UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMIA

EFECTO DE DIFERENTES DOSIS DE HUMUS DE LOMBRIZ LÍQUIDO EN EL CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE SACHA CULANTRO *(Eryngium foetidum* L.) EN SOLUCIÓN NUTRITIVA BAJO UN SISTEMA HIDROPÓNICO

Tesis para optar el título profesional de

INGENIERO AGRÓNOMO

LESLIE XIOMARA TUESTA VILLANUEVA

Pucallpa, Perú

2026

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA

ANEXO 4

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN O TESIS

Los Miembros del Jurado que suscriben, reunidos para estudiar y escuchar la sustentación de la tesis, presentado por la Bachiller LESLIE XIOMARA TUESTA VILLANUEVA denominada: **"EFECTO DE DIFERENTES DOSIS DE HUMUS DE LOMBRIS LIQUIDO EN EL CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE SACHA CULANTRO (*Eryngium foetidum L.*) EN SOLUCIÓN NUTRITIVA BAJO UN SISTEMA HIDROPÓNICO"** para cumplir con el requisito de **TÍTULO PROFESIONAL**.

Teniendo en consideración los méritos del referido trabajo, así como los conocimientos demostrados por la sustentante lo declaramos: ..Aprobada..... con el calificativo (*) Diecisiete – 17.....

En consecuencia, queda en condición de ser considerado Apto por el Consejo Universitario y recibir el: Título de **INGENIERO AGRONOMO**, de conformidad con lo estipulado en Art. 10 del reglamento general de grados académicos, título profesional y título de segunda especialidad profesional de la Universidad Nacional de Ucayali.

Pucallpa, ...23..... de .....Enero..... de 2026.

.....	.....
Dr. Gustavo Horacio Celi Arevalo Presidente	Dr. Javier Amacifuen Vigo Primer Miembro
.....	.....
Mg. Luis Alberto Díaz Sandoval segundo Miembro	Dr. Fernando Perez Leal Asesor

(*) De acuerdo con el Art. 21 del Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Ucayali, éstas deberán ser calificadas con términos de Sobresaliente, Aprobado por Unanimidad, Aprobado por Mayoría y Desaprobado.

Esta tesis fue aprobada por el Jurado Evaluador de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Ucayali, como requisito para optar el Título de Ingeniero Agrónomo.

Dr. Gustavo Horacio Celi Arevalo ..... PRESIDENTE

Dr. Javier Amacifuen Vigo ..... Primer Miembro

Mg. Luis Alberto Díaz Sandoval ..... Segundo Miembro

Dr. Fernando Perez Leal ..... Asesor

Bach. Leslie Xiomara Tuesta Villanueva ..... Tesista

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

DIRECCIÓN DE PRODUCCIÓN INTELECTUAL

CONSTANCIA

ORIGINALIDAD DE TESIS

Nº **V/024-2026**.

La Dirección de Producción Intelectual de la Universidad Nacional de Ucayali, hace constar por la presente, que la Tesis titulada:

"**EFECTO DE DIFERENTES DOSIS DE HUMUS DE LOMBRIZ LÍQUIDO EN EL CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE SACHA CULANTRO (*Eryngium foetidum* L.) EN SOLUCIÓN NUTRITIVA BAJO UN SISTEMA HIDROPÓNICO**"

Autor(es)	:	**TUESTA VILLANUEVA, LESLIE XIOMARA**
Facultad	:	**CIENCIAS AGROPECUARIAS**
Escuela	:	**AGRONOMÍA**
Asesor(a)	:	**Dr. PEREZ LEAL, FERNANDO**

Presenta un **porcentaje de similitud de 8%,** verificado en el Sistema Antiplagio COMPILATIO,

De acuerdo a los criterios de porcentaje establecidos en el artículo 9 de la DIRECTIVA DE USO DEL SISTEMA ANTIPLAGIO, el cual indica: "todo trabajo de investigación no debe superar el 10%". **En tal sentido, se declara, que la TESIS presenta un porcentaje aceptable de similitud,** procediéndose a emitir la presente Constancia a solicitud del asesor.

En señal de conformidad se firma y sella el presente documento.

Fecha: 20/01/2026

Dr. JOSÉ MANUEL CÁRDENAS BERNAOLA
Director de Producción Intelectual

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

DIRECCIÓN DE PRODUCCIÓN INTELECTUAL

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Repositorio de la Universidad Nacional de Ucayali

Yo, Leslie Xiomara Tuesta Villanueva.

Autor de la tesis titulada : Efecto de diferentes dosis de humus de Lombriz líquido en el crecimiento y rendimiento del cultivo de sacha culantro Eryngium foetidum. En solución nutritiva bajo sistema hidroponico.

Sustentada el año 2026

Asesor(a): Fernando Perez Leal

Facultad: Ciencias Agropecuarias

Escuela Profesional: Agronomia

Autorizo la publicación:

PARCIAL [ ] TOTAL [X]

De mi trabajo de investigación en el Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Ucayali (www.repositorio.unu.edu.pe), bajo los siguientes términos:

Primero: Otorgo a la Universidad Nacional de Ucayali licencia no exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público en general mi tesis (incluido el resumen) a través del Repositorio Institucional de la UNU, en formato digital sin modificar su contenido, en el Perú y en el extranjero; por el tiempo y las veces que considere necesario y libre de remuneraciones.

Segundo: Declaro que la tesis es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, por tanto me encuentro facultado a conceder la presente autorización, garantizando que la tesis no infringe derechos de autor de terceras personas, caso contrario, me hago único(a) responsable de investigaciones y observaciones futuras, de acuerdo a lo establecido en el estatuto de la Universidad Nacional de Ucayali, la Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria y el Ministerio de Educación.

En señal de conformidad firmo la presente autorización.

Fecha: 10/02/2026

Email: lesliexiomara08@gmail.com Firma: [signature]

Teléfono: 994530047 DNI: 72197880

DEDICATORIA.

Al Todopoderoso, por guiar mis pasos y concederme la dicha de llegar hasta este momento. Gracias por otorgarme la vida, la serenidad y la perseverancia necesarias para cumplir mis metas y culminar con éxito este logro tan significativo.

A mis queridos padres Robert Esteward Tuesta López y Yessi Villanueva Flores, por su amor incondicional, por creer siempre en mí y brindarme su apoyo en cada paso que doy. Este logro es también de ustedes, quienes son mis más grande motivo y orgullo.

A mis hijos, Dominic Gadiel Amacifuen Tuesta y Kaira Gaela Amasifuen Tuesta, por ser mi mayor inspiración y la fuerza que me impulsa a seguir adelante. Su amor y sonrisa dan sentido a cada esfuerzo y a cada logro alcanzado.

A mi querido esposo Liter Alcides Amasifuen Vela, por su amor, comprensión y apoyo incondicional en cada etapa de este camino.

AGRADECIMIENTO.

En primer lugar, a Dios, por ser mi guía constante, por iluminar mi camino y concederme la fortaleza, la sabiduría y la perseverancia necesarias para culminar con éxito esta etapa tan importante de mi vida.

A la Universidad Nacional de Ucayali y a la Facultad de Ciencias Agropecuarias, institución que siempre consideraré parte esencial de mi desarrollo profesional. Manifiesto mi gratitud a los docentes por su valiosa enseñanza, dedicación y orientación a lo largo de mi formación universitaria.

De manera especial, extiendo mi sincero agradecimiento a mi asesor, Dr. Fernando Pérez Leal, por compartir su experiencia, conocimientos y tiempo, guiándome con paciencia, compromiso y profesionalismo en cada etapa del presente trabajo de investigación.

A mi querida hermana Kiara Danuska Tuesta Villanueva, por acompañarme y brindarme su apoyo durante la ejecución de este trabajo, Gracias por estar siempre dispuesta a ayudarme, por su compresión y cariño. Sé que siempre podré contar contigo cuando más lo necesite, y por eso este logro también es tuyo.

Expreso mi más sincero agradecimiento a los Ing. Alexander Meza, Tulio Manuel, y Henrry Alva por su invaluable amistad y por el apoyo brindado, demostrando siempre compromiso y compañerismo.

Hago extensivo mi agradecimiento al sr. Sinecio y todas las personas que, de una u otra manera, aportaron con su esfuerzo, tiempo y conocimiento al desarrollo y culminación de este trabajo de investigación.

ÍNDICE GENERAL.

RESUMEN……..... xi

ABSTRACT…….. xii

INICE DE TABLAS …… xiii

INDICE DE FIGURAS…… xv

INTRODUCCION…… 1

CAPITULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA……... **2**

1.1. Descripción y fundamentación del problema…….. 2

1.2. Formulación del problema general y específicos…….. 3

1.2.1. Problema general…… 3

1.2.2. Problemas específicos……. 3

1.3. Objetivo general y objetivos específicos…….. 4

1.3.1. Objetivo general…… 4

1.3.2. Objetivos específicos…….. 4

1.4. Hipótesis…… 4

1.4.1. Hipótesis general…….. 4

1.4.2. Hipótesis especificas…… 4

1.5. Operacionalización de variables…… 5

1.6. Justificación e importancia…… 6

CAPITULO II. MARCO TEÓRICO…… **7**

2.1. Antecedentes de la investigación…….. 7

2.1.1. Antecedentes internacionales…… 7

2.1.2. Antecedentes nacionales…… 8

2.1.3. Antecedentes locales……... 9

2.2. Bases teóricas…….. 9

2.2.1. Origen……. 9

2.2.2. Clasificación taxonómica……. 10

2.2.3. Descripción botánica…… 10

2.2.4. Requerimientos edafoclimáticos……. 11

2.2.5. Sistemas de cultivos hidropónicos…….. 12

2.2.6.	Humus liquido de lombriz……..	13
2.3.	Definiciones conceptuales……	14
2.3.1.	Sacha culantro……	14
2.3.2.	Hidroponía…….	15
2.3.3.	Humus liquido de lombriz……..	15
2.3.4.	Solución nutritiva…….	15
CAPITULO III.	**METODOLOGÍA……**	**16**
3.1.	Método de investigación……	16
3.2.	Tipo y nivel de investigación…….	16
3.2.1.	Población y muestra……	16
3.3.	Componentes en estudio……	16
3.4.	Tratamientos en estudio…….	17
3.5.	Diseño experimental……	18
3.6.	Proceso experimental……..	20
3.6.1.	Ubicación y duración del estudio…….	20
3.6.2.	Condiciones ambientales…….	21
3.6.3.	Ejecución experimental……	21
3.6.4.	Variables evaluadas…….	25
CAPITULO IV.	**RESULTADOS……..**	**27**
4.1	Altura de planta……..	27
4.2.	Altura de tallo……..	29
4.3.	Longitud de la hoja más larga por planta……..	30
4.4.	Numero de hojas por planta……	31
4.5.	Longitud de raíz por planta……..	33
4.6.	Peso fresco por planta……..	35
4.7.	Peso seco por planta…….	37
CAPITULO V.	**DISCUSIÓN……**	**40**
5.1.	Altura de planta……	40
5.2.	Longitud de hoja……...	40
5.3.	Número de hojas por planta……	40

5.4. Longitud de raíz……. 41
5.5. Peso fresco y seco por planta……. 42
CAPITULO VI. CONCLUSIONES…….. 42
CAPITULO VII. RECOMENDACIONES…… 43
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS…….. 44
ANEXOS…….. 48

RESUMEN.

El ensayo se llevó a cabo en las instalaciones del Módulo de Hidroponía de la Universidad Nacional de Ucayali, con la finalidad de determinar el efecto de diferentes dosis de humus líquido de lombriz (0, 4, 6, 8 y 10 l), sobre los indicadores de crecimiento y rendimiento del cultivo de sacha culantro en solución nutritiva bajo un sistema hidropónico. Se usó un diseño Completo al azar con 5 tratamientos y 3 repeticiones y cada unidad experimental estuvo representada por 20 plantas. Por efecto de los tratamientos, las evaluaciones de las variables se efectuaron a los 20, 35 y 50 días después de la siembra. Los resultados evidenciaron que, mediante la aplicación de la dosis de 10 l de HLL, se registró a los 50 días después de la siembra del cultivo de sacha culantro, los promedios más altos en altura de planta (13.2 cm), altura de tallo (11.96 cm), longitud de la hoja más larga (20.2 cm), número de hojas por planta (25.8 unidades) y longitud de raíz (34.3 cm) y, de igual manera, con la aplicación de la dosis de 10 l de HLL, se logró registrar a los 50 días después de la siembra del cultivo de sacha culantro, los promedios más altos en peso fresco por planta (318.6 g) y peso seco por planta (58.5 g).

Palabras clave: *sacha culantro, hidroponía, solución nutritiva, humus líquido, lombriz, dosis, crecimiento, rendimiento.*

ABSTRACT.

The trial was conducted at the Hydroponics Module of the National University of Ucayali to determine the effect of different doses of liquid worm humus (0, 4, 6, 8, and 10 l) on the growth and yield indicators of sacha culantro (wild cilantro) grown in nutrient solution under a hydroponic system. A completely randomized design with 5 treatments and 3 replicates was used, and each experimental unit consisted of 20 plants. Due to the treatment effects, the variables were evaluated 20, 35, and 50 days after planting. The results showed that, with the application of a 10 l dose of HLL, the highest averages for plant height (13.2 cm), stem height (11.96 cm), longest leaf length (20.2 cm), number of leaves per plant (25.8 units), and root length (34.3 cm) were recorded 50 days after planting the sacha culantro crop. Similarly, with the application of the 10 l dose of HLL, the highest averages for fresh weight per plant (318.6 g) and dry weight per plant (58.5 g) were also recorded 50 days after planting the sacha culantro crop.

Keywords: *sacha culantro, hydroponics, nutrient solution, liquid humus, earthworm, dose, growth, yield.*

ÍNDICE DE TABLAS.

En el texto: **Pág.**

Tabla 1. Características de los componentes en estudio 5

Tabla 2. Características físico químicas del humus líquido de lombriz 14

Tabla 3. Características de los tratamientos en estudio 17

Tabla 4. Análisis de varianza ANVA 18

Tabla 5. Altura de planta de sacha culantro por tratamiento Y evaluación 27

Tabla 6. Altura de tallo y longitud de hoja por tratamiento y por evaluación 29

Tabla 7. Número de hojas por planta por tratamiento y por evaluación 31

Tabla 8. Longitud de raíz por planta por tratamiento y por evaluación 33

Tabla 9. Peso fresco por planta de sacha culantro por tratamiento 35

Tabla 10. Peso seco por planta de sacha culantro por tratamiento 38

En el anexo:

Tabla 11A. ANVA de altura de planta a los 20 días después de la Siembra 49

Tabla 12A. ANVA de altura de planta a los 35 días después de la Siembra 49

Tabla 13A. ANVA de altura de planta a los 50 días después de la

Siembra 49

Tabla 14A. ANVA de altura de tallo a los 50 días después de la Siembra 50

Tabla 15A. ANVA de longitud de hoja más larga de sacha culantro 50

Tabla 16A. ANVA de número de hojas por planta a los 20 días después de la siembra 50

Tabla 17A. ANVA de número de hojas a los 35 días después de siembra ... 51

Tabla 18A. ANVA de número de hojas a los 50 días después de la siembra 51

Tabla 19A. ANVA de longitud de raíz a los 20 días después de la siembra 51

Tabla 20A. ANVA de longitud de raíz a los 35 días después de la siembra 52

Tabla 21A. ANVA de longitud de raíz a los 50 días después de la siembra 52

Tabla 22A. ANVA de peso fresco de hojas a los 50 días después de la siembra 52

Tabla 23A. ANVA de peso fresco de raíces a los 50 días después de la siembra 53

Tabla 24A. ANVA de peso fresco total por planta 53

Tabla 25A. ANVA de peso seco de hojas a los 50 días de la siembra 53

Tabla 26A. ANVA de peso seco de raíces a los 50 días de la siembra 54

Tabla 27A. ANVA de peso seco total por planta 54

ÍNDICE DE FIGURAS.

En el texto: **Pág.**

Figura 1. Croquis experimental de la parcela 19

Figura 2. Ubicación satelital de la parcela (fuente Google arth) 20

Figura 3. Altura de planta de sacha culantro por tratamiento y evaluación 28

Figura 4. Longitud de tallo y longitud de la hoja más larga por tratamiento..... 30

Figura 5. Número de hojas por planta por tratamiento y por evaluación 32

Figura 6. Longitud de raíz de sacha culantro por tratamiento y evaluación 34

Figura 7. Peso fresco por planta de sacha culantro por tratamiento 36

Figura 8. Peso seco por planta de sacha culantro por tratamiento..... 39

En el anexo:

Figura 9A. Limpieza del área hidropónico 55

Figura 10A. Construcción de mesas 55

Figura 11A. Construcción del contenedor 56

Figura 12A. Perforación del contenedor..... 56

Figura 13A. Preparación del sustrato 57

Figura 14A. Siembra de semillas..... 57

Figura 15A. Solución nutritiva..... 58

Figura 16A. Aplicación de tifón..... 58

Figura 17A. Preparación de solución nutritiva 59

Figura 18A. Primera aplicación de solución nutritiva..... 59

Figura 19A. Trasplante de plantas al módulo hidropónico 60

Figura 20A. Primera aplicación de humus de lombriz líquido..... 60

Figura 21A. Segunda aplicación de solución nutritiva al 50% 61

Figura 22A. Segunda aplicación de humus de lombriz líquido 61

Figura 23A. Mediciones de altura de las plantas..... 62

Figura 24A. Conteo de hojas..... 62

Figura 25A. Medición de longitud de raíz 63

Figura 26A. Medición de altura de tallo 63

Figura 27A. Visita del asesor de la tesis 64

Figura 28A. Visita de los jurados..... 64

INTRODUCCIÓN.

El sacha culantro es una planta amazónica, cuya importancia radica en su valor culinario tanto en la gastronomía y por sus propiedades medicinales. Tradicionalmente, también se utiliza como acelerador natural del parto, para tratar la fiebre, el insomnio y como bactericida

En varios países de América suele distinguirse como una hierba comestible tropical perenne y anual de la familia *Apiaceae*. Es nativa de América tropical donde crece de forma silvestre, pero se cultiva en todo el mundo tropical. Es utilizada como condimento por su olor y sabor característico, muy semejante al culantro europeo, pero más fuerte y de hojas significativamente más duras.

Aunque es nativo de América del Sur, el sacha culantro es una hierba que crece fácilmente como planta silvestre en climas tropicales, motivo por el cual, no se ha dedicado una investigación notoria sobre la especie, para determinar su requerimiento nutricional, en función de la fertilidad natural del suelo donde crece y fructifica.

En este sentido, a pesar de las múltiples propiedades culinarias y medicinales que se conocen sobre la especie, existe una escasa información sobre su manejo, características agronómicas, calidad de la hoja y presencia de enfermedades, lo que redunda, especialmente, en escasas investigaciones sobre su manejo agronómico que permitan orientar su requerimiento nutricional para garantizar que, a través de la producción de sus hojas, que son las principales fuentes de comercialización, tengan rendimientos apropiados que garanticen sostenibilidad y bienestar a las familias de los productores dedicados a la agricultura de autoconsumo.

Por otro lado, la producción de cultivos hidropónicos se sustenta en el uso de una solución acuosa enriquecida con nutrientes para alimentar las raíces. Esta técnica es sostenible, ya que optimiza el uso de agua y recursos, y se utiliza para cultivar una gran variedad de vegetales como lechugas, hierbas aromáticas (perejil, sacha culantro, menta) y algunas hortalizas, especialmente en sistemas de agricultura vertical.

CAPÍTULO I.
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

1.1. Descripción y fundamentación del problema

En la actualidad el crecimiento de la población y la escasez de agua para riego, demanda cubrir las necesidades del mercado incursionando en nuevas técnicas hidropónicas como la de raíz flotante apropiadas para la producción de cultivos de hojas con el caso del sacha culantro *(Eryngium foetidum* L.), con el fin de obtener plantas con características deseables.

Frente a esta problemática, existen diferentes alternativas productivas como el cultivo hidropónico, que utiliza un sustrato neutro en vez de suelo agrícola, con condiciones de salubridad garantizadas tanto para la planta como para el consumidor (Brunner *et al*., 2013)

Es conocido que, bajo condiciones tropicales, es posible maximizar el rendimiento de las hortalizas a bajo costo, con el uso de sistemas de producción hidropónica, sin embargo, los sustratos que son usados no garantizan, no siempre cuentan con las características deseables, por lo que se busca que, algunos aporten más que a otros, permitiendo que se oxigene la raíz de la planta para lograr una correcta respiración (Resh 2001).

Siendo el humus de lombriz líquido una ayuda para asimilar los cationes, macro y micro nutrientes, gracias a su carga eléctrica negativa, al mismo tiempo evita la concentración de sales y estabiliza el pH del sustrato. El cual crea un medio ideal para la proliferación de organismos benéficos como las bacterias, hongos y otros; impidiendo el desarrollo de patógenos, reduciendo sensiblemente el riesgo de enfermedades (Beltrano y Giménez, 2015).

Actualmente en sistemas hidropónicos de raíz flotante se viene utilizando productos de soluciones químicas en la producción de lechugas. Motivo por el cual

se busca una alternativa orgánica para lograr obtener una mejor producción y calidad, con la aplicación del humus líquido de lombriz como solución nutritiva en el crecimiento y rendimiento productivo de la lechuga, por lo que se desea conocer la dosis correcta del humus líquido de lombriz como solución nutritiva en hidroponía para el crecimiento y rendimiento productivo del cultivo de lechuga.

Bajo este contexto, se debe buscar la dosis de humus de lombriz que mayor efecto surta en los indicadores biométricos de planta de sacha culantro, que se expresen en una mayor productividad de hojas frescas (Beltrano y Giménez, 2015).

1.2. Formulación del problema general y específicos.

1.2.1. Problema general.

- ¿Cuál será la respuesta a diferentes dosis de humus líquido de lombriz en los indicadores de crecimiento y rendimiento del cultivo de sacha culantro en solución nutritiva bajo un sistema hidropónico?

1.2.2. Problemas específicos.

- ¿Cuál será la respuesta a la aplicación de diferentes dosis de humus líquido de lombriz en los indicadores de crecimiento del cultivo de sacha culantro en solución nutritiva bajo un sistema hidropónico?

- ¿Cuál será la respuesta a la aplicación de diferentes dosis de humus líquido de lombriz en los indicadores de rendimiento del cultivo de sacha culantro en solución nutritiva bajo un sistema hidropónico?

1.3. Objetivo general y objetivos específicos.

1.3.1. Objetivo general.

- Determinar el efecto de diferentes dosis de humus líquido de lombriz sobre el crecimiento y rendimiento del cultivo de sacha culantro en solución nutritiva bajo un sistema hidropónico.

1.3.1. Objetivos específicos.

- Evaluar el efecto de diferentes dosis de humus líquido de lombriz sobre los indicadores de crecimiento del cultivo de sacha culantro en solución nutritiva bajo un sistema hidropónico.

- Evaluar el efecto de diferentes dosis de humus líquido de lombriz sobre los indicadores de rendimiento del cultivo de sacha culantro en solución nutritiva bajo un sistema hidropónico.

1.4. Hipótesis.

1.4.1. Hipótesis general.

- Si se aplica diferentes dosis de humus líquido de lombriz al cultivo de sacha culantro en solución nutritiva bajo un sistema hidropónico, por lo menos una de ellos permitirá obtener mayor crecimiento y rendimiento.

1.4.2. Hipótesis específicas.

- Si se aplica diferentes dosis de humus líquido de lombriz al cultivo de

sacha culantro en solución nutritiva bajo un sistema hidropónico, por lo menos una de ellos permitirá obtener mayor crecimiento.

- Si se aplica diferentes dosis de humus líquido de lombriz al cultivo de sacha culantro en solución nutritiva bajo un sistema hidropónico, por lo menos una de ellos permitirá obtener mayor rendimiento.

1.5. Operacionalización de las variables.

Tabla 1.

Características de los componentes en estudio.

Variables	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Tipo de variable	Escala	Instrumento
Independientes	Humus liquido de lombriz en solución nutritiva de Hoagland y Arnon	Dosis de humus liquido de lombriz por cada 0.1 m^3 de solución nutritiva de Hoagland y Arnon al 50%.	T0 = Testigo, Solución Hoagland y Arnon al 50%. T1 = 6 Lt de HLL. T2 = 8 Lt de HLL. T3 = 10 Lt de HLL. T4 = 12 Lt de HLL	cuantitativa	nominal	L de HLL por cada 0.1 m3 de solución nutritiva
Dependientes	crecimiento	Altura de planta	cm	cuantitativa	nominal	Regla graduada
	crecimiento	Altura de tallo	cm	cuantitativa	nominal	Regla graduada
	Crecimiento	Longitud de la hoja más larga	cm	cuantitativa	nominal	Regla graduada
	crecimiento	Numero de hojas por planta	número	cuantitativa	nominal	Libreta de campo
	crecimiento	Longitud de raíz	cm	cuantitativa	nominal	Regla graduada
	rendimiento	Peso fresco de planta	g	cuantitativa	nominal	Balanza digital
	rendimiento	Peso seco de planta	g	cuantitativa	nominal	Balanza digital

1.6. Justificación e importancia.

De acuerdo al trabajo de investigación se plantea encontrar una alternativa orgánica en el sistema hidropónico con raíz flotante, mediante la aplicación del humus liquido de lombriz para mejorar el crecimiento y rendimiento del cultivo de sacha culantro, para reducir el uso de los fertilizantes químicos, que son considerado como no orgánicos y productos tóxicos para el consumo humano.

La especie conocida como sacha culantro es cultivada en la mayoría de regionales tropicales del mundo, debido a que, sus hojas se usan como sazonador en la alimentación por sus peculiares características de olor y sabor.

Esta especie posee un valor alimenticio, medicinal e industrial el cual está adquiriendo un aprovechamiento mayor a nivel nacional. Acapara mercados, por ende, su utilidad de producirlo es mayor a diferencia de otros cultivos tradicionales.

En este sentido y, tomando en cuenta las excelentes bondades de este cultivo, el presente trabajo de investigación pretende evaluar el efecto de diferentes dosis de humus liquido de lombriz sobre los indicadores de crecimiento y rendimiento del sacha culantro con solución nutritiva en un sistema hidropónico.

CAPITULO II.
MARCO TEÓRICO.

2.1. Antecedentes de la investigación.

2.1.1. Antecedentes internacionales.

Tapia (2022), llevó a cabo un ensayo en la provincia de Guayas (Ecuador), para comparar la eficacia de soluciones nutritivas en el rendimiento de lechuga por medio del sistema NFT, bajo un diseño DCA con arreglo factorial variedades x soluciones nutritivas. Los resultados evidenciaron que, en altura de planta y número de hojas por planta a los 60 días, T1 (Variedad. Batavia + Solución nutritiva guanu) tuvo mejor resultado con 27 hojas y 39,8 cm de altura, así como en rendimiento, con 331 g de peso fresco por m^2

Por su parte, Ruiz (2021), evaluó en Pichincha (Ecuador), la eficiencia de la aplicación de dos en tres sistemas de cultivo de lechuga. Los tratamientos fueron 5 soluciones nutritivas: té de estiércol al 2% sin y con enriquecido y bocashi liquido al 5% sin y con enriquecido, además de una solución nutritiva química. Los resultados evidenciaron que, las solución química + sistema de suelo, con 317,43 g de peso fresco y 2.91 g de peso seco, cada uno, demostraron ser las mejores interacciones, mientras que, para densidad radicular, la solución química en sistema hidropónico (HQ) fue mejor, con 7,09 g/ml y, para el pH y conductividad eléctrica, la solución química tuvo mejor efecto con un pH de 6,5 a 7,5 y CE 990 a 1180 ds/m.

De igual modo, Vargas (2021), realizó un ensayo en Oruro (Bolivia), para evaluar el efecto del caldo de humus de lombriz bajo sustrato solido hidropónico en el tomate variedad Cherry, bajo un diseño DCA con 4 tratamientos y 4 repeticiones. Los tratamientos fueron los siguientes: T0 = Solución nutritiva o sintético (Testigo)., T1=1 kg de humus de lombriz en 2 l de agua, T2=1 kg de humus de lombriz en 2 l de agua, T3=1 kg de humus de lombriz en 3 l de agua. Los resultados evidenciaron que, en altura de planta, el (T3) presentó el promedio más alto con 175 cm. Igualmente, el T3 con la dosis 1:4, obtuvo el más alto rendimiento

con 2.05 kg/m^2 y, en comparación al testigo (T0), éste presentó el rendimiento más bajo con 1,54 kg/m^2.

2.1.2. Antecedentes nacionales.

Cruz y Flores (2025), evaluaron en Huacho (Lima), el efecto de dos tipos de bioestimulantes (extractos de algas marinas) más un control y dos niveles de solución nutritiva (100% y 75%), en el rendimiento, contenido foliar de nutrientes y rentabilidad de la lechuga variedad Isabela bajo sistema hidropónico. Los resultados demostraron que, la solución nutritiva al 75% incrementó significativamente el número de hojas y la altura de la planta en comparación con la fertilización al 100%. El extracto de algas marinas tuvo mejor efecto en altura, longitud radicular y rendimiento (32.35 t ha^{-1}). Por otro lado, los tratamientos con solución nutritiva al 100% mostraron mayores contenidos de N, P y K en el contenido foliar y, finalmente, la combinación de fertilización al 75% con extracto de algas marinas mostró una mayor rentabilidad (40.7 % frente al control)

Por su parte, Chambi (2022), evaluó en Puno, el efecto de tres niveles de biol (400, 600 y 800 ml/15 l de agua), en los indicadores biométricos de tres especies (acelga, lechuga y repollo), a nivel de invernadero y con un diseño BCA con arreglo factorial 3 x 3. Los resultados evidenciaron que, en acelga, la solución química tuvo mayor altura (36.7 cm) y número de hojas (9.2), mientras que, en repollo, el tratamiento testigo logró 75.cm de altura y 39.3 hojas por planta. Para la lechuga, la mayor altura (41.6 cm), se reportó con la aplicación de 400 ml/15 L de abono líquido-biol.

A su vez, Muñoz (2020), ejecutó un ensayo en Tingo María (Huánuco), para evaluar el efecto de tres sustratos en mezcla con fibra de coco y cascarilla de arroz en el rendimiento del cultivo de sacha culantro en un sistema hidropónico. Los resultados pusieron en evidencia que, el mejor rendimiento lo obtuvo el tratamiento T4 (Arena 50% + cascarilla arroz 50%), con 1514.8 kg/ha, mientras que, el mejor sustrato fue el tratamiento T3 (Fibra de coco 100%), con 924.46 kg/ha. Asimismo, los tratamientos T3 (Fibra de coco 100%), T7 (Arena 33.3% + cascarilla de arroz

33.3% + fibra de coco 33.3%), T4 (Arena 50% + cascarilla arroz 50%) y T5 (Cascarilla arroz 50%+ fibra de coco 50%), registraron 19.4, 19.4, 19.2 y 19.2 cm de altura, respectivamente, y para el carácter diámetro de planta alcanzaron promedios de 6.77, 6.23, 6.60 y 6.50 mm respectivamente, sin mostrar diferencias estadísticas entre ellos. Sobre el número de hojas por planta, los tratamientos T4, T6, T5 y T3 obtuvieron 30.0, 28.3, 26.1 y 22.4 unidades, respectivamente En longitud de hoja, estos tratamientos alcanzaron sucesivamente, 17.8, 18.5, 17.9 y 18.5 cm, mientras que, no hubo diferencias significativas para la variable ancho de hoja.

2.1.3. Antecedentes locales.

Huaroto (2023), desarrolló un ensayo en la Universidad Nacional de Ucayali (Pucallpa), para evaluar el efecto de cuatro dosis (0, 6, 8, 10 y 12 l de humus líquido de lombriz), en el crecimiento y rendimiento del cultivo de lechuga White Boston en sistema hidropónico. Los resultados demostraron que, aplicando la dosis de 12 litros de humus liquido de lombriz, se logró los mejores promedios para altura de planta, diámetro de cabeza y longitud de raíz, así como en peso fresco y seco de la biomasa total de lechuga

Por su parte, Maldonado (2023), efectuó un ensayo en el Módulo Hidropónico de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Ucayali, para evaluar el efecto de una dosis de humus liquido de lombriz en los indicadores biométricos de cuatro cultivares de lechuga (Seda, White Boston, Crespa y Morada), bajo solución nutritiva con un diseño BCA con tres repeticiones. Los resultados pusieron en evidencia que, con la aplicación de una dosis de humus liquido de lombriz, se logró los mejores valores con la variedad Crespa para altura de cabeza y longitud de hoja (27.2 y 23.9 cm, cada una). Respecto al número de hojas por planta, destacó la variedad Seda (40.3) hojas y para peso fresco de cabeza, sobresalió la variedad Seda, con 97.2 g.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Origen de la especie.

El sacha culantro se originó en el continente americano tropical y las Indias Occidentales, y ahora se cultiva en regiones tropicales como África y Asia. En todo el Caribe, América, Asia, India, Corea del Sur y Singapur, este culantro se utiliza en varias recetas y es relativamente desconocido en los países occidentales (Pabón, 2021).

2.2.2. Clasificación taxonómica.

Sánchez (2021), menciona que, la especie tiene la siguiente clasificación taxonómica:

Reino: Plantae
División: Magnoliopsida
Clase: Magnoliosida
Orden: Apiales
Género: Eryngium
Especie: foetidum
Nombre científico: *Eryngium foetidum*

2.2.3. Descripción botánica.

El sacha culantro es una planta herbácea perenne, bienal, acaulescente, ramificada, glabra. Las raíces son gruesas y se extienden generalmente a menos de 30 cm de distancia del tallo. El tallo es muy corto durante la etapa de crecimiento vegetativo de la planta, pero llega 50 cm de alto en la etapa de producción de flores y semillas. (Morales et al., 2013). Las hojas del sacha culantro son oblanceoladas, es decir, son lanceoladas con el ápice un poco más ancha, los bordes de esta son dentados y generalmente terminan en espina, esta lámina foliar puede medir entre 8 a 30 cm de longitud y 4 cm de ancho. (Shavandi et al., 2012). Su inflorescencia es divaricadamente trifurcada, numerosas

cabezuelas, pequeñas, corto pedunculadas, flores numerosas y el fruto es globoso. La floración del cilantro es característica debido a las densas cabezuelas que presenta con una coloración verde, las cuales se encuentran rodeadas por algunas brácteas espinosas. (Rodríguez, 2014).

2.2.4. Requerimientos edafoclimáticos.

- **Temperatura.**

  El culantro se desarrolla bien en lugares con temperaturas entre 16 y 30 °C, húmedos y en sombra parcial. (Mohammed, 2006).

- **Suelo.**

  Los suelos aptos para su crecimiento deben ser arcillosos, con un pH neutro, con un alto porcentaje de humedad como: suelos inundables, campos al aire libre. (Mohammed, 2006).

- **Precipitación.**

  Se puede desarrollar a una elevada humedad relativa y precipitación pluvial. La sequía prolongada retarda el crecimiento y parece estimular la floración prematura. (Mohammed, 2006).

- **Hidroponía.**

  La hidroponía se expresa como cualquier sistema de cultivo en el que las plantas desarrollen su ciclo vegetativo y reproductivo en ausencia de suelo, aportando una nutrición hídrica por medio de una solución en la que se disuelven los diferentes nutrientes esenciales para su desarrollo. (Alpizar 2004).

  El esquema consiste en una fuente de agua que impulsa por bombeo agua a través del sistema, recipientes, etc., con soluciones madre es decir nutrientes concentrados, cabezales de riego y canales construidos donde están los sustratos o agua, las plantas, los

conductos para aplicación del fertiriego y el recibidor del efluente. (Cajo, 2016).

2.2.5. Sistemas de cultivo hidropónico.

Los sistemas pueden ser cerrados, cuando se recircula la solución nutritiva aportando los nutrientes que consume la planta bajo esta condición, en forma periódica y consistente (Alpizar, 2004).

Son abiertos cuando se usan sistemas de solución abierta o con fugas, donde se tiran los drenajes de la plantación. Este sistema incluye diferentes sistemas de riego por goteo, microtubos, subirrigación, tubos de oxidación, entre otros (Alpizar, 2004).

- **Solución nutritiva.**

  Viene a ser una combinación de nutrientes esenciales que favorecen el crecimiento y desarrollo de las plantas, que se consideran imprescindibles para las plantas. (Correa, 2020). Esta solución en agua contiene elementos como el oxígeno y nutrientes esenciales en forma de iones, quelatos de Fe y para que sean utilizables, debe provenir de una solución real (Resh 2001).

- **pH del agua.**

  Este parámetro es importante porque permite saber la disponibilidad de los nutrientes que se encuentran en la solución nutritiva, y por tanto, de su disponibilidad en las plantas, por lo que se recomienda que debe estar entre 5.5 a 6.5, no obstante, este valor variará dependiendo de las condiciones ambientales, el tipo de cultivo, así como su estado de crecimiento. Para regular el contenido de HCO_3^- y solubilizar al $H_2PO_4^-$, el pH debe de estar entre 5.5 y 6.0 (Resh, 2001).

- **Conductividad eléctrica**

  Es una medida energética de la solución nutritiva, y se recomienda que los valores en los cultivos no debe sobrepasar los niveles de 2 a 3 dS/m (Marulanda e Izquierdo, 1997).

2.2.6. Humus líquido de lombriz.

Es un fertilizante orgánico que, al ser aplicado una carga biológica de millones de microorganismos por gramo, representada por bacterias y hongos y otros organismos como las levaduras, además de sustancias bioquímicas como los ácidos húmicos, fúlvicos, auxinas, giberelinas, aminoácidos, citosinas, garantiza la aceleración y mejora de los procesos fisiológicos de la planta y su nutrición, floración, fructificación y corrige las deficiencias fisicoquímicas de los suelos (Plua,2019)

El humus líquido se caracteriza por un color marrón semitransparente, es inodoro y contiene macronutrientes como nitrógeno (N), potasio (K) y fósforo (P) en cantidades de 0.7 a 0.9 mg / L y otros micronutrientes como el zinc (Zn), magnesio (Mg), hierro (Fe), bromo (Br) y cobre (Cu), que actúan como estimuladores del crecimiento (Celis, 2018)

Este biofertilizante se puede aplicar foliar y directamente al suelo. El uso del humus líquido aplicado foliarmente, permite el bio-control de los patógenos en las plantas al actuar sobre la superficie de las hojas y microbios asociados. También tiene un efecto de supresión debido al amplio espectro de mecanismos, como la resistencia inducida y la inhibición de la germinación de esporas.

Tabla 2.

Características físico-químicas del humus liquido de lombriz.

Concepto	Valor
pH	6.8 – 7.2
Materia Orgánica (%)	25 – 40
Ca CO3 (%)	8.0 – 14.0
Cenizas (%)	27.9 – 67.7
Carbono Orgánico (%)	8.7 – 38.8
Nitrógeno total (%)	1.56
P2O5 total (%)	1.47
K2O total (%)	2.14
CIC (meq/100g de humus)	150 – 300
Ácidos Húmicos/Ácidos fúlvicos.	1.43 – 2.06
Ca Total (%)	2.8 – 8.7
Mg Total (%)	0.2 – 0.5
Mn Total (ppm)	260 – 576
Cu Total (ppm)	85 – 490
Zn Total (ppm)	87 – 404
Capacidad de Retención de Humedad	4,300 cc /litro
Actividad Fitohormonal	1 mg/1 de C.H.S.
Superficie Específica	500 a 750 m^2/litro
Humedad	30 – 40%
Relación C/N	9 - 13
Flora Microbiana	20 a 50 millones/g

Fuente: Ficha técnica de Humus Powers (Mini comercializadora MCM S.A.)

2.3. Definiciones conceptuales.

- **Sacha culantro.**

Es una hierba aromática tropical, también conocida como culantro de monte o siuca culantro, con un sabor similar pero más intenso que el cilantro común.

Se utiliza como condimento en platos amazónicos como sopas, guisos y adobos, y también tiene propiedades medicinales. Su nombre científico es *Eryngium foetidum* y crece de forma silvestre en zonas tropicales, aunque también se cultiva en toda América tropical.

- **Hidroponía.**

La hidroponía es una técnica de cultivo que prescinde del suelo, utilizando en su lugar agua con una solución de nutrientes esenciales para el desarrollo de las plantas. Este método permite cultivar en cualquier espacio, como azoteas o suelos infértiles, y es una alternativa sostenible para la agricultura que ahorra agua y puede producir alimentos de alta calidad.

- **Humus liquido de lombriz.**

El humus de lombriz líquido, también conocido como lixiviado de lombriz, es un fertilizante orgánico líquido que mejora la fertilidad del suelo, la absorción de nutrientes y la salud general de las plantas. Se obtiene del proceso de descomposición de residuos orgánicos por lombrices y se puede aplicar diluido en agua para riego o de forma foliar, beneficiando la estructura del suelo y el desarrollo de las raíces.

- **Solución nutritiva.**

La solución nutritiva hidropónica (SNH) es un medio líquido de crecimiento que combina agua y nutrientes esenciales, en volúmenes y proporciones específicos.

CAPÍTULO III.
METODOLOGÍA.

3.1. Método de investigación.

En el desarrollo del proyecto se aplicó el método científico, como una estrategia para lograr cumplir los objetivos propuestos, mediante una interrelación de las variables en estudio. La aplicación de la lógica y la objetividad al entendimiento de los fenómenos es la base de la fundamentación del método científico (Torres, 2013)

3.2. Tipo y nivel de investigación.

En nuestro caso, se aplicó un tipo de investigación cuantitativo, por cuanto se utilizan las mediciones basadas en una escala de razón e intervalo y por ello, se hace uso de la estadística paramétrica (Torres, 2013).

El nivel de investigación fue aplicado, experimental y se sustenta en la observación de la respuesta de las variables dependientes por el efecto de las variables independientes probadas en el ensayo (Torres, 2013)

3.2.1. Población y muestra.

La población estuvo representada por un total de 300 plantas de sacha culantro, distribuidas a razón de 20 plantas de sacha culantro por cada una de las 15 unidades experimentales, mientras que, para el caso de la muestra, se consideró 6 plantas netas por unidad experimental, siendo en total, 90 plantas evaluadas en todo el ensayo.

3.3. Componentes en estudio.

Los componentes en estudio fueron establecidos, en primer lugar, por la identificación del problema, y en base a ello, se planteó los objetivos e hipótesis

generales y específicas, para después desarrollar la parte metodológica, tomando en cuenta las variables en estudio, tanto independientes como dependientes.

3.4. Tratamientos en estudio.

Las características de los tratamientos, así como su modo de aplicación, se aprecian en la Tabla 3

Tabla 3.

Características de los tratamientos en estudio.

N°	Tratamientos	Modo de aplicación
T0	Aplicación del testigo	Solo se aplicó la solución nutritiva de Hoagland y Arnon al 50%.
T1	Aplicación de 4 Lt de humus de lombriz líquido	Se aplicó 4 litros de humus de lombriz líquido por cada 0,1 m^3 de solución nutritiva de Hoagland y Arnon al 50%.
T2	Aplicación de 6 Lt de humus de lombriz líquido	Se aplicó 6 litros de humus de lombriz líquido por cada 0,1 m^3 de solución nutritiva de Hoagland y Arnon al 50%.
T3	Aplicación de 8 Lt de humus de lombriz líquido	Se aplicó 8 litros de humus de lombriz líquido por cada 0,1 m^3 de solución nutritiva de Hoagland y Arnon al 50%.
T4	Aplicación de 10 Lt de humus de lombriz líquido	Se aplicó 10 litros de humus de lombriz líquido por cada 0,1 m^3 de solución nutritiva de Hoagland y Arnon al 50%.

En el caso de las variables dependientes, se tomó en cuenta lo siguiente

- **Variables dependientes**:

  Indicadores de crecimiento.

  Altura de planta.

  Altura de tallo

Longitud de la hoja más larga

Numero de hojas por planta

Longitud de raíz

Indicadores de rendimiento

Peso fresco por planta

Peso seco por planta

3.5. Diseño experimental.

En el ensayo, se usó el Diseño Completamente al Azar (DCA), con 5 tratamientos y 3 repeticiones, mientras que, para la comparación de medias entre tratamientos, se hizo uso de la prueba de rangos múltiples de Tukey, con 0.05 nivel de significación.

Tabla 4.

Análisis de varianza ANVA.

Fuente de variabilidad	Grados de libertad
Tratamientos	5 – 1 = 4
Error experimental	(5) (3-1) =10
Total	(5) (3) -1 = 14

Modelo matemático:

$$Yij = U + Ti + Eij$$

Donde:

Yij = Variable respuesta de cualquier observación.

U = Media general

Ti = Efecto entre el Ti-esimo tratamiento

Eij = Efecto dentro del T-esimo tratamiento

- **Características del ensayo**

  Largo: 8,0 m

  Ancho: 7,0 m

  Área total: 56,0 m^2

  Numero de plantas por tratamiento:20 plantas

  Número total de unidades experimentales: 15

- **Características de la unidad experimental**

  Largo: 1,0 m

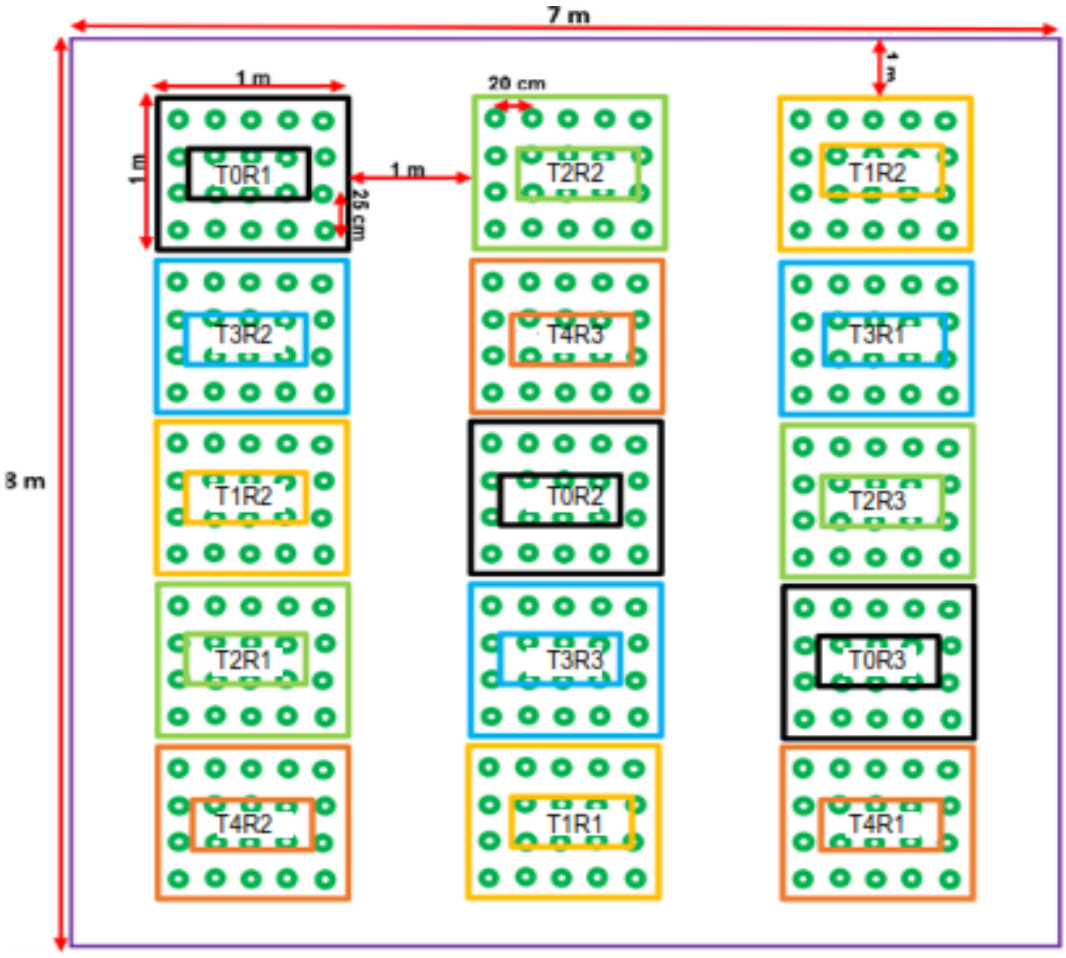
  Ancho: 1,0 m

  Área total: 1,0 m^2

  Número de plantas netas por unidad experimental: 6 plantas.

Figura 1.

Croquis experimental de la parcela.



3.6. Proceso experimental.

3.6.1. Ubicación y duración del ensayo.

El ensayo fue instalado en el Módulo Hidropónico de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Ucayali, ubicado en el km 6.200 de la Carretera Federico Basadre y cuyas coordenadas geográficas son las siguientes:

Latitud : 08º24´25” Sur
Longitud : 74º53´00” Oeste
Altitud : 156.9 msnm.

Figura 2.

Ubicación satelital del ensayo (Fuente Google earth).



La presente investigación se desarrolló en un periodo de ciento y dieciocho (118) días, comprendido entre el 27 de junio hasta el 23 de octubre del 2025, durante este periodo se logró el cumplimiento del cronograma establecido permitió desarrollar eficientemente cada fase prevista, logrando alcanzar los objetivos planteados en el estudio.

3.6.2. Condiciones ambientales.

La clasificación ecológica del ensayo comprende al ecosistema de bosque tropical semi – siempre verde estacional (Aybar *et al*, 2017).

El clima se caracteriza por ser cálido y húmedo, con muy poca variación entre las temperaturas máximas (36,5 ºC) y mínimas (17,4 ºC) durante el año y, los meses de mayor precipitación corresponde a octubre, noviembre, febrero y marzo. La precipitación anual es de 560 mm (promedio de 25 años), con una distribución cuyos rangos de menor precipitación son los meses de junio, julio y agosto.

3.6.3. Ejecución experimental.

- **Preparación del área experimental.**

El área experimental tuvo un área de 7x7 m y una altura de 2.5 m. construida con listones de madera, con techo de malla anti áfidos y plástico al 50% de luminosidad, lo que permitió controlar las condiciones de luz y proteger el área de posibles plagas.

- **Construcción de las mesas.**

Se construyeron tres mesas, cada una con 5 m de largo por 1 m de ancho y con una altura de 1m, puestas de una manera uniforme para el desarrollo del trabajo.

- **Construcción del contenedor.**

Se utilizo láminas de triplay como base. Cada una fue medida de 1m x 1m, empleándose también tablas de madera de 10 cm de ancho, las cuales fueron recortadas a 1 m de longitud y fijadas en los bordes de triplay mediante clavos para formar el marco. Posteriormente, el interior de cada estructura fue revestido con plástico negro para garantizar la impermeabilidad.

En total, se construyeron 15 contenedores con las mismas dimensiones, listos para su uso en el desarrollo del experimento.

- **Perforación del Tecnopor.**

Se procedió a la adquisición y corte de las planchas de Tecnopor con dimensiones de 1m x 1m. posteriormente se realizaron perforaciones utilizando un cúter de 2 cm de diámetro, efectuándose veinte (20) orificios en cada plancha destinada a los contenedores experimentales.

- **Preparación del sustrato y cama germinadora.**

Para la instalación de la cama germinadora se empleó arena fina como sustrato, debido a su buena capacidad de drenaje y aireación. En forma previa, la arena fue desinfectada con hipoclorito de sodio. Una vez desinfectado el sustrato, se procedió a su colocación sobre la bandeja también desinfectada y se esparció el sustrato de manera uniforme.

- **Siembra de las semillas.**

Después de desinfectar el sustrato se realizó la siembra de las semillas del sacha culantro ***(Eryngium foetidum)****,* se realizó un riego ligero y se tapó con una bolsa plática con el fin de mantener la humedad optima del sustrato.

- **Limpieza del módulo de hidroponía.**

Se procedió con el saneamiento integral del área de trabajo, iniciando con la erradicación minuciosa de la maleza mediante un método de extracción manual. Esta medida se implementó para garantizar la esterilidad del espacio adyacente y prevenir cualquier posible competencia biológica o la introducción de fitopatógenos. Tras la culminación de esta actividad de limpieza y desinfección ambiental, se efectuó el traslado e instalación de los módulos de cultivo (cajas) al sitio previamente acondicionado.

- **Prevención de las plagas.**

Se administró el producto fitosanitario Tifón (a una concentración del 5%) como medida profiláctica contra la infestación de hormigas, las cuales pueden actuar como vectores de plagas. La aplicación se focalizó estratégicamente en la interfase suelo-estructura (bases de las mesas) y en la delimitación del invernadero.

- **Preparación de la solución nutritiva.**

Se procedió a preparar las soluciones nutritivas concentradas (A, B, C, D, I, F y J). Los diferentes componentes, que venía granulado, se pesaron con cuidado y luego se disolvieron por separado en agua hasta que quedaron totalmente líquidas. Una vez listas, se guardaron en envases de vidrio para protegerlas y poder usarlas después en los contenedores.

- **Primera aplicación de la solución nutritiva.**

Se aplicó 100 litros de agua en los contenedores y después se aplicó la solución nutritiva al 25%.

- **Trasplante.**

El trasplante a los módulos hidropónicos se efectuó el 18 de agosto del 2025. Inicialmente, se seleccionaron plántulas de características fenotípicas homogéneas de las bandejas de germinación, con el fin de reducir la variabilidad experimental. Para el proceso de extracción, se utilizó una herramienta plana (cuchara) con extrema delicadeza para evitar el daño radicular, y las plántulas fueron inmediatamente trasladadas a un recipiente temporal con agua para minimizar el estrés hídrico. Posteriormente, se envolvió cada planta un soporte inerte (esponja, cortada en cuartos), y luego insertado cuidadosamente en los orificios del soporte flotante de poliestireno (Tecnopor). Este procedimiento se repitió secuencialmente hasta completar la instalación de las 300 unidades.

- **Primera aplicación de Humus de lombriz líquido.**

Se aplicó el 1 de setiembre del 2025, y para ello, se vació el humus líquido de lombriz en un balde la dosis en cada tratamiento y con la ayuda de un palo de madera se removió de forma uniforme cada caja.

- **Segunda aplicación de la solución nutritiva.**

El 17 de setiembre del 2025 se cambió el agua totalmente y se volvió a aplicar 100 litros de agua en los contenedores y después se aplicó la solución nutritiva completa al 50%.

- **Segunda aplicación de humus de lombriz líquido.**

El 17 de setiembre del 2025 también se realizó la aplicación de las dosis de humus de lombriz líquido, se colocó en un balde con medida la dosis correspondiente de cada tratamiento y con la ayuda de un palo de madera se removió de forma uniforme en cada caja.

- **Monitoreo del cultivo de sacha culantro.**

El monitoreo se realizó de forma diaria, lo cual permitió documentar una respuesta fenotípica positiva a las enmiendas orgánicas y nutricionales aplicadas. Se constató un incremento significativo en la producción de biomasa foliar (tasa de foliación) a partir de la segunda aplicación de humus de lombriz. Este efecto se vio reforzado tras la incorporación de la solución nutritiva de Hoagland y Arnold al 50% de su concentración.

También se realizó el movimiento o agitación diaria de la solución nutritiva. Esta acción, efectuada con la ayuda de una varilla de madera, tenía como objetivo generar burbujas de aire e inducir la disolución del oxígeno atmosférico en el medio líquido. Este procedimiento se mantuvo de forma constante desde la implementación del cultivo hasta el día de la cosecha y cada dos días se evaluó la cantidad de solución en los contenedores, para determinar si se necesitaba agregar

agua o no. El volumen de la solución de cada uno de los contenedores se mantuvo a 0,1 m^3.

- **Cosecha.**

El 23 de octubre del 2025 se cosechó las plantas evaluadas a los 66 días después de la siembra, mostrando características propias de la variedad del sacha culantro.

3.6.4. Variables evaluadas.

- **Altura de planta.**

Consistió en medir la altura de la planta de sacha culantro, desde la parte basal hasta el ápice de la planta, para esta labor se usó una regla graduada; este proceso fue ejecutado en forma semanal hasta la cosecha. El resultado fue el promedio de medir 6 plantas por cada unidad experimental hasta finalizar el ensayo. Esta variable fue evaluada en tres oportunidades, a los 20, 35 y 50 días después de la siembra.

- **Altura de tallo.**

Esta evaluación desarrollada a los 50 días después de la siembra, consistió en seleccionar al azar, 6 plantas por unidad experimental y luego, se procedió a medir la altura de tallo, desde la base del suelo hasta el ápice de la planta, con ayuda de una regla graduada y el dato se registró en la base de datos de campo.

- **Longitud de la hoja más larga.**

Esta evaluación desarrollada a los 50 días después de la siembra, consistió en seleccionar al azar, 6 plantas por unidad experimental y luego, se procedió a medir la longitud de la hoja más larga de cada una de las 6 plantas, desde la inserción del tallo hasta el ápice de la hoja seleccionada, con ayuda de una regla

graduada y el dato se registró en la base de datos de campo.

- **Número de hojas por planta.**

Consistió en contabilizar el número de hojas por planta a la cosecha y, con este resultado se obtuvo el promedio del número de hojas por cada una de las 6 plantas seleccionadas por unidad experimental. Esta variable fue evaluada en tres oportunidades, a los 20, 35 y 50 días después de la siembra.

- **Longitud de raíz.**

Se determinó al finalizar el experimento y el resultado fue el promedio obtenido de 6 plantas de cada unidad experimental, midiéndose la longitud de la raíz más larga por planta con ayuda de una regla graduada y el resultado fue expresado en cm. Esta variable fue evaluada en tres oportunidades, a los 20, 35 y 50 días después de la siembra.

- **Peso fresco de planta.**

Esta variable se efectuó al momento de la cosecha, determinándose por separado, tomando en cuenta el peso seco de las hojas y el peso seco de las raíces de 6 plantas por unidad experimental y con la ayuda de una balanza digital.

- **Peso seco de planta.**

Esta variable se evaluó al momento de la cosecha, después de tomado el peso fresco por planta, se colocó por separado hojas y raíces en una estufa a 106ºC por 24 horas y se determinó el peso seco con ayuda de una balanza digital, tomando en cuenta el peso seco de las hojas y el peso seco de las raíces de 6 plantas por unidad experimental y con la ayuda de una balanza digital.

CAPÍTULO IV.
RESULTADOS.

4.1. Altura de planta.

Una vez realizado el análisis de variancia para este indicador de crecimiento a los 20 días después de la siembra, se llegó a determinar diferencias estadísticas altamente significativas para los tratamientos probados, con una suma de cuadrados de 0,93, un cuadrado medio de 0,23, un F calculado de 4,95 y un p (valor) significativo de 0,01, además de un coeficiente de variabilidad de 5, 07 %, considerado aceptable en el ensayo.

Al efectuar la prueba de comparaciones múltiples de Tukey ($p<0.05$) a los 20 días después de la siembra, se encontró que, las aplicaciones de 6, 8 y 10 l de HLL por cada 0.1 m^3 de solución nutritiva de Hoagland y Arnon al 50%, no muestran diferencias estadísticas, con 4.4, 4.5 y 4.4 cm, cada una, pero superiores significativamente al tratamiento de 4 l de HLL y al testigo sin aplicación, quienes registran promedios de 3.9 y 4.1 cm, cada una.

Tabla 5.

Altura de planta de sacha culantro por tratamiento y evaluación.

N°	Tratamientos	Altura de planta (cm)		
		20 dds	35 dds	50 dds
1	Testigo	4.1 b	6.3 a	9.9 c
2	4 l de HLL	3.9 b	7.3 a	10.2 c
3	6 l de HLL	4.4 a	6.7 a	11.2 b
4	8 l de HLL	4.5 a	7.2 a	11.6 b
5	10 l de HLL	4.4 a	8.5 a	13.2 a

(*) letras iguales en la columna indican no hay diferencias estadísticas entre tratamientos

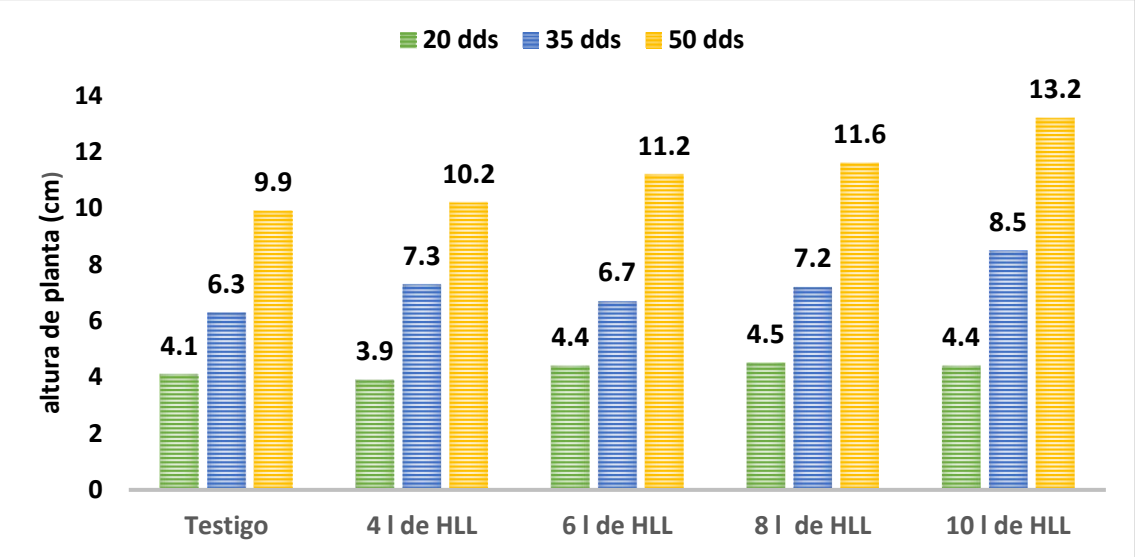
Por otro lado, el análisis de variancia para altura de planta a los 35 días después de la siembra, determinó diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos probados, con una suma de cuadrados de 3.82, un cuadrado medio de 0.95, un F calculado de 1.23 y un p (valor), significativo de 0.03, con un coeficiente de

variabilidad de 12.31 %, considerado dentro del rango de aceptación en este tipo de ensayos bajo control ambiental.

En este sentido, la prueba de Tukey ($p<0.05$), a los 35 días después de la siembra, determinó la superioridad de la aplicación de las dosis 10, 4 y 8 l de HLL por cada 0.1 m^3 de solución nutritiva de Hoagland y Arnon al 50%, con una altura de 8.5, 7.3 y 7.2 cm, cada una, seguidas de la dosis de 6 l de HLL y el tratamiento testigo, 6.7 y 6.3 cm, respectivamente.

Figura 3.

Altura de planta de sacha culantro por tratamiento y evaluación.



Nota. Se observan diferencias significativas entre los tratamientos

De manera similar a los resultados anteriores, el análisis de variancia para altura de planta a los 50 días después de la siembra, encontró diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos probados, con una suma de cuadrados de 27.76, un cuadrado medio de 6.94, un F calculado de 1.68 y un p (valor), solo significativo de 0.023, con un coeficiente de variabilidad de 18.77 %, considerado dentro del rango de aceptación en este tipo de ensayos bajo control ambiental

La correspondiente prueba de rangos múltiples de Tukey ($p<0.05$) a los 50 días después de la siembra, detectó que, estadísticamente, el tratamiento donde se aplicó 10 l de humus liquido de lombriz por cada 0.1 m^3 de solución nutritiva de

Hoagland y Arnon al 50%, registró el mayor promedio en altura de planta, con 13.2 cm, seguido de las aplicaciones de 8 y 6 l de HLL, quienes sucesivamente registraron promedios de altura de planta de 11.6 y 11.2 cm, mientras que, el tratamiento con la menor dosis y el testigo, obtuvieron, sucesivamente 10.2 y 9.9 cm de altura, sin ser distintas significativamente.

4.2. Altura de tallo.

Esta variable fue evaluada a los 50 días después de la siembra, encontrándose diferencias altamente significativas entre tratamientos, con una suma de cuadrados de 10.16, un cuadrado medio de 2.54, un F calculado de 16.49 y un p (valor) altamente significativo de 0.007, con un coeficiente de variabilidad de 5.68 %, considerado dentro del rango de aceptación en este tipo de ensayos bajo control ambiental

En esta evaluación, la respectiva prueba de comparaciones de Tukey ($p<0.05$), a los 50 días después de la siembra, determinó la superioridad del tratamiento donde se aplicó 10 l de humus liquido de lombriz por cada 0.1 m^3 de solución nutritiva de Hoagland y Arnon al 50%, con una altura de tallo de 11.96 cm, aun cuando no muestra diferencias estadísticas con las aplicaciones de 8 y 6 l de HLL, quienes registraron 11.73 y 11.06 cm, cada uno, quedando en los últimos lugares, la aplicación de 4 l de HLL y el testigo, con 10.63 y 9.66 cm de altura de tallo, respectivamente

Tabla 6.

Altura de tallo y longitud de hoja por tratamiento y por evaluación.

N°	Tratamiento	Altura de tallo (cm)	Longitud de hoja más larga (cm)
1	Testigo	9.66 c	18.0 b
2	4 l de HLL	10.63 b	18.5 b
3	6 l de HLL	11.06 a	19.4 a
4	8 l de HLL	11.73 a	19.6 a
5	10 l de HLL	11.96 a	20.2 a

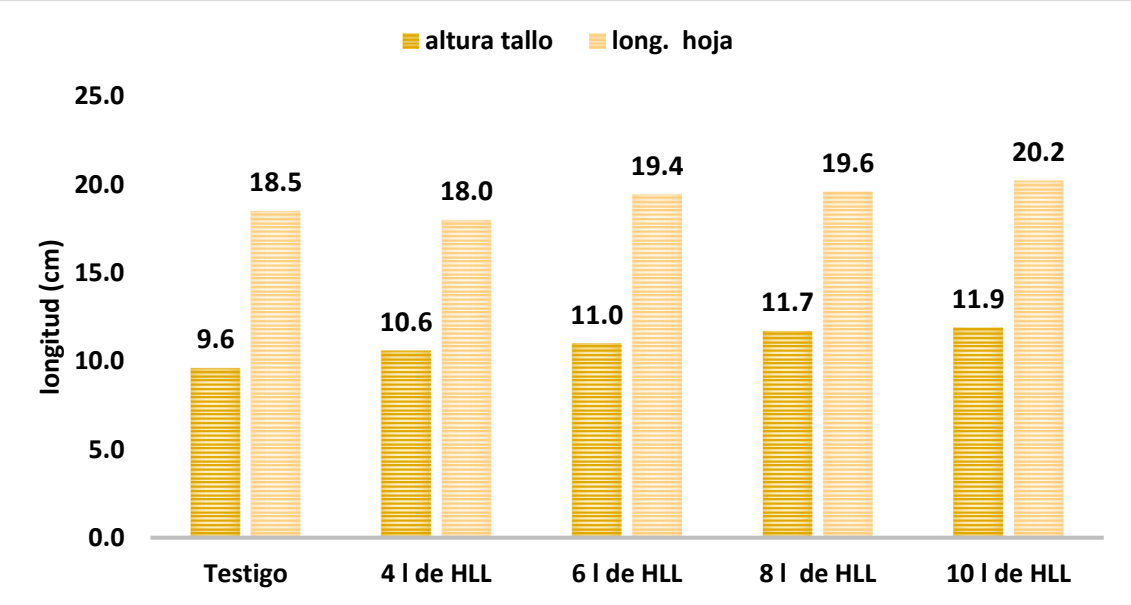
(*) letras iguales en la columna indican no hay diferencias estadísticas entre tratamientos

4.3. Longitud de la hoja más larga por planta.

El análisis de variancia de esta variable que fue evaluada a los 50 días después de la siembra, determinó la existencia de diferencias estadísticas solo significativas entre tratamientos, con una suma de cuadrados de 9.56, un cuadrado medio de 2.39, un F calculado de 2.13 y un p (valor) significativo de 0.015, con un coeficiente de variabilidad de 5.52 %, considerado dentro del rango de aceptación en este tipo de ensayos bajo control ambiental

Figura 4.

Longitud de tallo y longitud de la hoja más larga por tratamiento.



Nota: Existen diferencias por la aplicación de las dosis más altas de HLL

En este sentido, la prueba de Tukey ($p<0.05$), detectó la superioridad estadística de los tratamientos donde se aplicó las dosis de 10, 8 y 6 l de HLL, por cada 0.1 m^3 de solución nutritiva de Hoagland y Arnon al 50%, con 20.2, 19.6 y 19.4 cm, respectivamente, mientras que, la dosis más baja de HLL y el testigo, obtuvieron sucesivamente, 18.5 y 18.0 cm de longitud de la hoja más larga por planta.

4.4. Número de hojas por planta.

Cuando se efectuó el análisis de variancia para este indicador biométrico a los 20 días después de la siembra, se determinó que, no existe diferencias estadísticas entre las aplicaciones del biofertilizante líquido frente al testigo, con una suma de cuadrados de 0.64, un cuadrado medio de 0.16, un F calculado de 2.01 y un p(valor) no significativo de 0.16, con un coeficiente de variación de 6.40 %, aceptable para este tipo de ensayos bajo condiciones ambientales controladas.

La correspondiente prueba de comparaciones múltiples de Tukey ($p<0.05$) en esta variable a los 20 días después de la siembra, determinó sólo la superioridad numérica de las aplicaciones de 6, 8 y 10 l de humus liquido de lombriz por cada 0.1 m^3 de solución nutritiva de Hoagland y Arnon al 50%, con promedios de 4.6, 4.5 y 4.4 hojas por planta, mientras que, cuando se aplicó 4 l de HLL, se registró el menor valor con 4.0 hojas por planta de sacha culantro.

Aun así, al desarrollarse el análisis de variación en la segunda evaluación efectuada a los 35 días después de la siembra, determinó la existencia de diferencias estadísticas entre las aplicaciones del biofertilizante líquido frente al testigo, con una suma de cuadrados de 1.79, un cuadrado medio de 0.44, un F calculado de 0.69 y un p(valor) solo significativo con 0.04, además de un coeficiente de variación de 10.21 %, aceptable para este tipo de ensayo, llevado a cabo en condiciones ambientales controladas.

Tabla 7.

Número de hojas por planta por tratamiento y por evaluación.

N°	Tratamientos	Numero de hojas por planta		
		20 dds	35 dds	50 dds
1	Testigo	4.4 a	6.8 b	18.6 b
2	4 l de HLL	4.1 a	7.1 b	19.8 b
3	6 l de HLL	4.7 a	7.1 b	24.7 a
4	8 l de HLL	4.6 a	7.6 a	25.4 a
5	10 l de HLL	4.4 a	7.9 a	25.8 a

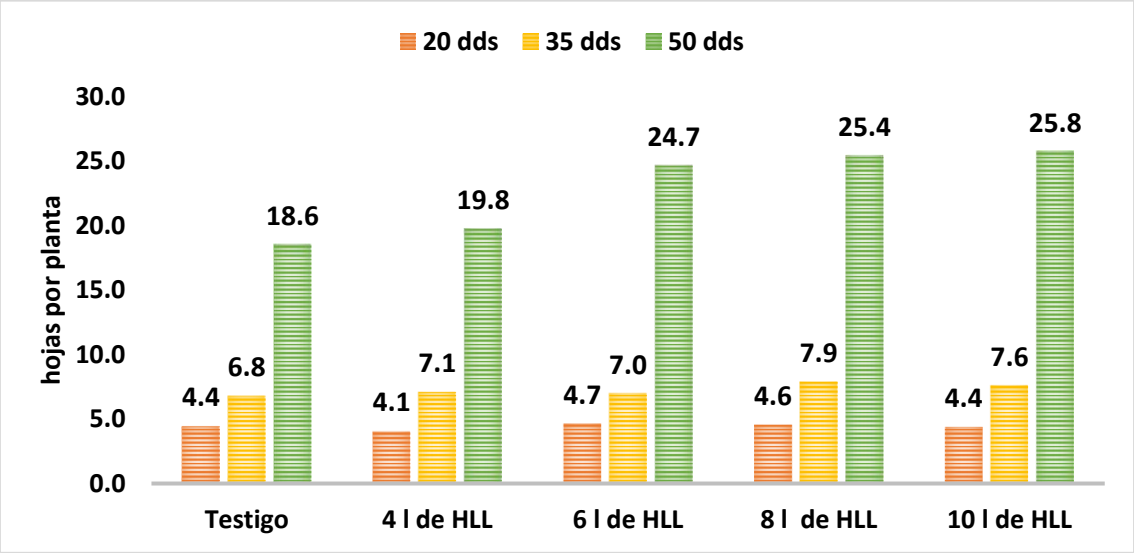
(*) letras iguales en la columna indican no hay diferencias estadísticas entre tratamientos

De este modo, la respectiva prueba de comparaciones múltiples de Tukey ($p<0.05$) en esta variable, a los 35 días después de la siembra, determinó la superioridad estadística de las aplicaciones de 10 y 8 l de HLL por cada 0.1 m^3 de solución nutritiva de Hoagland y Arnon al 50%, con 7.9 y 7.6 hojas por planta, seguidas de las aplicaciones de 6 y 4 l de HLL, así como por el testigo, con 7.1, 7.1 y 6.8 hojas por planta de sacha culantro, respectivamente.

En idéntica forma, una vez desarrollado el análisis de variación sobre el indicador de crecimiento hojas por planta efectuado a los 50 días después de la siembra, también se determinó que hubo diferencias estadísticas entre las aplicaciones del biofertilizante líquido frente al testigo, con una suma de cuadrados de 139.59, un cuadrado medio de 34.89, un F calculado de 1.34 y un p(valor), solo significativo de 0.03, además de un coeficiente de variación de 12.37 %, considerado aceptable para este tipo de ensayo, llevado a cabo en condiciones ambientales controladas.

Figura 5.

Número de hojas por planta por tratamiento y por evaluación.



Nota: el incremento más visible en la variable se da a 50 días de la siembra

En este sentido, se aprecia la superioridad estadística de las aplicaciones de 10, 8 y 6 l de HLL por cada 0.1 m^3 de solución nutritiva de Hoagland y Arnon al 50%, con 25.8, 25.4 y 24.7 hojas por planta, sobre la menor dosis de HLL y el tratamiento testigo, quienes sucesivamente registraron promedios de 19.8 y 18.6 hojas por planta de sacha culantro.

4.5. Longitud de raíz.

El análisis de variancia para la variable longitud de raíz efectuado a los 20 días después de la siembra, determinó diferencias estadísticas entre las aplicaciones del biofertilizante líquido frente al testigo, con una suma de cuadrados de 39.25, un cuadrado medio de 9.81, un F calculado de 4.29 y un p(valor) significativo de 0.02, además de un coeficiente de variación de 10.18 %, considerado aceptable para este tipo de ensayos

De este modo, la respectiva prueba de comparaciones múltiples de Tukey ($p<0.05$) en esta variable, a los 20 días después de la siembra, determinó la superioridad estadística de las aplicaciones de 10, 8 y 6 l de HLL por cada 0.1 m^3 de solución nutritiva de Hoagland y Arnon al 50%, con 16.9, 15.7 y 15.5 cm de longitud de raíz, cada uno, mientras que, cuando se aplicó 4 l de HLL y el testigo, se logró 13.6 y 12.4 cm de longitud de raíz, respectivamente.

Tabla 8.

Longitud de raíz por planta por tratamiento y por evaluación.

N°	Tratamientos	Longitud de raíz (cm)		
		20 dds	35 dds	50 dds
1	Testigo	12.4 b	22.4 c	27.8 c
2	4 l de HLL	13.6 b	24.9 b	28.9 c
3	6 l de HLL	15.5 a	25.0 b	31.4 b
4	8 l de HLL	15.7 a	25.2 b	33.3 a
5	10 l de HLL	16.9 a	27.7 a	34.3 a

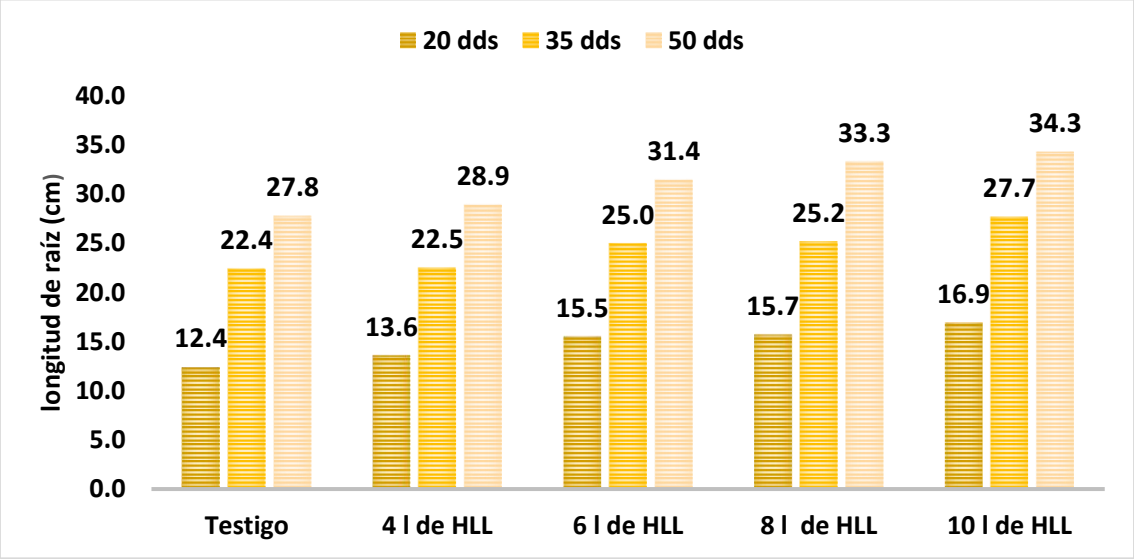
(*) letras iguales en la columna indican no hay diferencias estadísticas entre tratamientos

Del mismo modo, a los 35 días después de la siembra, el análisis de variancia para longitud de raíz, detectó diferencias estadísticas entre tratamientos, con una suma de cuadrados de 42.26, un cuadrado medio de 10.56, un F calculado de 2.18 y un p(valor) solo significativo de 0.04, además de un coeficiente de variación de 8.77 %, considerado aceptable para este tipo de ensayos

Por ello, la correspondiente prueba de comparaciones múltiples de Tukey ($p<0.05$) en esta variable, a los 35 días después de la siembra, determinó la superioridad estadística de la aplicación de 10 l de HLL por cada 0.1 m^3 de solución nutritiva de Hoagland y Arnon al 50%, con 27.7 cm, por encima de las aplicaciones de 8, 6 y 4 l de HLL, con promedios de 25.2, 25.0 y 24.9 cm de longitud de raíz, cada uno, mientras que, el tratamiento testigo ocupó el último lugar, registrando 22.4 cm de longitud de raíz en esta evaluación.

Por otro lado, el análisis de variancia para longitud de raíz desarrollado a los 50 días después de la siembra, también determinó que, hubo diferencias estadísticas entre tratamientos, con una suma de cuadrados de 93.85, un cuadrado medio de 23.46, un F calculado de 1.77 y un p(valor) sin significancia de 0.21, además de un coeficiente de variación de 11.70 %, considerado aceptable para este tipo de ensayos desarrollado en el Módulo de Hidroponía

Figura 6.
Longitud de raíz de sacha culantro por tratamiento y evaluación.



En este sentido, se aprecia la superioridad estadística de las aplicaciones de 10 y 8 l de HLL por cada 0.1 m^3 de solución nutritiva de Hoagland y Arnon al 50%, con 34.3 y 33.3 cm de longitud de raíz, cada uno, mientras que, con las dosis de 6 y 4 l de HLL y el testigo, solo reportaron promedios de 31.4,28.9 y 27.8 cm de longitud de raíz, respectivamente.

4.6. Peso fresco por planta.

La evaluación del peso fresco por planta se determinó a los 50 días después de la siembra, tomando en cuenta por separado, el peso fresco de hojas por planta y el peso fresco de raíces por planta.

En el primero caso, el análisis de variancia del peso fresco de hojas por planta, determinó diferencias estadísticas entre tratamientos, con una suma de cuadrados de 41386.60, un cuadrado medio de 10346.65, un F calculado de 3.26 y un p(valor) sólo significativo de 0.05, además de un coeficiente de variación de 19.25 %, considerado moderadamente aceptable para este tipo de ensayos desarrollado en el Módulo de Hidroponía.

Tabla 9.

Peso fresco por planta de sacha culantro por tratamiento.

N°	Tratamientos	Peso fresco (g)		
		hojas	raíces	planta
1	Testigo	120.5 c	38.7 b	159.2 c
2	4 l de HLL	151.9 c	37.3 b	189.2 c
3	6 l de HLL	194.6 b	43.6 a	238.2 b
4	8 l de HLL	227.9 b	43.7 a	271.6 b
5	10 l de HLL	268.0 a	50.5 a	318.6 a

(*) letras iguales en la columna indican no hay diferencias estadísticas entre tratamientos

Por otro lado, para el caso del peso fresco de raíces por planta, el análisis de variancia reportó diferencias estadísticas entre tratamientos, con una suma de cuadrados de 325.39, un cuadrado medio de 181.34, un F calculado de 2.54 y un

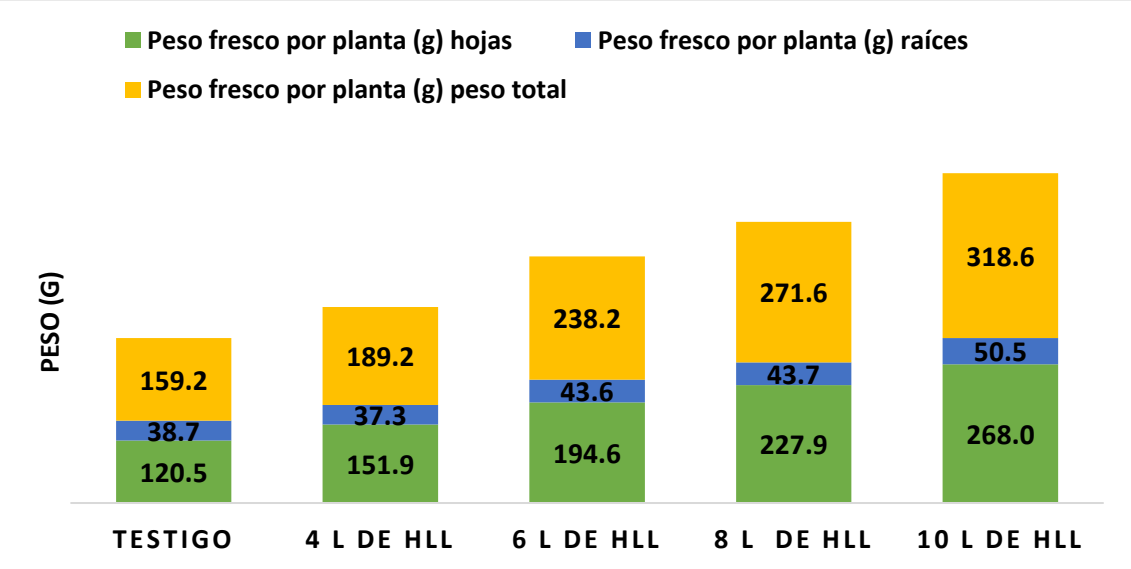
p(valor) solo significativo de 0.04, además de un coeficiente de variación de 13.23 %, considerado aceptable para este tipo de ensayos desarrollado en los ambientes del Módulo de Hidroponía

La correspondiente prueba de comparaciones de Tukey ($p<0.05$), destaca la superioridad estadística de las aplicaciones de 10, 6 y 8 l de HLL por cada 0.1 m^3 de solución nutritiva de Hoagland y Arnon al 50%, con 50.5, 43.7 y 43.6 g de peso fresco de raíces, mientras que, el testigo y la dosis más baja de HLL, fueron inferiores significativamente, con promedios de 38.6 y 37.3 g de peso fresco de raíces de sacha culantro

Asimismo, se desarrolló el análisis de variancia para el peso fresco total por planta, encontrándose diferencias estadísticas entre tratamientos, con una suma de cuadrados de 48816.32, un cuadrado medio de 12204.08, un F calculado de 3.24 y un p (valor) solo significativo de 0.05, además de un coeficiente de variación de 26.07 %, considerado aceptable para este tipo de ensayos desarrollado en los ambientes del Módulo de Hidroponía

Figura 7.

Peso fresco por planta de sacha culantro por tratamiento.



De este modo, la prueba de medias de Tukey ($p<0.05$), evidencio la superioridad estadística de la aplicación de 10 l de HLL por cada 0.1 m^3 de solución nutritiva de Hoagland y Arnon al 50%, con 318.6 g, seguido de las aplicaciones de 8 y 6 l de HLL, quienes lograron 271.6 y 238.2 g de peso fresco total por planta, mientras que, la dosis más baja del HLL y el testigo, registraron los menores resultados con 189.2 y 159.2 g, respectivamente.

4.7. Peso seco por planta.

La evaluación del peso seco por planta se determinó por separado a los 50 días después de la siembra, tomando en cuenta el peso seco de hojas por planta y el peso seco de raíces por planta.

En el caso del peso seco de hojas por planta, el análisis de variancia determinó diferencias entre tratamientos, con una suma de cuadrados de 336.36, un cuadrado medio de 84.09, un F calculado de 3.18 y un p(valor) sólo significativo de 0.04, además de un coeficiente de variación de 13.23 %, considerado aceptable para este tipo de ensayos desarrollado en los ambientes del Módulo de Hidroponía.

Hecha la prueba de medias de Tukey ($p<0.05$), para peso seco de hojas por planta, se evidencio la superioridad estadística de la aplicación de 10 l de HLL, con 318.6 g, seguido de las aplicaciones de las dosis de 8 y 6 l de HLL por cada 0.1 m^3 de solución nutritiva de Hoagland y Arnon al 50%, quienes lograron 271.6 y 238.2 g de peso fresco total por planta, mientras que, la dosis más baja del HLL y el testigo, registraron los menores resultados con 189.2 y 159.2 g, respectivamente.

La evaluación del peso seco por planta se determinó por separado a los 50 días después de la siembra, tomando en cuenta el peso seco de hojas por planta y el peso seco de raíces por planta.

Tabla 10.

Peso seco por planta de sacha culantro por tratamiento.

N°	Tratamientos	Peso seco (g)		
		hojas	raíces	planta
1	Testigo	26.8 c	16.5 b	43.3 c
2	4 l de HLL	33.3 b	16.5 b	49.8 b
3	6 l de HLL	34.3 b	16.5 b	50.8 b
4	8 l de HLL	37.9 a	16.9 b	54.8 a
5	10 l de HLL	40.8 a	17.7 a	58.5 a

(*) letras iguales en la columna indican no hay diferencias estadísticas entre tratamientos

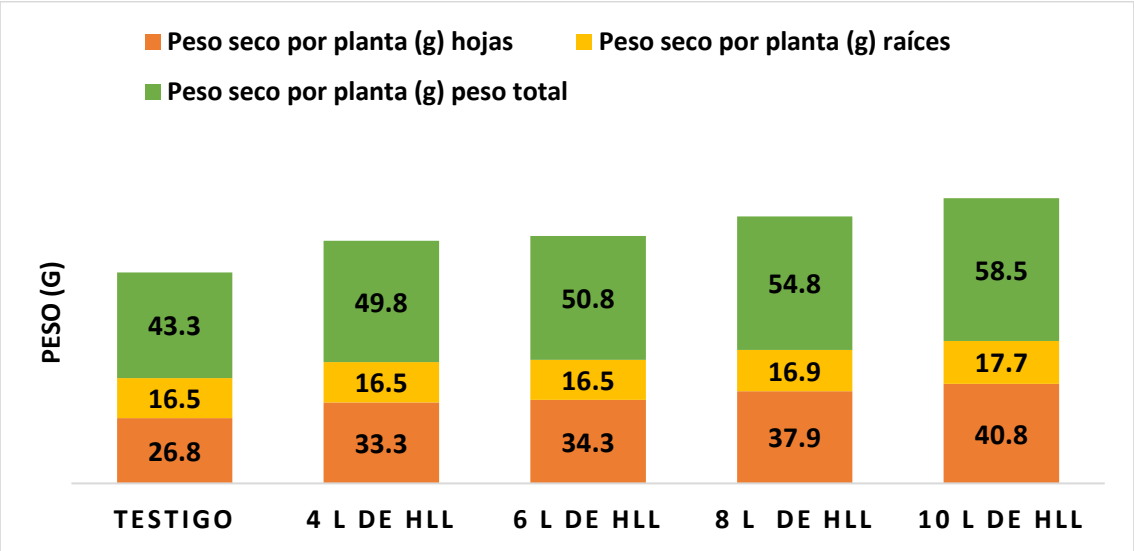
Para la variable peso seco de raíces, el análisis de variancia determinó diferencias entre tratamientos, con una suma de cuadrados de 3.19, un cuadrado medio de 0.79, un F calculado de 2.56 y un p(valor) sólo significativo de 0.03, además de un coeficiente de variación de 3.32 %, considerado aceptable para este tipo de ensayos desarrollado en los ambientes del Módulo de Hidroponía

La respectiva prueba de comparaciones de Tukey ($p<0.05$), destaca la superioridad de las aplicaciones de 10 l de HLL por cada 0.1 m^3 de solución nutritiva de Hoagland y Arnon al 50%, con 17.7 g de peso seco de raíces, mientras que, cuando se aplicó 8, 6, y 4 l de HLL, se obtuvo, sucesivamente 16.9, 16.5 y 16.5 g de peso seco de raíces, dejando en el último lugar al tratamiento testigo con 16.5 g, sin ser significativamente diferente a los tratamientos mencionados.

Hecha la prueba de medias de Tukey ($p<0.05$), para peso seco de hojas por planta, se evidencio la superioridad estadística de la aplicación de 10 l de HLL, con 318.6 g, seguido de las aplicaciones de las dosis de 8 y 6 l de HLL por cada 0.1 m3 de solución nutritiva de Hoagland y Arnon al 50%, quienes lograron 271.6 y 238.2 g de peso fresco total por planta, mientras que, la dosis más baja del HLL y el testigo, registraron los menores resultados con 189.2 y 159.2 g, respectivamente.

Figura 8.

Peso seco por planta de sacha culantro por tratamiento.



Para la variable peso seco total por planta, el análisis de variancia determinó diferencias entre tratamientos, con una suma de cuadrados de 386.98, un cuadrado medio de 96.74, un F calculado de 3.23 y un p(valor) sólo significativo de 0.04, además de un coeficiente de variación de 10.63 %, considerado aceptable para este tipo de ensayos desarrollado en los ambientes del Módulo de Hidroponía

La prueba de comparaciones de medias de Tukey ($p<0.05$), para el peso seco total por planta de sacha culantro, determinó la superioridad estadística de las aplicaciones de 10 y 8 l de HLL por cada 0.1 m^3 de solución nutritiva de Hoagland y Arnon al 50%, quienes, sin mostrar diferencias entre ellas, registraron 58.5 y 54.8 g de peso seco total, mientras que, con las dosis de 6 y 4 l de HLL, se obtuvo 50.8 y 49.8 l de HLL, dejando en la última posición al testigo, con 43.3 g de peso seco total por planta.

CAPÍTULO V.
DISCUSIÓN.

5.1. Altura de planta.

Esta variable es un indicador de crecimiento que se encuentra influenciado por la interacción genotipo-ambiente y, en nuestro caso, la mayor dosis de humus liquido de lombriz (10 l) por cada 0.1 m^3 de solución nutritiva de Hoagland y Arnon al 50 %, tuvo un efecto significativo, logrando registrar 13.2 cm de altura, similar a los que obtuvieron Muñoz (2020), en Tingo María, cuando evaluó el efecto de tres sustratos en mezcla con fibra de coco y cascarilla de arroz en el cultivo de sacha culantro, obtuvo en promedio una altura de planta de 14,1 cm, cuando aplicó fibra de coco al 100 %, mientras que, Huayhua (2023), en Tingo María, logró plantas de sacha culantro de 16,5 cm de altura de planta, aplicando sulfito de potasio en tres densidades de siembra de sacha culantro

5.2. Longitud de hoja.

La longitud de hoja responde a las características que tiene la planta desde un punto de vista genético-ambiental y en nuestro caso, la mejor respuesta se reflejó con la aplicación de 10 l de humus liquido de lombriz por cada 0,1 m^3 de solución nutritiva de Hoagland y Arnon al 50%, con 20.2 cm, similar a los que registraron, por un lado, Muñoz (2020), en Tingo María, cuando evaluó el efecto de tres sustratos en mezcla con fibra de coco y cascarilla de arroz en el cultivo de sacha culantro, obtuvo en promedio una longitud de hoja de 17.8 cm, cuando aplicó fibra de coco al 100 %, mientras que, Huayhua (2023), en Tingo María, logró plantas de sacha culantro con una longitud de hoja de 16,8 cm, aplicando una dosis de sulfito de potasio en tres densidades de siembra.

5.3. Número de hojas por planta.

Para esta evaluación, la aplicación de la dosis de 10 l de humus liquido de lombriz por cada 0.1 m^3 de solución nutritiva de Hoagland y Arnon al 50%, tuvo la mayor cantidad de hojas por planta, con 25.8 unidades, mientras que, Muñoz

(2020), en Tingo María, obtuvo en promedio 30 hojas por planta, al evaluar el efecto de tres sustratos en mezcla con fibra de coco y cascarilla de arroz en el cultivo de sacha culantro, mientras que, Huayhua (2023) en Tingo María, logró hasta 18,2 hojas por planta, aplicando una dosis de sulfito de potasio en tres densidades de siembra.

5.4. Longitud de raíz.

Bajo las condiciones de ejecución del ensayo, se logró una mayor longitud de raíz (34, 3 cm), cuando se aplicó 10 l de humus liquido de lombriz por cada 0,1 m^3 de solución nutritiva de Hoagland y Arnon al 50%, mientras que, en otros ensayos similares, se reportan promedios de longitud de raíz de 10,96 cm, aplicando una dosis de sulfito de potasio en tres densidades de siembra.

5.5. Peso fresco y seco por planta.

Los mejores promedios para esta variable en el ensayo fueron logrados mediante la aplicación de la dosis de 10 l de humus liquido de lombriz por cada 0,1 m^3 de solución nutritiva de Hoagland y Arnon al 50%, con 318,6 y 58,5 g de peso fresco y seco por planta, respectivamente, mi9entras que, Huayhua (2023), en Tingo María (Huánuco), registró 30,34 y 4,38 g de peso fresco y seco de plantas de sacha culantro, cada uno, cuando aplicó sulfito de potasio en tres densidades de siembra.

CAPITULO VI.
CONCLUSIONES.

De acuerdo a los objetivos del proyecto, se concluye:

- Se determinó la respuesta a la aplicación de cuatro dosis de humus líquido de lombriz (4, 6, 8 y 10 l de HLL), en los indicadores de crecimiento y rendimiento del cultivo de sacha culantro en solución nutritiva bajo un sistema hidropónico

- Mediante la aplicación de la dosis de 10 l de humus liquido de lombriz por cada 0,1 m^3 de solución nutritiva de Hoagland y Arnon al 50%, se registró a los 50 días después de la siembra del cultivo de sacha culantro, los promedios más altos en altura de planta (13,2 cm), altura de tallo (11,96 cm), longitud de la hoja más larga (20,2 cm), número de hojas por planta (25,8 unidades) y longitud de raíz (34,3cm)

- Con la aplicación de la dosis de 10 l de HLL por cada 0,1 m^3 de solución nutritiva de Hoagland y Arnon al 50%, se logró registrar a los 50 días después de la siembra del cultivo de sacha culantro, los promedios más altos en peso fresco por planta (318,6 g) y peso seco por planta (58,5 g).

CAPÍTULO VII.
RECOMENDACIONES.

Tomando en cuenta las conclusiones del ensayo, se recomienda**:**

- Continuar probando este tipo de ensayos bajo cultivo hidropónico en solución nutritiva, tomando en cuenta la mejor dosis de humus liquido de lombriz que tuvo efecto sobre el crecimiento y productividad del cultivo de sacha culantro.

- Desarrollar investigaciones para determinar el efecto de diferentes dosis de humus liquido de lombriz en otras hortalizas de hoja, bajo cultivo hidropónico en solución nutritiva

- Tomar en cuenta el análisis económico de los costos de producción de la aplicación del humus liquido de lombriz y el nivel de rendimiento del sacha culantro, bajo cultivo hidropónico en solución nutritiva

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

Alpizar, L. (2004). Hidroponía, cultivo sin tierra. Editorial tecnológica de Costa Rica. Cartago. Costa Rica. 104p.

Celis, A., (2018). Efectos del Té de humus más dosis uniforme de vacaza, en *Brachiaria brizantha* ¨marandu¨ en Yurimaguas, Perú - 2018. Disponible: http://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/6284/Alexis_Tesis_T%C3%ADtulo_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Chambi, M. (2022). Producción hidropónica utilizando Abono Líquido – Biol, en cultivos de acelga, repollo y lechuga en condiciones de invernadero. Tesis de grado. Universidad Nacional del Altiplano Puno. Disponible: https://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14082/19290/Chambi_Alarcon_Marisol_Sheyla.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Correa, L., (2020). Comparación de dos sistemas hidropónicos NFT en el cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.), Guayaquil. Tesis de Grado. Universidad Agraria del Ecuador, Guayaquil

Cruz, R. & Flores, F. (2025). Optimización del rendimiento y rentabilidad del cultivo de lechuga 'Isabela' en condiciones de hidroponía mediante el uso de bioestimulantes y soluciones nutritivas. Tesis de grado. Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión. Huacho – Perú. Disponible: https://repositorio.unjfsc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14067/11500/TESIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Huaroto, Y. (2023). Efecto de cuatro dosis del humus liquido de lombriz en el crecimiento y rendimiento del cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) en sistema hidropónico en Pucallpa. Tesis. Universidad Nacional de Ucayali. Disponible:https://apirepositorio.unu.edu.pe/server/api/core/bitstreams/4c8aceec-8f47-4d2b-8975-df4cff000d69/content

Maldonado, S. (2023). Efecto de la aplicación de una dosis de humus liquido de lombriz en el crecimiento y rendimiento de cuatro variedades de lechuga *(Lactuca sativa* L.) cultivadas en solución nutritiva en Pucallpa – Ucayali, 2023. Tesis de grado. Universidad Nacional De Ucayali. Disponible: https://apirepositorio.unu.edu.pe/server/api/core/bitstreams/2348e18b-ccdf-4285-bb71-5aebec5afbc6/content

Marulanda, C. & Izquierdo, J. (1997). La huerta hidropónica popular. 2da ed. Oficina Regional de la FAO para América Latina y El Caribe. Santiago.Chile.118 p.

Mohammed, A. (2006). Good Agricultural Practices Shado Beni Production. Compendia IICA Office in Trinidad and Tobago, Ministry of Agriculture, Land and Marine Resources. Disponible: http://www.namistt.com/DocumentLibrary/Production%20Profiles/GAP%20SHADON%20BENI.pdf

Morales, J., Brunener, B., Flores, L., & M., S. (2013). Culantro orgánico. Hoja Informativa, Estación Experimental de Lajas, Departamento de Cultivos y Ciencias Agroambientales. Disponible: http://prorganico.info/culantro.pdf

Muñoz, E. (2020). Rendimiento del cultivo de sacha culantro (Eryngium foetidum L.) en un sistema hidropónico con tres sustratos en Tingo María. Tesis de grado. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María. Disponible: https://repositorio.unas.edu.pe/server/api/core/bitstreams/c3a22a94-7bfb-489f-baf4-1b86a4f32433/content

Pabón, E. (2021). Desarrollo del cubo sazonador a base de chillangua (*Eryngium foetidum* L.) como alternativa de condimento natural para público en general. Guayaquil. Consultado en línea 12 de octubre del 2025. Disponible:https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/PABON%20PRECIADO%20EDILMA.pdf

Plua, J., (2019). Producción de girasoles (*Helianthus annuus* L.) con características ornamentales con la aplicación de cuatro tipos de abonos orgánicos. Universidad Agraria del Ecuador (tesis de grado).

Resh, H. (2001). Cultivos hidropónicos, nuevas técnicas de producción. 5ta ed. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. España. 558 p. Disponible https://editorial.tirant.com/es/libro/cultivos-hidroponicos-nuevas-tecnicas-de-produccion-9788484760054

Rodríguez, J. (2014). Estructura química y actividad antioxidante *in vitro* del aceite esencial de *Eryngium foetidum* L. "siuca culantro". Tesis UNMSM. Disponible: https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/3796

Ruiz, C. (2021). Evaluación de dos biofertilizantes (Bocashi líquido, te de estiércol) en tres sistemas de cultivo en lechuga (*Lactuca sativa* L.), Alangasi – Pichincha. Tesis de grado. Universidad Técnica de Cotopaxi. Disponible: https://repositorio.utc.edu.ec/server/api/core/bitstreams/ba6fa07b-2ca1-463d-952d-6929b3c36320/content

Sánchez, W. (2021). Caracterización físico química de las hojas de culantro (*Eryngium foetidum*) deshidratadas de forma natural y artificial para su aplicación como condimento. Quevedo. Obtenido de https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/6460/1/T-UTEQ-131.pdf

Shavandi, M. A., Haddadian, Z., & Ismail, M. H. S. (2012). Eryngium Foetidum L. Coriandrum Sativum and Persicaria Odorata L.: A Review. Journal of Asian Scientific Research, 2(8), Art. 8.

Tapia, J. (2022). Eficacia de soluciones nutritivas en la productividad de variedades de lechuga Lactuca sativa L. mediante el sistema NFT. Tesis de grado. Universidad Agraria del Ecuador. Guayaquil - Ecuador. Disponible.https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/TAPIA%20VELA%20JEFFERSON%20AUGUSTO.pdf

Vargas, E. (2021). Efecto del caldo de humus de lombriz en el cultivo hidropónico de tomate (*Lycopersicon esculentum* L.) Variedad Cherry en la Estación Experimental de Patacamaya. Tesis Ingeniero. La Paz, Bolivia. Disponible: http://repositorio.umsa.bo/xmlui/handle/123456789/25902

ANEXOS.

ANEXO 1.

Resultados del análisis de varianza de los tratamientos en estudio.

Tabla11A. *ANVA de Altura de planta a los 20 días después de la siembra.*

Variables	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	Pr > F
Tratamientos	4	0.93	0.23	4.95	0.01 **
Error	10	0.46	0.04		
Total	14	1.40			
CV = 5.07 % R^2 = 0.86					

Tabla 12A. *ANVA de Altura de planta a los 35 días después de la siembra***.**

Variables	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	Pr > F
Tratamientos	4	3.82	0.95	1.23	0. 03 *
Error	10	7.77	0.77		
Total	14	11.59			
CV = 12.31 % R^2 = 0.84					

Tabla 13A. *ANVA de Altura de planta a los 50 días después de la siembra*

Variables	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	Pr > F
Tratamientos	4	27.76	6.94	1.68	0.023 *
Error	10	41.32	4.13		
Total	14	69.08			
CV = 8.77 % R^2 = 0.88					

Tabla 14A. *ANVA de Altura de tallo a los 50 días después de la siembra.*

Variables	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	Pr > F
Tratamientos	4	10.16	2.54	6.49	0.007 **
Error	10	3.91	0.39		
Total	14	14.07			
CV = 5.68 % R^2 = 0.82					

Tabla 15A. *ANVA de longitud de hoja más larga de sacha culantro.*

Variables	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	Pr > F
Tratamientos	4	9.56	2.39	2.13	0.015 *
Error	10	11.20	1.12		
Total	14	20.77			
CV = 5.52 % R^2 = 0.86					

Tabla 16A. *ANVA de número de hojas por planta a los 20 días de la siembra.*

Variables	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	Pr > F
Tratamientos	4	0.64	0.16	2.01	0.16 ns
Error	10	0.80	0.08		
Total	14	1.44			
CV = 6.40 % R^2 = 0.84					

Tabla 17A. *ANVA de número de hojas a los 35 días después de la siembra.*

Variables	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	Pr > F
Tratamientos	4	1.79	0.44	0.69	0.04 *
Error	10	6.44	0.64		
Total	14	8.23			
CV = 10.21 % R^2 = 0.81					

Tabla 18A. *ANVA de número de hojas a los 50 días después de la siembra.*

Variables	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	Pr > F
Tratamientos	4	139.59	34.89	1.34	0.03 *
Error	10	261.24	26.12		
Total	14	400.83			
CV = 12.37 % R^2 = 0.88					

Tabla 19A. *ANVA de longitud de raíz a los 20 días después de la siembra.*

Variables	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	Pr > F
Tratamientos	4	39.25	9.81	4.29	0.02 *
Error	10	22.88	2.28		
Total	14	62.13			
CV = 10.18 % R^2 = 0.83					

Tabla 20A. *ANVA de longitud de raíz a los 35 días después de la siembra.*

Variables	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	Pr > F
Tratamientos	4	42.26	10.56	2.18	0.04 *
Error	10	48.42	4.84		
Total	14	90.72			
CV = 8.77 % R^2 = 0.86					

Tabla 21A. *ANVA de longitud de raíz a los 50 días después de la siembra***.**

Variables	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	Pr > F
Tratamientos	4	93.85	23.46	1.77	0.02 *
Error	10	132.76	13.27		
Total	14	226.61			
CV = 11.70 R^2 = 0.91					

Tabla 22A. *ANVA de peso fresco de hojas a los 50 días de la siembra*

Variables	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	Pr > F
Tratamientos	4	41386.60	10346.65	3.26	0.05 *
Error	10	31739.94	3173.99		
Total	14	73126.54			
CV = 19.25 % R^2 = 0.86					

Tabla 23A. *ANVA de peso fresco de raíces a los 50 días de la siembra.*

Variables	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	Pr > F
Tratamientos	4	325.39	81.34	2.54	0.04 *
Error	10	319.86	31.98		
Total	14	645.25			
CV = 13.23 % R^2 = 0.88					

Tabla 24A. *ANVA de peso fresco total por planta.*

Variables	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	Pr > F
Tratamientos	4	48816.32	12204.08	3.24	0.05 *
Error	10	37651.53	3765.15		
Total	14	86467.85			
CV = 26.07 % R^2 = 0.87					

Tabla 25A. *ANVA de peso seco de hojas a los 50 días de la siembra.*

Variables	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	Pr > F
Tratamientos	4	336.36	84.09	3.18	0.04 *
Error	10	264.28	26.42		
Total	14	600.65			
CV = 14.83 % R^2 = 0.86					

Tabla 26A. *ANVA de peso seco de raíces a los 50 días de la siembra.*

Variables	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	Pr > F
Tratamientos	4	3.19	0.79	2.56	0.03 *
Error	10	3.12	0.31		
Total	14	6.32			
CV = 3.32 % R^2 = 0.85					

Tabla 27A. *ANVA de peso seco total por planta*

Variables	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	Pr > F
Tratamientos	4	386.98	96.74	3.23	0.04 *
Error	10	299.72	29.97		
Total	14	686.71			
CV = 10.63 % R^2 = 0.84					

ANEXO 2.

Evidencias fotográficas de las actividades realizadas en el campo experimental de la investigación.

Figura 9A. *Limpieza del área hidropónica.*



Figura 10A. *Construcción de mesas.*



Figura 11A. *Construción del contenedor.*



Figura 12A. *Perforación del tecnopor.*



Figura 13A. *Preparación del sustrato.*



Figura 14A. *Siembra de semillas.*



Figura 15A. *Solución nutritiva.*



Figura 16A. *Aplicación de tifón.*



Figura 17A. *Preparación de solución nutritiva.*



Figura 18A. *Primera aplicación de solución nutritiva.*



Figura 19A. *Trasplante de plantas al módulo hidropónico.*



Figura 20A. *Primera aplicación de humus de lombriz líquido.*



Figura 21A. *Segunda aplicación de solución nutritiva al 50%.*



Figura 22A. *Segunda aplicación de humus de lombriz líquido.*



Figura 23A. *Mediciones de alturas de las plantas.*



Figura 24A. *Conteo de hojas.*



Figura 25A. *Medición de longitud de raíz.*



Figura 26A. *Medición de altura del tallo.*



Figura 27A. *Visita del asesor de la tesis.*



Figura 28A. *Vistita de los jurados de tesis.*

