasa*. <https://www.agroes.es/cultivos-agricultura/cultivos-huerta-horticultura/rabano/517-rabanos-dosis-de-nutrientes-para-abonado-cultivo>
- López, G. J., & Benavides, A. (2020). *Evaluación de tres fertilizantes orgánicos en el crecimiento y rendimiento del cultivo de Rábano (Raphanus sativus L.)*.
<https://repositorio.una.edu.ni/4213/1/tnf04l864t.pdf>
- Luna, M. A., & Mesa, J. R. (2017). *Microorganismos eficientes y sus beneficios para los agricultores*. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/article/view/84/115>
- Menacho, O. F. (2022). *Evaluación Físico – Química Del Biol Obtenido Con Aplicación De Diferentes Dosis De Microorganismos Eficaces Activados, En Huaraz, Ancash* [Universidad Nacional Santiago de Antunez de Mayolo].
http://repositorio.unasam.edu.pe/bitstream/handle/UNASAM/5101/T033_42550206_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- Mendoza, B. J., & Vicente, J. J. (2020). *Fertilizantes orgánicos en la producción de lechuga (Lactuca sativa) Crespa verde*.
<https://agrovet.umsa.bo/index.php/AGV/article/view/28/25>
- Mendoza, N. (2021). *Eficiencia de la biotecnología de microorganismos de montaña y eficaces en el tratamiento de residuos orgánicos municipales para la producción de compost y biol en la provincia de Ambo—Huánuco—2020*.
- Montaño, F., & Jara, M. (2022). *Escasez y alza global de precios en fertilizantes afecta producción de alimentos en Perú y Chile* [Software]. <https://ojo-publico.com/3525/alza-del-precio-de-fertilizantes-afecta-la-agricultura-en-peru-y-chile#:~:text=Un%20an%C3%A1lisis%20a%20los%20datos,entre%20el%202021%20y%202022>.
- Mosquera, B. (2011). *Abonos orgánicos protegen el suelo y garantizan alimentación sana*. FONAG.
- Pozo, G. G. (2019). *Caracterización del biol producido en biodigestores de tipo tradicional y de cupula fija*.
<https://repositorio.uea.edu.ec/bitstream/123456789/632/1/T.AGROP.B.UEA.1152>
- Proyecto Jatun Sacha. (2017). *Manejo integral de los recursos naturales en el trópico de Cochabamba y los Yungas de la Paz*.
- Puerto, J. (2020, octubre 27). Manual elaboración de Abonos Orgánicos.
- Reyna, E. (2019). *“Efecto de tres dosis de biol en el peso seco, de la asociación Trebol (Trifolium pratense L.) y Rye grass (Lolium multiflorum L.)* [Universidad Nacional de Cajamarca].
<https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/2961/%E2%80%99>

CEfecto%20de%20tres%20dosis%20de%20biol%20en%20el%20peso%20seco
%2C%20de%20la%20asociaci%C3%B3n%20Trebol%20%28trifolium%20prat
ense%20L.%29%20y%20.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Reynoso, A. F., Cosme, R. C., Rojas, E., Juscamaita, J., & Quispe, M. R. (2022, abril).

Manual Técnico—Producción de Biofertilizante Líquido Acelerado.

Rivera Arredondo, N. M. (2015). *Evaluación de tres variedades de lechuga (Lactuca sativa L.) cultivadas con la técnica hidropónica de flujo laminar de nutrientes (NFT) en el Centro Experimental de Cota Cota—La Paz* [Thesis].

<http://repositorio.umsa.bo/xmlui/handle/123456789/5992>

Sanchez, F. O. (2018). *Evaluación de la eficiencia de un biofertilizante de residuos orgánicos en relación a otras fuentes de fertilización en el desarrollo del cultivo de Rábano (Raphanus sativus L.).*

https://repositorio.upeu.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12840/1683/Fredd_Tesis_Licenciatura_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Sánchez, J. R. (2018). *Cultivo semi-forzado de lechuga (Lactuca sativa L.) en el Alto Valle de Río Negro y Neuquén.*

<https://bibliotecavirtual.unl.edu.ar:8443/bitstream/handle/11185/5458/TFI.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Sepúlveda, G. (2021). *Evaluación de la respuesta de lechuga (Lactuca sativa) cv. Crespa verde a diferentes fuentes de fertilización mineral, orgánica y organomineral.*

<https://repository.udca.edu.co/bitstream/handle/11158/4284/SepulvedaTrabajof.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Tarazona, A. (2021). *La importancia de los microorganismos en la agricultura*. Antonio Tarazona. <https://www.antoniotarazona.com/blog/agricultura/la-importancia-de-los-microorganismos-en-la-agricultura/>
- Triana, W. (2020). *Utilización de cuatro sustratos para la captura de microorganismos eficientes autóctonos de montaña en una zona protegida en la Parroquia Patricia Pilar* [UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO]. <https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/cc9ed138-95eb-49da-b891-f1e34c48a8c5/content>
- Trinidad, A., & Velasco, J. (2016). *Importancia de la materia orgánica en el suelo*. *Agro Productividad*, 9(8). <https://www.revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/802>
- Valdez Dextre, O. E. (2015). *Efecto de la densidad de siembra sobre el crecimiento y producción de rabanito (raphanus sativus l.) bajo invernadero en la localidad de Huaraz*. Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo. <http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/1078>
- Velásquez Ccosi, P. F. (2017). *Métodos estadísticos para la investigación en la agroindustria* (1a Edición).
- Yac, M. E. (2021). *Microbiología Agrícola CUNOC Vademécum*. https://www.researchgate.net/publication/351118275_Vademecum_Microbiologia_Agricola
- Zambrano, T. Y. (2021). *Efecto de los microorganismos efectivos en la calidad del biol*. <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/28630/Zambrano%20Ruiz%2c%20Teddy%20Yojan.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Zanabria, J. I. (2019). *Evaluación de la calidad de biol de segunda y tercera generación de estiércol de cuy producido en un biodigestor instalado en el instituto regional*

de la costa de la UNALM.

<https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/4044/zanabria-aycho-jose-ismael.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

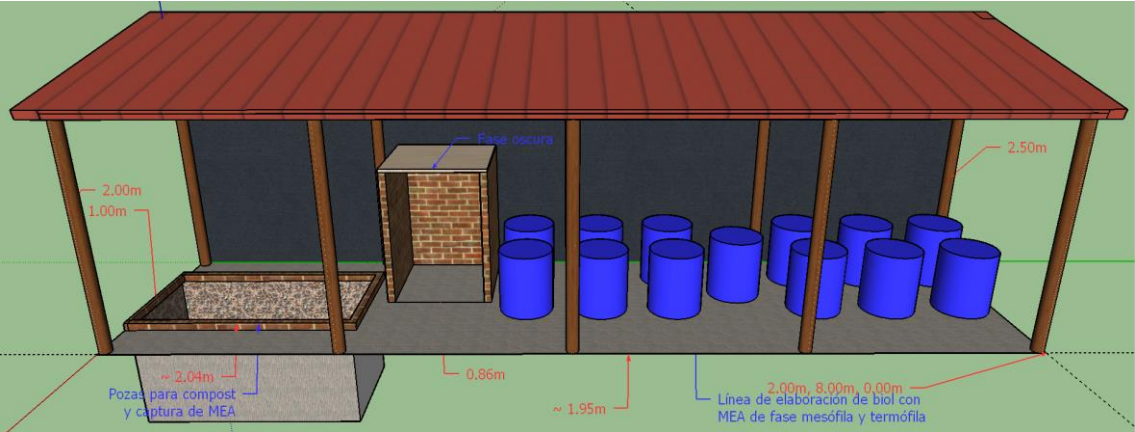
Zegers M., G., Cárcamo G., J., Águila M., K., & McLeod B., C. (2021). *Elaboración y usos del BIOL en la producción sostenible de alimentos.*

<https://hdl.handle.net/20.500.14001/68062>

ANEXOS

Anexo 1.

- a. Esquema de planta piloto para captura de MEA y producción de biol al 0 %, 5 %, 7,5 % y 10 % de MEA.



- b. Fotografías en construcción de planta piloto

Limpieza y nivelado	Armado de planta piloto
Construcción de planta piloto	Construcción de fase oscura

Anexo 2. Elaboración de compost, captura de MEA y elaboración de biol 0 %, 5 %, 7,5 % y 10 % de MEA de la fase ME y TE

Elaboración de compost	Evaluación de humedad de compost
	
Envasado de arroz para captura de MEA	Siembra de arroz en compost
	
Microorganismos luego de 14 días	Elaboración de solución madre de MEA
	
Fase oscura de MEA ambas fases	Inzumos para biol



Elaboración de biol



Fermentación del biol



Cosecha de biol



Muestras para análisis de biol (N, P y K)



Anexo 3. Preparación de camas, aplicación de biol de la fase ME al 10 % de MEA y evaluación de parcelas experimentales

Preparación de terreno	Siembra de hortalizas
	
Aplicación de biol	Crecimiento vegetativo
	
Riego	Medidas
	
Evaluación de lechuga	Evaluación de rabanito
	

Cosecha	Empaque
 A photograph showing two people working in a field of lettuce. A man in a white t-shirt and blue jeans is holding a large head of lettuce. A woman in a green long-sleeved shirt, black pants, and a red cap is holding a black plastic crate. They are standing in rows of lettuce plants under a clear sky.	 A photograph showing a man in a white shirt standing behind a table. On the table are several large, round heads of lettuce, each wrapped in clear plastic. The man is holding one of the lettuce heads. In the background, there is a whiteboard and a yellow warning sign.

ANEXO 4

Presupuesto de la elaboración y ejecución de la tesis

	Cantidad	Valor (s/.)	Total (s/.)
A. REMUNERACIONES			S/ 450,00
Asesoría externa	1	S/ 200,00	S/ 200,00
Personal de apoyo	1	S/ 150,00	S/ 150,00
Personal de apoyo en laboratorio	1	S/ 100,00	S/ 100,00
B. BIENES			S/ 2 919,50
Estiercol (kg)	200	S/ 0,50	S/ 100,00
Residuos de cosecha o de cocina (kg)	50	S/ 0,30	S/ 15,00
Residuos de materia seca (kg)	20	S/ 0,20	S/ 4,00
Chicha de jora (L)	15	S/ 4,00	S/ 60,00
Ceniza (kg)	10	S/ 0,10	S/ 1,00
Alfalfa (carga)	2	S/ 15,00	S/ 30,00
Roca fosfórica (saco)	1	S/ 50,00	S/ 50,00
Melaza (L)	10	S/ 3,00	S/ 30,00
Arroz (kg)	2	S/ 4,00	S/ 8,00
Vasos descartables (cientos)	0,5	S/ 6,00	S/ 3,00
Receptáculos para cosecha de EM	3	S/ 20,00	S/ 60,00
Manguera de 3/4" (m)	40	S/ 0,70	S/ 28,00
Receptáculos para biol (biodigestores)	12	S/ 45,00	S/ 540,00
Leche o suero (L)	30	S/ 2,50	S/ 75,00
Levadura (kg)	1	S/ 8,00	S/ 8,00
Envases para muestra (L)	7	S/ 5,00	S/ 35,00
Materiales para evaluación		S/ 100,00	S/ 100,00
Captación de imágenes (cámara)		S/ 50,00	S/ 50,00
Plántulas de lechuga (Unidad)	200	S/ 0,20	S/ 40,00
Semilla de rabanito (kg)	0,5	S/ 70,00	S/ 35,00
Papel bond (millar)	1,00	S/ 30,00	S/ 30,00
Cemento (bolsa)	6,00	S/ 28,00	S/ 168,00
Rollizos de 4"	10,00	S/ 10,00	S/ 100,00
Listones (2"x1"x4m)	6,00	S/ 12,00	S/ 72,00
Arena asentar (cubo)	0,50	S/ 55,00	S/ 27,50
Hormigón (cubo)	1,00	S/ 50,00	S/ 50,00
Ladrillo (millar)	0,33	S/ 600,00	S/ 200,00
Otros		S/ 1 000,00	S/ 1 000,00
C. SERVICIOS			S/ 1 369,00
Fotocopias (hojas)	700,00	S/ 0,10	S/ 70,00
Recolección de información		S/ 100,00	S/ 100,00
Anillado (juegos)	3,00	S/ 3,00	S/ 9,00
Encuadernación (juegos)	3,00	S/ 20,00	S/ 60,00
Internet y llamadas	3,00	S/ 70,00	S/ 210,00
Transporte		S/ 500,00	S/ 500,00
Luz	6,00	S/ 20,00	S/ 120,00
Otros			S/ 300,00
Costo Total			S/ 4 738,50

Anexo 4. Evaluación del número de hojas de lechuga producidas con el biol de la fase ME al 10 % de MEA

FECHA: 14/12/2023

N°	TRATAMIENTOS																													
	A		B		C		D		E		F		G		H		I		J		K		L		M		N		Ñ	
1	3			3	3		3			3	3		3			3	4		3			4	3		2			4	3	
2		2	3			4		4	3		3		4	4		3	4	2		3	6		3			2	4			3
3	3			3	3		4			3	3		3			4	4		3			3	4		4			3	4	
4		3	3			3		4	3			3		3	3			4		2	4			3		4	4			4
5	4			3	3		3			3	4		3			3	3		3			4	4		4			4	3	
6		4	3			4		3	3			3		3	3			3		4	3			3		3	3			3
7	3			3	3		3			4	4		3			3	4		3			3	4		3			4	3	
8		3	3			3		3	3			4		3	4			3		4	4			4		4	3			4
9	4			3	4		3			3	4		3			3	2		4			3	2		4			5	4	
10		4	3			4		3	3			4		4	4			4		3	4			4		4	4			4
Dosis biol	0,5 L/20 L de agua						1,0 L/20 L de agua						1,5 L/20 L de agua						2,0 L/20 L de agua						Testigo					

FECHA: 18/12/2023

N°	TRATAMIENTOS																														
	A		B		C		D		E		F		G		H		I		J		K		L		M		N		Ñ		
1	3			4	3		3			3	4		3			3	4		3			4	3		2			4	4		
2		4	3			4		4	3			3		4	4			2		3	6		3		2	4				4	
3	3			3	3		5			4	3		4		4		4		3		3	4		4			4	4			
4		4	3			3		5	3			3		3	4			4		3	4		4		4	4				4	
5	4			3	4		3			3	4		3			3	4		3			4	4		4			4	4		
6		4	3			4		3	4			3		3	3			4		4	3		3		4	4				3	
7	4			3	3		3			4	4		3			3	4		4			4	4		3			4	3		
8		4	3			4		3	3			4		3	4			3		4	4		4		4	3				4	
9	4			3	4		3			3	4		4			3	3		4			3	3		4			5	4		
10		4	3			4		3	4			4		4	4			4		3	4			4		4	4				4
Dosis biol	0,5 L/20 L de agua						1,0 L/20 L de agua						1,5 L/20 L de agua						2,0 L/20 L de agua						Testigo						

FECHA: 23/12/2023

N°	TRATAMIENTOS																													
	A		B		C		D		E		F		G		H		I		J		K		L		M		N		Ñ	
1	3			4	3		3			3	4		3			4	4		3			4	4		3			4	4	
2		4	4			4		4	3			3		3	4			2		3	6		3		3	4				4
3	3			3	4		5			4	3		4			4	4		3			4	4		4			4	4	
4		4	4			3		5	3			3		3	4			4		3	4			4		4	4			4
5	4			4	4		4			3	4		4			4	4		3			4	4		4			4	4	
6		4	4			4		4	4			4		4	3			4		3	4			4		4	4			4
7	4			4	4		4			4	4		4			3	4		4			4	4		4			4	4	
8		4	4			4		3	3			4		4	4			4		4	4			4		4	4			4
9	4			3	4		3			4	4		4			4	4		4			3	3		4			5	4	
10		4	4			4		3	4			4		4	4			4		4	4			4		4	4			4
Dosis biol	0,5 L/20 L de agua						1,0 L/20 L de agua						1,5 L/20 L de agua						2,0 L/20 L de agua						Testigo					

FECHA: 28/12/2023

N°	TRATAMIENTOS																														
	A		B		C		D		E		F		G		H		I		J		K		L		M		N		Ñ		
1	3			4	4		3			3	5		5			7	2		3			4	4		3			4	4		
2		4	4		4			4	3			4		4	4			2		3	6			4		4		4		4	
3	3			4	4		5			4	3		3			5	3		4			4	4		4			4		4	
4		4	4			3		4	3			3		3	4			4		4	4			4		4		4		4	
5	4			4	4		5			4	4		4			4	4		4			4	4		4			4		4	
6		4	5			4		4	4			4		4	4			4		4	4			4		4		4		4	
7	4			4	4		4			4	4		4			4	4		4			4	4		4			4		5	
8		4	4			4		3	4			4		5	4		4		4		5	4		4		4		4		4	
9	4			4	4		4			4	4		3			4	4		4			4	4		4			4		5	4
10		4	4			4		3	4			4		4	4			4		4	4			4		4		5			4
Dosis biol	0,5 L/20 L de agua						1,0 L/20 L de agua						1,5 L/20 L de agua						2,0 L/20 L de agua						Testigo						

FECHA: 2/01/2024

N°	TRATAMIENTOS																															
	A		B		C		D		E		F		G		H		I		J		K		L		M		N		Ñ			
1	4			6	4		5			4	6		7			9	3		5			5		5			5			4	5	
2		5	5			5		5	5			5		5	5		4		5	5		5		4		5	5		5			5
3	4			6	5		6			5	4		4			6	4		4			5	5		5			5		5	4	
4		5	4			6		5	5			5		4	5		4		5	6			4		5	5		5				6
5	6			4	5		5			4	5		5			4	5		6			6	6		5			5		5	4	
6		4	5			5		5	5			5		5	5		5		6	5			4		5	6					5	
7	5			5	4		5			4	5		5			6	5		5			5	5		5			5		4	4	
8		5	5			4		5	5			4			6	4		4		5	5		4		5	5		5		5		6
9	4			5	5		4			5	4		5			4	5		6			5	4		5			5		5	4	
10		6	4			5		5	6			5		5	4		5		5	4			4		5	5		5				6
Dosis biol	0,5 L/20 L de agua						1,0 L/20 L de agua						1,5 L/20 L de agua						2,0 L/20 L de agua						Testigo							

FECHA: 7/01/2024

N°	TRATAMIENTOS																														
	A		B		C		D		E		F		G		H		I		J		K		L		M		N		Ñ		
1	5			6	4		5			5	6		7			9	5		5			6	5		5			5	5		5
2		5	5			5		5	5			5		5	6		4		6	5			5		5	5		5			5
3	4			6	5		6			5	4		4			6	4		4			5	5		5		5		5	4	
4		5	4			6		5	5			5		5	5		4		5	6			4		5	5		5			6
5	6			4	5		5			4	5		5			5	5		6			6	6		5			5	5		5
6		4	5			5		5	5			5		5	5		5		6	5			5		5	6				5	
7	5			5	4		5			4	5		5			6	5		6			5	5		5			5	4		
8		5	5			4		5	5			4			6	5		4			6	5		4		5	5		5		6
9	5			5	5		5			5	5		5			5	5		6			5	5		5			5	4		
10		6	4			5		5	6			5		5	4		5		5	4			4		5	5		5			6
Dosis biol	0,5 L/20 L de agua						1,0 L/20 L de agua						1,5 L/20 L de agua						2,0 L/20 L de agua						Testigo						

FECHA:		12/01/2024																												
Nº	TRATAMIENTOS																													
	A		B		C		D		E		F		G		H		I		J		K		L		M		N		Ñ	
1	6			8	6		8			5	7		8			13	4		6			12	7		5			4	6	
2		6	5			6		6	6		5		6	7			4		7	7	6		5		5	5				7
3	4			6	6		8			6	5		5			9	5		7			6	7		6			6	5	
4		5	5			6		6	5			5		3	6			9		12	6			7		6	5			8
5	6			6	6		6			6	6		5			5	6		8			9	8		6			6	6	
6		6	6			6		6	6			5		5	6			6		6	9			7		5	6			5
7	6			6	7		5			6	6		5			6	6		8			7	7		6			5	6	
8		5	6		6	6		5	5		6	6		6	5		5		5	9			4		5	6		6		7
9	5			6	5		7			6	5		6			6	6		8			7	7		6			7	5	
10		7	5			6		6	7			5		6	5			10		8	7			7		7	6			5
Dosis biol	0,5 L/20 L de agua						1,0 L/20 L de agua						1,5 L/20 L de agua						2,0 L/20 L de agua						Testigo					
FECHA:		17/01/2024																												
Nº	TRATAMIENTOS																													
	A		B		C		D		E		F		G		H		I		J		K		L		M		N		Ñ	
1	7			10	7		9			6	9		10			13	4		6			12	8		5			5	5	
2		6	6			7		6	6		6		9	7			4		6	7			6		8		5			5
3	5			9	8		7			7	6		5			9	6		10			9	7		9			5	4	
4		5	5			7		6	5			6		4	6			11		10	8			7		6	6			6
5	6			6	7		7			7	6		6			7	7		11			9	8		7			6	6	
6		7	7			8		6	8			6		5	7			7		8	10			6		6	5			5
7	6			8	7		5			8	6		6			6	9		10			8	9		6			5	5	
8		6	6			7		7	9		6		9	6		7		7		6	9			5		6	7			6
9	6			8	6		8			7	6		7			6	7		10			9	10		7			6	5	
10		8	6			6		9	8			6		7	6			11		10	10			6		8	7			5
Dosis biol	0,5 L/20 L de agua						1,0 L/20 L de agua						1,5 L/20 L de agua						2,0 L/20 L de agua						Testigo					
FECHA:		22/01/2024																												
Nº	TRATAMIENTOS																													
	A		B		C		D		E		F		G		H		I		J		K		L		M		N		Ñ	
1	8			12	11		12			8	12		11			14	8		9			16	11		8			6	7	
2		6	6			10		8	8		9		11	10			6		10	10			9		11		8			7
3	7			10	9		8			12	9		7			13	6		12			13	10		10			8	7	
4		6	5			9		9	7			8		6	9			14		14	11			8		8	8			8
5	6			8	16		10			12	8		10			11	10		15			13	10		12			9	8	
6		8	7			10		8	9			8		10	9			12		11	13			10		10	9			8
7	8			10	14		6			9	8		12			10	13		16			14	18		8			10	8	
8		6	8			11		9	9		7		10	8			10		10	12			12		12		8			7
9	6			11	15		11			9	9		11			9	11		15			14	16		11			12	8	
10		8	8			12		11	10			8		12	8			16		17	13			11		12	10			8
Dosis biol	0,5 L/20 L de agua						1,0 L/20 L de agua						1,5 L/20 L de agua						2,0 L/20 L de agua						Testigo					

FECHA: 27/01/2024

N°	TRATAMIENTOS																														
	A		B		C		D		E		F		G		H		I		J		K		L		M		N		Ñ		
1	12			16	11		15			11	18		14			26	10		13			24	19		10			7	11		
2		7	8			17		13	12			11		19	16			7		12	14			10		13	10				9
3	11			12	20		13			18	11		8			19	8		18			18	17		20			11	7		
4		12	6			11		12	11			14		8	12		24		23	19				9		14	9				8
5	12			10	21		13			14	11		15			13	17		22			25	15		17				12	11	
6		8	10			14		11	13			11		15	14			18		16	21			14		13	12				10
7	12			14	18		12			14	11		15			14	21		23			26	25		14			14	10		
8		10	12			15		12	10			12		17	13			15		15	24			16		16	14				11
9	10				22	16	15			13	14		16			14	17		23			21	23		14			16	10		
10		10	10			10		14	15			11		16	13			27		27	20			16		19	16				11
Dosis biol	0,5 L/20 L de agua						1,0 L/20 L de agua						1,5 L/20 L de agua						2,0 L/20 L de agua						Testigo						

FECHA: 2/02/2024

Nº	TRATAMIENTOS																													
	A		B		C		D		E		F		G		H		I		J		K		L		M		N		Ñ	
1	16			16	16		19			15	22		18			26	14		18			24	23		14			7	14	
2		11	12			21		17	16			16		24	20			12		16	19			32		19	15			10
3	15			12	20		17			22	20		14			22	12		23			22	20		24			17	10	
4		16	10			15		16	16			18		13	17			26		25	26			29		16	13			10
5	15			12	21		19			18	19		19			17	21		26			25	21		21			16	15	
6		12	14			18		15	17			15		19	18			22		20	27			24		17	16			12
7	16			14	18		17			18	19		19			18	22		26			30	29		18			18	12	
8		14	16			19		16	14			16		21	17			21		19	28			22		20	18			15
9	18			22	16		19			17	23		20			18	23		28			30	27		18			21	14	
10		14	14			15		18	19			15		20	17			31		30	25			20		23	22			12
Dosis biol	0,5 L/20 L de agua						1,0 L/20 L de agua						1,5 L/20 L de agua						2,0 L/20 L de agua						Testigo					

FECHA: 8/02/2024

Nº	TRATAMIENTOS																													
	A		B		C		D		E		F		G		H		I		J		K		L		M		N		Ñ	
1	23			24	21		20			34	34		28			26	18		25			26	27		18			8	15	
2		14	16			31		23	21			26		32	26			16		24	21			38		20	20			14
3	17			23	30		18			26	18		26			23	24		25			22	25		33			18	11	
4		20	10			22		21	20			34		14	28			28		26	44			36		17	19			12
5	21			30	28		27			25	17		24			26	26		30			27	24		28			21	19	
6		24	30			24		23	20			32		26	20			18		38	39			30		22	22			14
7	22			27	26		20			23	19		30			22	31		29			39	36		25			24	13	
8		16	19			32		21	24			28		29	19			34		40	34			30		25	24			17
9	20			22	22		25			25	23		25			25	27		36			39	37		24			27	17	
10		24	24			23		21	21			16		25	28			38		39	33			27		25	24			14
Dosis biol	0,5 L/20 L de agua						1,0 L/20 L de agua						1,5 L/20 L de agua						2,0 L/20 L de agua						Testigo					

Anexo 5. Evaluación de altura de planta de lechuga en cm producidas con el biol de la fase ME al 10 % de MEA
FECHA: 14/12/2023

N°	TRATAMIENTOS																													
	A		B		C		D		E		F		G		H		I		J		K		L		M		N		Ñ	
1	5			5	3,5		4			3,5	4		5,5			6	5		4,5			4,5	4		4,5			3	4,8	
2		4,3	5,5			3,5		3	3,8			3,8		3,5	2,8			4,5		5,5	6			2,4		5	3,5			4,5
3	3			2	3,2		5,5			3	2,8		5			5	3		3			4,5	5		5			2	4,7	
4		3	4			4,4		5,5	5			5		6	5			5		5	5,5			4		4,8	2,5			4,5
5	4,5			2,5	3,3		4			3,5	5,5		3,3			5,3	3		5,5			4,8	3,5		3			2,4	3,5	
6		3,5	2,5			3		2,5	4			5		2,3	4,5			5		5,7	6,5			2,3		3	2,5			2,5
7	5,5			3	3,4		2,5			4	5		3			4,5	4		2,5			4,8	3		3,5			2,3	3	
8		4	3,5			2,9		3,5	3,4			4		3,5	3			4		6	1,5			3,3		3	2,8			3,6
9	6			3,5	3,3		5			3,5	5,5		3,8			2,2	3,8		5,5			4	3		3			4	3,5	
10		6	4,5			2,5		4,5	4			4		3	4,5			4		3	2,5			3		2,3	2,6			3,5
Dosis biol	0,5 L/20 L de agua						1,0 L/20 L de agua						1,5 L/20 L de agua						2,0 L/20 L de agua						Testigo					

FECHA: 18/12/2023

N°	TRATAMIENTOS																													
	A		B		C		D		E		F		G		H		I		J		K		L		M		N		Ñ	
1	5,5			5,5	4		4,9			3,9	5		6			6,5	5,5		5			4	5		4,8			3,3	5	
2		5	6			4		4	4			4,5		4	3			6		6,5	6,8			3,8		5,4	3,7			5
3	4			3	3,8		6			4	3		6			5,5	3,5		4			5,5	3,5		5,3			2,5	5	
4		3,5	4,6			5		6	6			6		6,5	5,5			5,5		6	6,3			5		5,2	2,9			5,3
5	4,8			3	4,2		5			4	6		4			5,8	3,7		6			5,5	3,5		3,5			2,8	4	
6		4	3,2			3,8		3	5			5,5		3	5			5,7		6,5	7			3,5		3,4	3			3
7	6			4	4		3			4,5	5,8		3,5			5	4,7		3			3,5	4		3,8			3	3,3	
8		4,3	4			3,5		4	4			4,5		4	4			4,5		6,5	4			4		3,5	3,3			5,5
9	6			4,2	4		4			5	5,9		4,3			3	4,4		6,5			5	4		3,5			4,5	4	
10		6,2	5			3		4,7	5			5		4	5			4,5		4	3,8			4		2,7	3,4			4
Dosis biol	0,5 L/20 L de agua						1,0 L/20 L de agua						1,5 L/20 L de agua						2,0 L/20 L de agua						Testigo					

FECHA: 23/12/2023

N°	TRATAMIENTOS																													
	A		B		C		D		E		F		G		H		I		J		K		L		M		N		Ñ	
1	7			10	4,3		5			5	5		6,5			8	6		5			4,4	5,2		4,8			3,5	5	
2		5,2	6,3			4		4	5,5			5		5	4			6,2		7	6,8			4,9		5,4	3,7			5,5
3	4,2			7,5	4		6			7	6,3		6			6,3	4		4,8			5,8	3,9		5,3			2,5	5	
4		3,8	5			5		6,3	6,5			6		7	6			5,5		6	6,5			5,3		5,2	3			5,5
5	5			3,2	4,6		5			4	6		4,5			6	4		6,2			5,8	4		3,5			3	4	
6		4,3	3,5			4,2		3	6,2			5,8		4	5,5			6		6,5	7			4		3,8	3,8			3,2
7	6,3			4,4	4		3,3			4,8	4,8		4			5	5,3		5			4	4		3,8			3	3,8	
8		4,5	4,3			3,8		4,5	4,3			5		4	4,7			5		6	5,5			4,2		3,8	3,3			5,9
9	6,5			4,5	4,3		4,1			7	5,9		5			4	4,9		7			5	4,2		3,5			4,5	4	
10		4,5	5,4			3,5		5	5,4			5,2		4,5	5,6			5		6	4,2			4		4	3,6			4
Dosis biol	0,5 L/20 L de agua						1,0 L/20 L de agua						1,5 L/20 L de agua						2,0 L/20 L de agua						Testigo					

N°	TRATAMIENTOS																													
	A		B		C		D		E		F		G		H		I		J		K		L		M		N		Ñ	
1	7,5			11,5	4,3		5			5,6	5		6,5			10,5	6		5			5,5	5,5		4,8			3,5	5	
2		5,2	6,3			4		4	5,5			5		5	5,5			6,5		7	7			5		5,5	3,7			5,6
3	4,2			7,5	4		6			7	6,5		6			6,5	4		4,8			6	4		5,5			3	5	
4		3,8	5			5		6,3	7			6		7	6			5,5		6,5	6,9			5,5		5,4	3			5,5
5	5,5			5	4,6		5			4	6,1		4,5			6	4,4		6,2			5,8	4		3,5			3,5	4	
6		4,3	4,3			4,5		3	7,8			5,8		4	6,5			6		6,5	7			4,5		3,8	3,8			3,5
7	6,3			4,4	4,2		3,5			4,8	5		4			5	5,3		5			4	4,4		3,8			3	3,8	
8		4,5	4,3			3,8		4,5	4,6			5,2		4	4,7			5,3		7,5	6			4,2		3,8	3,5			5,9
9	6,5			4,5	4,3		4,5			7	5,9		5			4	5		7,4			5	4,5		4,4			4,5	4,2	
10		6,5	5,4			3,5		5,3	6			5,5		4,5	5,6			5		6,1	4,2			4		4	3,6			4
Dosis biol	0,5 L/20 L de agua						1,0 L/20 L de agua						1,5 L/20 L de agua						2,0 L/20 L de agua						Testigo					
FECHA: 2/01/2024																														
N°	TRATAMIENTOS																													
	A		B		C		D		E		F		G		H		I		J		K		L		M		N		Ñ	
1	8,2			14	4,5		5			7,5	5,7		9			13	8		5			6,2	8,5		6			3,5	5,8	
2		5,3	6,3			5,8		4	6			5,2		6	6			6,5		7	10			6,4		9	3,7			5,6
3	4,2			8	5,3		6			7	8		6			10,5	6		7,5			6	5		7,5			3	5	
4		3,8	5			5		7	7,5			6		7	6,2			7,5		9	8,5			5,5		7,5	3			5,5
5	5,5			5	4,6		5			4,4	6		4,5			6,5	4,4		6,3			8,5	4,5		5			3,8	4	
6		4,3	6			8		4	8			5,8		4,5	7			6,3		10	8,9			4,5		3,8	3,8			3,9
7	6			5,5	5		4			6	7,5		4			5	5,3		5,5			7,2	5,5		3,8			3,2	4	
8		4,5	4,3			5		5	5,2			5,5		5	4,7			5,3		9,5	7,8			5,2		4,4	3,5			5,9
9	7			5,8	6		5			7	6		5			4	5		8,6			6,5	4,5		4,4			4,5	4,2	
10		10	5,4			4,1		6	6,9			7,5		4,5	5,6			8		5,6	4,5			4,3		4,2	5			4
Dosis biol	0,5 L/20 L de agua						1,0 L/20 L de agua						1,5 L/20 L de agua						2,0 L/20 L de agua						Testigo					
FECHA: 7/01/2024																														
N°	TRATAMIENTOS																													
	A		B		C		D		E		F		G		H		I		J		K		L		M		N		Ñ	
1	11			14,3	5		5,2			8	6		10			15	7		6			6,8	9,5		6			4	6	
2		5,5	6,5			6,3		5	9			6,8		11	7			7,2		7,5	11			7		9	4			6
3	4,5			11,5	5,5		6,4			7,6	8,9		7			12	5		8			6,9	5,5		7,6			3,5	5,3	
4		4,5	5,4			5,4		8,4	10			6,5		7,8	7			8		10,5	9			6,4		7,5	3,5			6
5	5,5			5,8	5		5,5			4,8	6,5		8,5			9	5,3		7,2			9,4	5		5,3			4,2	4,2	
6		5	6,2			9		6,8	11			6		5	8			7		11	9,5			5,7		4,6	4			4,3
7	10			5,8	5,5		5			6,5	8		8			7	5,9		6			7,9	6,5		4			3,9	4,5	
8		5	5			5,3		6,5	8,4			6		5,3	8			5,9		10,5	8,6			5,8		5	4,1			6
9	10,5			6	6,8		9,5			7,4	6,5		6,5			5	5,4		9,5			7,5	5,4		5,3			5	4,6	
10		10,5	5,8			4,8		12	9			8		5,5	7			9		6,4	5,5			5,2		4,5	5			4,6
Dosis biol	0,5 L/20 L de agua						1,0 L/20 L de agua						1,5 L/20 L de agua						2,0 L/20 L de agua						Testigo					

FECHA: 12/01/2024

N°	TRATAMIENTOS																													
	A		B		C		D		E		F		G		H		I		J		K		L		M		N		Ñ	
1	15			18	7,2		8,5			11,8	10,5		13			18	7,8		18			16,5	12		10,5			4	9	
2		5,5	7			9		9	10,5			9		13	10		7,2			17,5	12			10,5		12	5,2			6
3	5			12,4	10		8			11,5	13		9,5			14,5	5		16,5			15,5	15		11			5,5	5,3	
4		6,2	5,4			5,4		12,3	11			9,8		8,2	9,5		12			15,5	16			11		11,5	4,2			9
5	10,5			10,5	10		7,5			8,5	12		9,2			12	9		15,5			17	15		8,8			5,5	5	
6		6,5	9			12		7,8	10			10		8,9	13		11		12	16,5			13,5		6,5	6				4,3
7	13			9,5	11		6			8,5	12,7		10			9,5	11		11,2			12	12		8			6	4,5	
8		7,8	5,5			8,8		9	8			9,5		12	10,3		11		10,5	16			11		9	7				8,5
9	13,8			15,2	11		12,5			10	12		8			9	8		16			12	12		8,5			10	5	
10		14,2	7,5			5,5		15	10			13,5		8	10			14,5		14	10			12,8		9,8	7			8
Dosis biol	0,5 L/20 L de agua						1,0 L/20 L de agua						1,5 L/20 L de agua						2,0 L/20 L de agua						Testigo					

FECHA: 17/01/2024

N°	TRATAMIENTOS																														
	A		B		C		D		E		F		G		H		I		J		K		L		M		N		Ñ		
1	18			18	7,2		11			12	12,5		14,5			19	15,7		18			18	14		11			4,5	9		
2		5,8	8,2			10,5		11	12			10,2		13,5	13			10		15	14,5			13		15	7,5				6,5
3	5			15	10,5		10,8			12,3	13		10,5			16,5	12		18			17	15		13			6,2	7,5		
4		7	5,4			7,5		13,2	14,2			13,2		10	12,5			15		16	17			12		15	5,5				9
5	12,5			13,5	12,5		9			11	13,5		10			14,6	11		18			19,5	15		13,5			8,2	7		
6		7,5	10,5			13,2		10	13			12,8		11	13,5			11		14	18,5			14		8	8,9				7,5
7	14,8			12	11		7			9,5	15,5		10			11	13		14			12	14		10			8	8		
8		9,5	5,7			9		11	13			11,4		12	11			11		11	18			16		10,5	10,2				11,5
9	15,5			15,2	13,4		13,5			15	13		10,5			10	11,3		18			13	13		12			10,5	7,2		
10		17	11			6,5		16	14			13,5		10	11,5			14,5		15	12			14		11,5	9,5				8
Dosis biol	0,5 L/20 L de agua						1,0 L/20 L de agua						1,5 L/20 L de agua						2,0 L/20 L de agua						Testigo						

FECHA: 22/01/2024

N°	TRATAMIENTOS																														
	A		B		C		D		E		F		G		H		I		J		K		L		M		N		Ñ		
1	18			18,5	8		11			15	13,5		14,5			19	17		19			18	15,6		11			7	13		
2		7,5	8,2			12,5		11,2	12			10,2		14	14			11,5		17	15,5			16,3		15	7,5				10,5
3	6,6			15	11		11,5			15	14		10,5			16,5	14		20			18	15,9		14			7	7,5		
4		9	11			8		13,2	14,2			13,6		12,5	12,5			15		16	17			12,6		15	9				9,5
5	14			13,5	13		9,2				11,5	13,5		11			13	13		19			19,5	15		14			8,5	10	
6		7,5	18,5			14		12	17,5			12,8		12,5	13,5			13		15	18,5			15		9	12				11,5
7	14,8			14	12		8			11	15,5		10			12,9	13		16			14	14,7		13,5			9,5	11		
8		9,5	13,7			9		11,3	13			12		13	12			12		12	18			16		10,5	10,2				11,8
9	15,5			15,5	13,4		13,5			15	13		10,5			12	13		19,5			13,8	13		12			11	10		
10		17	12			11		16	17			13,5		12	13			14,5		15	13			14		12	9,5				10,5
Dosis biol	0,5 L/20 L de agua						1,0 L/20 L de agua						1,5 L/20 L de agua						2,0 L/20 L de agua						Testigo						

FECHA:		27/01/2024																												
N°	TRATAMIENTOS																													
	A		B		C		D		E		F		G		H		I		J		K		L		M		N		Ñ	
1	20,5			19	11		16			18	16,5		17			23	17		19			25	19		14,5			7	13	
2		9	11,5		13		13,5	17,5			17		16,5	20		15		19	20		18		20	11			10,5	11		10,5
3	10			19	15		13			20,5	20		16			19,5	18		23,5			19	16,5		16,5			10,5	11	
4		11	11		10		17	18			18		16,8	17			18,5		22	19,5			14		18	9			11,5	11,5
5	18			18,5	17		11			15	16,5		15			17	16,5		23			24	17		16			11,5	10	
6		11	18,5		14		13	20,5			16,5		15,5	19,5			16		20	23,5			18		14,5	14			11,5	11,5
7	17			19	14		10			13,5	18		17			15	16,5		19			16	18,5		14			15,5	16	
8		13	13,7		13,5		12	20			13,5		15	15,5			15,9		14	21,5			16		15	15			14,5	14,5
9	17,5			19	16,5		19			16,5	17		13,5			16,5	17		21			16,5	15		17			16	13	
10		17	17		11		21	19			18		16,8	15			15,5		18	16			14		15,5	14				15
Dosis biol	0,5 L/20 L de agua						1,0 L/20 L de agua						1,5 L/20 L de agua						2,0 L/20 L de agua						Testigo					
FECHA:		2/02/2024																												
N°	TRATAMIENTOS																													
	A		B		C		D		E		F		G		H		I		J		K		L		M		N		Ñ	
1	21,5			20	12		17			19,4	17		18			23,6	18		20			25,6	20,8		15			8,3	13,4	
2		9,5	12		14		14,7	18,4			18		17,4	21		16		20	21,5		19		20,3	12			11	12		11,3
3	11			19,8	15,9		14			21	21		17			20	18,5		24			20	17,4		17			11	12	
4		12	12,2		11		18	19			19		17,5	18		19		24	20			16		19	9,6				12	12
5	19			19,5	19		12			16	17		15,7			17,8	17,5		24			24,3	18		16,8			12,3	11,3	
6		13	19		15		14	21			17,3		16,9	20		17		22	24			19		15,4	15				12,2	12,2
7	18			19,9	15		11			14	19		17,9			16	17		20,5			17	19,6		15			16	16,7	
8		14	14,4		14,5		13	21			14		16	15,6		16,8		15	22,4			17		16	16				15,2	15,2
9	18			20	17		19,9			18	17,8		14,6			17	18		22			17,5	17		17,5			16,3	13,8	
10		17,5	17,9		12		22	20			19		17,7	16			16		19	18			15		16,4	14,9				16
Dosis biol	0,5 L/20 L de agua						1,0 L/20 L de agua						1,5 L/20 L de agua						2,0 L/20 L de agua						Testigo					
FECHA:		8/02/2024																												
N°	TRATAMIENTOS																													
	A		B		C		D		E		F		G		H		I		J		K		L		M		N		Ñ	
1	23,5			21,1	16,2		19,5			22	23,5		22			25	20,5		22,5			26,1	22,5		19			9,5	17	
2		14	16,6		21,2		21	22,5			22,5		20,5	23,5		16		26	23,5		21		23,5	17,5					16,5	16,5
3	12,6			21,7	20,4		18,5			23	23		22,5			22	20,5		25,6			26	20,5		19			13,5	17	
4		14,9	14,3		16,6		20,5	22			22		20,5	20		20,5		25	26			20		20	12			16	16	
5	23,5			19,9	21,8		15			21,5	22		21,5			21,5	20		27			27	21		21			17,3	16	
6		18,5	19,2		18,3		19,5	22			22,5		20	22			23,5		25	28			23		19	19,5				15
7	19,4			22,6	21,8		16			15,4	22		20			20	20,5		24,5			21,5	25		19,5			21	23	
8		16,8	14,4		16,1		16,5	22			20		23	21,5		18		20	28			18		20,5	19				19,5	19,5
9	21,1			21,4	23,2		21,5			19,5	20		19,5			20,5	21		29			23	23		21			22	17	
10		19,3	22		13,5		23	23,5			21,5		21,5	20			23,5		25,5	22			19,5		19	19				18
Dosis biol	0,5 L/20 L de agua						1,0 L/20 L de agua						1,5 L/20 L de agua						2,0 L/20 L de agua						Testigo					

Anexo 6. Altura de planta de rabanito producidas con el biol de la fase ME al 10 % de MEA

FECHA:	18/12/2023									
N°	TRATAMIENTO									
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	1	2	3	2	3	2,5	2	2,5	3	3
2	1,5	2	2	3	1,9	2,3	2	2	1,5	3
3	2	1	1	2	1,5	2,2	3	2,5	2	3
4	1	2	2	3	1,6	1	2	2,5	3	2,5
5	1,9	2,5	2	2,5	2,5	2	2	3	4	2,7
6	1,8	1,5	2	3	2,4	2,5	1,5	2,5	2	3,5
7	1,8	1,5	0,8	2	3,5	1,2	2,5	2	2	2
8	1,5	3	3	3	2,5	2	2,5	2,5	4	1,5
9	1,2	3	3	1	2,5	1	2,6	2	2,5	2
10	1	1,7	1,5	1	2,9	1,8	2	3	3	2,5
PROMEDIO	1,47	2,02	2,03	2,25	2,43	1,85	2,21	2,45	2,7	2,57
FECHA:	23/12/2023									
N°	TRATAMIENTO									
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	2,4	2,4	3	2,5	4	3	3,3	3	3	4,5
2	1,7	2,3	3	4	2	3,5	3,8	2,2	1,5	3,5
3	2,5	3,3	1,5	3	2,5	3,2	3,5	3,8	3,2	3
4	1,7	3,2	2,5	3,5	2,5	1,5	2,5	3	3,7	4
5	1	3,4	2	3	3,2	2	3	4,5	5	3
6	1,8	1,8	2	4,5	3	3	3	4,5	2	3,5
7	2,5	2	1,6	3,5	3,5	1	3	3,2	3,2	3
8	1,5	4,2	4	4	2,7	3,5	5	3	6	2,5
9	1,5	3,8	2,8	2	2	0,8	4	2,8	4	4
10	2	1	1,8	2	3,8	2	3	3,5	4	4
PROMEDIO	1,86	2,74	2,42	3,2	2,92	2,35	3,41	3,35	3,56	3,5
FECHA:	28/12/2023									
N°	TRATAMIENTO									
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	2	3,4	1,6	1,5	7,7	6,8	5,5	5,5	4,3	5
2	4	3,6	2,8	7,5	3,4	5,2	5	5,8	2,2	6
3	3,3	5,5	0,8	2,8	3	5,4	7,4	5,6	4,9	5,4
4	4,2	4,9	3,5	7,1	2	5,7	6,5	8,7	6,4	6,8
5	4,2	3,4	4,5	5,9	6,3	2,2	5,3	7,4	7,8	5
6	6	3,5	3,8	9,6	3,6	4,4	6	6	8,9	7,8
7	3,5	4,6	3,2	7,4	4,2	3	5,4	6	8,4	7,1
8	3,6	9,8	4,8	9,5	4,7	6,5	6,6	5,4	8,5	5
9	1,5	6,7	3,4	6	4	6,7	7,2	5,6	7,4	7,8
10	3,9	4,8	3,9	4,9	6,9	5,4	6,9	6	6,9	5,4
PROMEDIO	3,62	5,02	3,23	6,22	4,58	5,13	6,18	6,2	6,57	6,13
FECHA:	2/01/2024									
N°	TRATAMIENTO									
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	3	5,4	4	6	7,7	7	5,5	5,5	5,2	7,5
2	4	3,6	4,5	7,5	3,4	6,8	7,5	5,8	2,2	6
3	3,3	5,5	4	4	3	6	7,4	9,2	4,9	5,4
4	4,2	4,9	4	7,5	2	6	6,5	8,7	9,6	6,8
5	4,2	5,2	4,5	6	6,3	4,4	5,3	9	7,8	6,3
6	6	4,3	5,6	9,6	3,6	5	8,2	7,7	8,9	7,8
7	3,5	4,6	4	8	4,2	4,2	7,4	6	8,4	7,1
8	3,6	9,8	4,8	9,5	4,7	7	8,5	5,4	8,5	7,8
9	3	6,7	5,5	6	4	7,2	7,2	5,6	7,4	7,8
10	3,9	4,8	4,5	5,3	6,9	6,2	6,9	7,2	10,5	7,4
PROMEDIO	3,87	5,48	4,54	6,94	4,58	5,98	7,04	7,01	7,34	6,99

FECHA:	7/01/2024									
N°	TRATAMIENTO									
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	3	5	4,8	9	3	6,8	8	10	7	8,5
2	5	5	5,2	8	10,5	7	6	8	8	8
3	5,4	7,5	5,7	6,8	6	7	6	5	8	8,5
4	6	7,3	5	9	11	6	6,5	8	8	8
5	6,2	7	5	8	7,5	5	5	7,5	7,8	9
6	7	6	4,8	10,8	6,8	7	9	10	8	9
7	5,5	8,8	5,1	8,5	7,8	7,8	5	8	9	8,5
8	8	13,4	5	10,5	9,5	7	4,5	10,5	10	10
9	3,9	8,1	6	8,4	6,5	7,5	10	8	9	9
10	4,5	6,6	6	7,5	8,5	7	7	8,5	12	8
PROMEDIO	5,45	7,47	5,26	8,65	7,71	6,81	6,7	8,35	8,68	8,65
FECHA:	12/01/2024									
N°	TRATAMIENTO									
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	3	5	8	10	3	8	10	9	7	8,5
2	5	5	6	10	10,5	8	9	9	8	8
3	7	7,5	6	7	6	9	8,4	11,5	8	8,5
4	6	11	6,5	10	11	8	8	9	8	9
5	8	7	5	8,8	7,5	7,9	7,9	11	11	9,2
6	7	6	9	8	12,5	9	9	9	8	10
7	9	10	5	10	7,8	8,8	8,4	8,5	12	8,5
8	8	15	4,5	11	9,5	9	7	10,5	10	10
9	6	11	10	9	6,5	7,9	11	6	11	9,5
10	6	10	7	8,5	8,5	7,5	11	7,5	14,5	8,3
PROMEDIO	6,5	8,75	6,7	9,23	8,28	8,31	8,97	9,1	9,75	8,95
FECHA:	17/01/2024									
N°	TRATAMIENTO									
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	4	7	9	11	5	9,7	12	11	8	9,7
2	5	8	8	10,3	11,6	9	10	10,4	9	9
3	8	8	8	8,4	8,4	10,3	9,4	12	9,5	9,4
4	7	11	8,4	11	11,6	9	8,9	11	9	10,6
5	9	8	6,4	9,6	8,5	8	9,3	13	11,5	11,3
6	8	8	9	9	13	10	10	10	9	11
7	9	12	6,6	12	8,9	9,6	9,5	9	12,9	9,7
8	9	15	6	12	11	10,4	8,5	12	11,9	10,5
9	8	12	10	10	7,8	9	12	8,3	12	11
10	7	11	8,9	9,9	9,8	8,9	13,3	12,6	16	10
PROMEDIO	7,4	10	8,03	10,32	9,56	9,39	10,29	10,93	10,88	10,22
FECHA:	22/01/2024									
N°	TRATAMIENTO									
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	7,5	11	12	12,6	11,5	15,5	13,2	13,5	15	12,5
2	9,2	6,2	11,4	11,5	13	11	12,2	15	9,8	10,4
3	9,2	12,8	7,6	12,3	18,5	12	11,8	17,5	15,4	10,8
4	7,2	13,5	9,5	11	13,4	14,5	16	13	10,2	11
5	16	9,4	7	10,5	12	18	11,4	16,5	12	13
6	10	8,5	9,5	10,3	17,5	16,2	12,5	16,5	10,6	12
7	7	13	9,6	13	12	16,5	13,8	13,6	13,8	10,4
8	13,4	11	11,5	13	18	11,5	14,2	15,5	15	12,5
9	9,4	15,4	12	12	9,6	10,2	16,6	15	14	13,5
10	9,5	12	10,6	11,5	11,5	12	16	14,8	18,5	15
Dosis biol	0,5 L/20 L de agua		1,0 L/20 L de agua		1,5 L/20 L de agua		2,0 L/20 L de agua		TESTIGO	

Anexo 7. Número de hojas de rábano producidas con el biol de la fase ME al 10 % de MEA

FECHA:	18/12/2023									
N°	TRATAMIENTO									
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	2	2	2	2	2	2	2	2	4	4
2	2	2	1	2	2	2	3	2	1	4
3	2	2	2	2	2	2	4	2	2	2
4	2	2	2	2	2	2	4	2	2	4
5	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2
6	2	2	3	2	2	2	2	2	2	2
7	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
8	2	2	2	2	2	2	4	2	4	2
9	2	2	2	2	2	2	4	2	2	2
10	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Dosis biol	0,5 L/20 L de agua		1,0 L/20 L de agua		1,5 L/20 L de agua		2,0 L/20 L de agua		TESTIGO	
FECHA:	23/12/2023									
N°	TRATAMIENTO									
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	2	2	2	2	2	4	2	2	4	4
2	2	2	1	2	2	4	4	2	3	3
3	2	4	2	2	2	2	4	2	2	4
4	2	2	2	4	2	1	4	4	4	4
5	2	2	2	2	2	2	3	4	4	4
6	2	2	2	4	2	2	2	2	4	4
7	2	4	2	4	2	2	2	4	4	4
8	2	4	4	4	2	4	4	4	4	2
9	2	4	2	2	2	2	4	2	4	4
10	4	2	2	2	2	2	4	3	4	4
Dosis biol	0,5 L/20 L de agua		1,0 L/20 L de agua		1,5 L/20 L de agua		2,0 L/20 L de agua		TESTIGO	
FECHA:	28/12/2023									
N°	TRATAMIENTO									
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	3	3	3	2	5	3	4	4	6	4
2	2	2	2	3	4	4	4	5	3	6
3	3	3	2	4	3	5	5	4	4	5
4	1	4	3	4	2	2	4	5	5	5
5	3	4	2	2	5	3	5	5	5	6
6	2	3	3	4	4	3	6	4	4	5
7	3	4	2	5	5	3	4	4	5	6
8	2	4	3	5	5	4	5	5	5	4
9	2	4	4	3	4	2	6	4	4	5
10	3	3	3	4	6	3	4	5	6	5
Dosis biol	0,5 L/20 L de agua		1,0 L/20 L de agua		1,5 L/20 L de agua		2,0 L/20 L de agua		TESTIGO	
FECHA:	2/01/2024									
N°	TRATAMIENTO									
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	4	5	4	4	7	4	6	6	5	6
2	3	4	1	5	5	8	4	5	4	5
3	4	4	4	6	4	6	5	5	5	6
4	6	4	5	8	4	5	6	6	5	6
5	5	5	5	6	6	3	4	5	6	6
6	5	5	5	7	6	4	6	6	6	6
7	5	4	6	6	5	4	5	6	6	4
8	6	5	4	6	6	5	7	6	7	5
9	3	5	5	5	5	5	5	6	6	4
10	5	4	4	6	6	5	4	6	6	4
Dosis biol	0,5 L/20 L de agua		1,0 L/20 L de agua		1,5 L/20 L de agua		2,0 L/20 L de agua		TESTIGO	

FECHA:	7/01/2024										
N°	TRATAMIENTO										
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	
1	3	5	5	5	7	4	7	6	5	6	
2	4	4	4	4	5	8	5	5	5	5	
3	4	4	5	5	4	6	5	6	6	6	
4	5	5	5	5	4	4	6	6	3	6	
5	5	6	6	5	6	5	4	6	5	7	
6	5	5	5	5	6	4	6	5	6	5	
7	4	5	5	4	6	5	5	6	6	5	
8	3	5	6	6	6	5	7	6	7	7	
9	4	5	5	5	6	6	5	6	6	4	
10	6	5	5	6	6	5	5	6	6	5	
Dosis biol	0,5 L/20 L de agua		1,0 L/20 L de agua		1,5 L/20 L de agua		2,0 L/20 L de agua		TESTIGO		
FECHA:	12/01/2024										
N°	TRATAMIENTO										
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	
1	4	4	5	5	7	4	7	6	5	6	
2	4	4	4	4	5	8	6	5	5	5	
3	4	4	6	5	5	7	5	6	6	6	
4	4	6	6	6	5	5	6	6	5	6	
5	7	7	6	5	6	6	5	6	5	7	
6	5	5	5	5	6	5	6	6	6	5	
7	4	5	6	5	6	5	5	6	6	5	
8	3	5	5	6	6	6	7	6	7	7	
9	4	5	5	5	6	6	5	7	6	5	
10	6	5	5	6	6	5	5	6	6	5	
Dosis biol	0,5 L/20 L de agua		1,0 L/20 L de agua		1,5 L/20 L de agua		2,0 L/20 L de agua		TESTIGO		
FECHA:	17/01/2024										
N°	TRATAMIENTO										
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	
1	5	4	5	5	7	5	7	6	5	6	
2	4	5	5	4	5	8	6	5	5	5	
3	5	4	6	6	6	7	5	6	6	6	
4	4	6	6	6	5	5	6	6	5	6	
5	7	7	6	5	6	6	5	6	5	7	
6	5	5	5	6	6	5	7	6	6	5	
7	4	5	6	5	6	5	5	6	6	5	
8	4	5	5	6	6	6	8	6	7	7	
9	4	5	5	5	6	6	5	7	6	6	
10	6	5	5	6	6	5	5	6	7	7	
Dosis biol	0,5 L/20 L de agua		1,0 L/20 L de agua		1,5 L/20 L de agua		2,0 L/20 L de agua		TESTIGO		
FECHA:	22/01/2024										
N°	TRATAMIENTO										
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	
1	6	7	6	5	7	7	7	6	6	7	
2	6	4	6	7	5	7	6	7	5	6	
3	6	6	6	6	9	5	7	6	6	6	
4	5	7	7	6	7	6	6	7	6	7	
5	7	5	7	7	6	8	7	7	6	6	
6	5	7	5	5	9	5	8	6	6	8	
7	6	6	5	6	7	6	9	7	5	5	
8	5	5	5	6	7	6	8	7	8	7	
9	5	6	6	6	6	6	7	6	5	6	
10	6	6	5	6	6	6	8	7	7	7	
Dosis biol	0,5 L/20 L de agua		1,0 L/20 L de agua		1,5 L/20 L de agua		2,0 L/20 L de agua		TESTIGO		

Anexo 8. Evaluación luego de la cosecha (peso, diámetro) producidas con el biol de la fase ME al 10 % de MEA

PESO DE RABANITO			DIÁMETRO DE RABANITO		
PARCELA	DOSIS (L)	PESO (g)	PARCELA	DOSIS (L)	DIÁMETRO (cm)
A	0,50	5,50	A	0,50	2,61
B	0,50	10,30	B	0,50	2,46
C	1,00	9,20	C	1,00	2,31
D	1,00	8,80	D	1,00	3,00
E	1,50	20,80	E	1,50	3,38
F	1,50	21,90	F	1,50	3,39
G	2,00	27,70	G	2,00	3,46
H	2,00	25,10	H	2,00	3,75
I	T	15,40	I	T	2,90
J	T	8,30	J	T	2,47

PESO DE LECHUGA

SURCO	DOSIS (L)	PESO (g)
A	0,50	224,10
B	0,50	247,10
C	0,50	281,50
D	1,00	229,00
E	1,00	267,50
F	1,00	279,50
G	1,50	337,50
H	1,50	282,60
I	1,50	326,10
J	2,00	417,70
K	2,00	452,80
L	2,00	445,40
M	T	258,50
N	T	222,20
Ñ	T	158,00

Anexo 9. Informe de laboratorio del análisis de N, P y K

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



INFORME DE ANALISIS ESPECIAL DE MATERIA ORGANICA

SOLICITANTE : ABEL GALINDO CASAVILCA/ HENRY HUAMANI CARBAJAL

PROCEDENCIA : AYACUCHO/ HUAMANGA/ AYACUCHO/
LABORATORIO DE CURTIEMBRE

MUESTRA DE : BIOL

REFERENCIA : H.R. 81204

BOLETA : 6133

FECHA : 13/11/2023

Nº LAB	CLAVES	N Total mg/L	P Total mg/L	K Total mg/L
780	T1	1278.40	203.72	1715.00
781	T2	1048.57	221.78	1485.00
782	T3	1206.58	226.29	1805.00
783	T4	1335.85	221.78	1750.00
784	T5	2963.48	190.17	1910.00
785	T6	3045.17	203.72	1905.00
786	T7	1580.04	163.07	1525.00
787	T8	1476.20	203.72	1540.00
788	T9	1637.50	194.68	1610.00
789	T10	1162.39	172.10	1640.00
790	T11	1192.21	172.10	1655.00
791	T12	1062.94	190.17	1800.00
792	T13	1094.95	169.20	1395.00

- Nitrógeno: Método de Kjeldahl.
- Fósforo: Método del azul de molibdeno. Método alternativo: Amarillo del Vanadato Molibdato.
- Potasio: Espectrofotometría de absorción atómica.



Dr. Constantino Calderón Mendoza
 Jefe de Laboratorio

**UNSCH**FACULTAD DE INGENIERÍA
**QUÍMICA Y
METALURGIA****ACTA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS PRESENCIAL:****(Reglamento de grados y títulos, aprobado con RCU N° 314-2021-UNSCH-CU)****Evaluación del biol obtenido a partir de microorganismos eficientes autóctonos en cultivo de rabanito (*Raphanus sativa*) y lechuga (*Lactuca sativa* L.)****Expositor: Abel Galindo Casavilca
Bachiller en Ingeniería Agroindustrial****Expediente N° 2457363****Resolución Decanal N° 202-2024-UNSCH-FIQM/D****Fecha: 01-10-2024**

En la Sala de Conferencias "Pedro VILLENA HIDALGO" de la Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia, ubicada en la Ciudad Universitaria de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga (H-121), siendo las once de la mañana con cinco minutos del día jueves tres de octubre del año dos mil veinticuatro, se reunieron el Bachiller en Ingeniería Agroindustrial **Abel Galindo Casavilca**, los Docentes Miembros del Jurado de Sustentación Ingenieros: Dr. Agustín Julián PORTUGUEZ MAURTUA, Mg. Eusebio DE LA CRUZ FERNANDEZ y Mg. Hugo Rodolfo ORIUNDO MAMANI, bajo la Presidencia del Dr. Alberto Luis HUAMANI HUAMANI (Presidente encargado en sustentación de tesis), Mg. Percy Fermín VELASQUEZ CCOSI (Docente Asesor de la Tesis) y Mg. Leidy Diana MEDINA QUIQUIN Coasesora, el Mg. Fredy Rober PARIONA ESCALANTE (Secretario-Docente) y el público asistente.

Acto seguido, el Presidente del Jurado de Sustentación dispuso que el Secretario Docente dé lectura a los antecedentes tramitados para el presente Acto Público de Sustentación de la Tesis: **Evaluación del biol obtenido a partir de microorganismos eficientes autóctonos en cultivo de rabanito (*Raphanus sativa*) y lechuga (*Lactuca sativa* L.)**, presentado por el Bachiller **Abel Galindo Casavilca**. A continuación, el Secretario-Docente procedió a dar lectura a la Resolución Decanal N°202-2024-UNSCH-FIQM/D.

Luego, el Presidente del Jurado invitó al Bachiller **Abel Galindo Casavilca**, a pasar al estrado y exponer su trabajo de Tesis en un tiempo máximo de cuarenta y cinco minutos.

Terminada la exposición del Bachiller, el Presidente invitó a los Señores Miembros del Jurado de Sustentación a que formulen sus preguntas y señalen sus observaciones, en el siguiente orden: Mg. Hugo Rodolfo ORIUNDO MAMANI, Mg. Eusebio DE LA CRUZ FERNANDEZ y Dr. Agustín Julián PORTUGUEZ MAURTUA. Luego el Presidente (e) invitó al Mg. Percy Fermín VELASQUEZ CCOSI para que, en su condición de Docente Asesor, se sirva levantar las observaciones del Jurado y efectuar las aclaraciones que considere conveniente.

Concluyó con esta etapa el Dr. Alberto Luis HUAMANI HUAMANI, en su condición de Presidente (e).

**UNSCH**FACULTAD DE INGENIERÍA
QUÍMICA Y
METALURGIA**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS PRESENCIAL:**

(Reglamento de grados y títulos, aprobado con RCU N° 314-2021-UNSCH-CU)

Evaluación del biol obtenido a partir de microorganismos eficientes autóctonos en cultivo de rabanito (*Raphanus sativa*) y lechuga (*Lactuca sativa* L.)

Expositora: Abel Galindo Casavilca
Bachiller en Ingeniería Agroindustrial

Expediente N° 2457363

Resolución Decanal N° 202-2024-UNSCH-FIQM/D

Fecha: 01-10-2024

Culminada la etapa de preguntas, el Presidente (e) del Jurado invitó al Sustentante y al público para que se sirvan abandonar la Sala de Conferencias con la finalidad de permitir al Jurado de Sustentación deliberar sobre la evaluación a otorgar. Se alcanzó el siguiente resultado. **APROBADO POR UNANIMIDAD PROMEDIO QUINCE (15).**

Finalmente el Presidente (e) del Jurado dispuso que se invite al Sustentante y al público asistente a que se sirvan ingresar a la Sala de Conferencias, y anunció que el Bachiller **Abel Galindo Casavilca**, ha resultado **APROBADO POR UNANIMIDAD**, y por lo tanto a partir de la fecha la Universidad y la Facultad cuenta con un flamante **INGENIERO AGROINDUSTRIAL** y le augura éxitos en su desempeño profesional.

Siendo la una de la tarde con treinta minutos se dio por concluido el acto académico de Sustentación de Tesis. En fe de lo cual firmamos:

.....
Dr. Alberto Luis HUAMANI HUAMANI
Presidente (e)

.....
Dr. Agustín Julián PORTUGUEZ MAURTUA
Miembro

.....
Mg. Eusebio DE LA CRUZ FERNANDEZ
Miembro

.....
Mg. Hugo Rodolfo ORIUNDO MAMANI
Miembro

.....
Mg. Fredy Rober PARÍONA ESCALANTE
(Secretario Docente)

FACULTA DE INGENIERÍA
QUÍMICA Y METALURGIA
Av. Independencia s/n
Ciudad Universitaria
Tel. (066) 781368

**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS PRESENCIAL:****(Reglamento de grados y títulos, aprobado con RCU N° 314-2021-UNSCH-CU)****Evaluación del biol obtenido a partir de microorganismos eficientes autóctonos en cultivo de rabanito (*Raphanus sativa*) y lechuga (*Lactuca sativa* L.)****Expositor: Henry Huamani Carbajal
Bachiller en Ingeniería Agroindustrial****Expediente N° 2457363****Resolución Decanal N° 202-2024-UNSCH-FIQM/D****Fecha: 01-10-2024**

En la Sala de Conferencias "Pedro VILLENA HIDALGO" de la Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia, ubicada en la Ciudad Universitaria de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga (H-121), siendo las once de la mañana con cinco minutos del día jueves tres de octubre del año dos mil veinticuatro, se reunieron el Bachiller en Ingeniería Agroindustrial **Henry Huamani Carbajal**, los Docentes Miembros del Jurado de Sustentación Ingenieros: Dr. Agustín Julián PORTUGUEZ MAURTUA, Mg. Eusebio DE LA CRUZ FERNANDEZ y Mg. Hugo Rodolfo ORIUNDO MAMANI, bajo la Presidencia del Dr. Alberto Luis HUAMANI HUAMANI (Presidente encargado en sustentación de tesis), Mg. Percy Fermín VELASQUEZ CCOSI (Docente Asesor de la Tesis) y Mg. Leidy Diana MEDINA QUIQUIN Coasesora, el Mg. Fredy Rober PARIONA ESCALANTE (Secretario-Docente) y el público asistente.

Acto seguido, el Presidente del Jurado de Sustentación dispuso que el Secretario Docente dé lectura a los antecedentes tramitados para el presente Acto Público de Sustentación de la Tesis: **Evaluación del biol obtenido a partir de microorganismos eficientes autóctonos en cultivo de rabanito (*Raphanus sativa*) y lechuga (*Lactuca sativa* L.)**, presentado por el Bachiller **Henry Huamani Carbajal**. A continuación, el Secretario-Docente procedió a dar lectura a la Resolución Decanal N°202-2024-UNSCH-FIQM/D.

Luego, el Presidente del Jurado invitó al Bachiller **Henry Huamani Carbajal**, a pasar al estrado y exponer su trabajo de Tesis en un tiempo máximo de cuarenta y cinco minutos.

Terminada la exposición del Bachiller, el Presidente invitó a los Señores Miembros del Jurado de Sustentación a que formulen sus preguntas y señalen sus observaciones, en el siguiente orden: Mg. Hugo Rodolfo ORIUNDO MAMANI, Mg. Eusebio DE LA CRUZ FERNANDEZ y Dr. Agustín Julián PORTUGUEZ MAURTUA. Luego el Presidente (e) invitó al Mg. Percy Fermín VELASQUEZ CCOSI, para que, en su condición de Docente Asesor, se sirva levantar las observaciones del Jurado y efectuar las aclaraciones que considere conveniente.

Concluyó con esta etapa el Dr. Alberto Luis HUAMANI HUAMANI, en su condición de Presidente (e).

**UNSCH**FACULTAD DE INGENIERÍA
QUÍMICA Y
METALURGIA**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS PRESENCIAL:**

(Reglamento de grados y títulos, aprobado con RCU N° 314-2021-UNSCH-CU)

Evaluación del biol obtenido a partir de microorganismos eficientes autóctonos en cultivo de rabanito (*Raphanus sativa*) y lechuga (*Lactuca sativa* L.)

Expositora: Henry Huamani Carbajal
Bachiller en Ingeniería Agroindustrial

Expediente N° 2457363

Resolución Decanal N° 202-2024-UNSCH-FIQM/D

Fecha: 01-10-2024

Culminada la etapa de preguntas, el Presidente (e) del Jurado invitó al Sustentante y al público para que se sirvan abandonar la Sala de Conferencias con la finalidad de permitir al Jurado de Sustentación deliberar sobre la evaluación a otorgar. Se alcanzó el siguiente resultado. **APROBADO POR UNANIMIDAD PROMEDIO CATORCE (14).**

Finalmente el Presidente (e) del Jurado dispuso que se invite al Sustentante y al público asistente a que se sirvan ingresar a la Sala de Conferencias, y anunció que el Bachiller **Henry Huamani Carbajal**, ha resultado **APROBADO POR UNANIMIDAD**, y por lo tanto a partir de la fecha la Universidad y la Facultad cuenta con un flamante **INGENIERO AGROINDUSTRIAL** y le augura éxitos en su desempeño profesional.

Siendo la una de la tarde con treinta minutos se dio por concluido el acto académico de Sustentación de Tesis. En fe de lo cual firmamos:



.....
Dr. Alberto Luis HUAMANI HUAMANI
Presidente (e)



.....
Dr. Agustín Julián PORTUGUEZ MAURTUA
Miembro



.....
Mg. Eusebio DE LA CRUZ FERNANDEZ
Miembro



.....
Mg. Hugo Rodolfo ORIUNDO MAMANI
Miembro



.....
Mg. Fredy Rober PARIONA ESCALANTE
(Secretario Docente)

FACULTA DE INGENIERÍA
QUÍMICA Y METALURGIA
Av. Independencia s/n
Ciudad Universitaria
Tel. (066) 781368

**UNSCH****FACULTAD DE
INGENIERÍA QUÍMICA
Y METALURGIA****ESCUELA PROFESIONAL DE
INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**

La Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, emite la siguiente:

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

Que, el egresado de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial a remitido, con el aval y por intermedio de su asesor de la Tesis M.Sc. PERCY FERMÍN VELÁSQUEZ CCOSI, se procedió a la originalidad del archivo adjunto con el TURNITIN - UNSCH, **de acuerdo a los criterios establecidos en el Reglamento de Originalidad de Trabajos de Investigación de la UNSCH, aprobado con Resolución del Consejo Universitario N° 039-2021-UNSCH-CU**; cuyos resultados son:

Tesis “Evaluación del biol obtenido a partir de microorganismos eficientes autóctonos en cultivo de rabanito (*Raphanus sativa*) y lechuga (*Lactuca sativa* L.)”

Nombre y Apellido	: Bach. ABEL GALINDO CASAVILCA
	: Bach. HENRY HUAMANI CARBAJAL
Identificador de entrega	: 2559051606
Fecha	: 31-dic.-2024 07:23a. m. (UTC-0500)
Archivo	: Tesis_final_Abel_Henry_EP_Agroindustrial.pdf (3.98M)

Se expide la presente constancia de originalidad, con reporte del 5% de ÍNDICE DE SIMILITUD realizado con Depósito de trabajos estándar, a fin de proseguir con los trámites pertinentes; cabe señalar que los documentos del procedimiento se archivan en el repositorio documental de la Escuela.

Ayacucho, 31 de diciembre del 2024


MSc. Percy Fermín Velásquez CCOSI
Director de la Escuela Profesional de
Ingeniería Agroindustrial

C.c.
Const. N° 22-2024
Archivo

ESCUELA PROFESIONAL DE
INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL
Av. Independencia S/N - Ayacucho
Telf. 066-303496
Correo: ep.agroindustrial@unsch.edu.pe

Evaluación del biol obtenido a partir de microorganismos eficientes autóctonos en cultivo de rabanito (*Raphanus sativa*) y lechuga (*Lactuca sativa* L.)

por Abel Galindo Casavilca Y Henry Huamani Carbajal

Fecha de entrega: 31-dic-2024 07:23a.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2559051606

Nombre del archivo: Tesis_final_Abel_Henrry_EP_Agroindustrial.pdf (3.98M)

Total de palabras: 40862

Total de caracteres: 180291

Evaluación del biol obtenido a partir de microorganismos eficientes autóctonos en cultivo de rabanito (*Raphanus sativa*) y lechuga (*Lactuca sativa* L.)

INFORME DE ORIGINALIDAD

5%

INDICE DE SIMILITUD

5%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

1%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

hdl.handle.net

Fuente de Internet

1%

2

repositorio.utc.edu.ec

Fuente de Internet

<1%

3

idoc.pub

Fuente de Internet

<1%

4

www.dspace.uce.edu.ec

Fuente de Internet

<1%

5

es.scribd.com

Fuente de Internet

<1%

6

repositorio.unc.edu.pe

Fuente de Internet

<1%

7

repositorio.upn.edu.pe

Fuente de Internet

<1%

8

repositorio.unheval.edu.pe

Fuente de Internet

<1%

9	www.antoniotarazona.com Fuente de Internet	<1 %
10	issuu.com Fuente de Internet	<1 %
11	docplayer.es Fuente de Internet	<1 %
12	theibfr.com Fuente de Internet	<1 %
13	repositorio.unap.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
14	www.repositorio.usac.edu.gt Fuente de Internet	<1 %
15	erp.untumbes.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
16	dspace.esPOCH.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
17	ri.ues.edu.sv Fuente de Internet	<1 %
18	repositorio.umsa.bo Fuente de Internet	<1 %
19	gredos.usal.es Fuente de Internet	<1 %
20	repositorio.unas.edu.pe Fuente de Internet	<1 %

21	recursosbiblio.url.edu.gt	Fuente de Internet	<1 %
22	repositorio.udh.edu.pe	Fuente de Internet	<1 %
23	www.coursehero.com	Fuente de Internet	<1 %
24	Submitted to Centro Europeo de Postgrado - CEUPE	Trabajo del estudiante	<1 %
25	repositorio.udl.edu.pe	Fuente de Internet	<1 %
26	repositorio.upeu.edu.pe	Fuente de Internet	<1 %
27	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga	Trabajo del estudiante	<1 %
28	renati.sunedu.gob.pe	Fuente de Internet	<1 %
29	repositorio.una.edu.ni	Fuente de Internet	<1 %
30	repositorio.uta.edu.ec	Fuente de Internet	<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 30 words

Excluir bibliografía

Activo