

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE HUANTA

FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE NEGOCIOS

AGRONÓMICOS Y FORESTALES



TESIS

Comparación de cuatro bioestimulantes agrícolas en el rendimiento y comportamiento agronómico de la lechuga (*Lactuca sativa* L.) en Luricocha, Huanta

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero de Negocios Agronómicos y Forestales

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Agronomía

PRESENTADO POR:

Villar Curo, Summer

ASESOR:

Dr. Rene Antonio Hinojosa Benavides

HUANTA – AYACUCHO

2026

Reporte de similitud

NOMBRE DEL TRABAJO

Comparación de cuatro bioestimulantes agrícolas en el rendimiento y comportamiento agronómico de la lechuga (*Lactuca sativa* L.) en Luricocha, Huanta

AUTOR

Summer Villar Curo

RECuento DE PALABRAS

29958 Words

RECuento DE CARACTERES

167535 Characters

RECuento DE PÁGINAS

154 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

6.0MB

FECHA DE ENTREGA

Apr 17, 2026 8:38 AM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Apr 17, 2026 8:41 AM GMT-5

● 12% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 10% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 9% Base de datos de trabajos entregados
- 2% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Material citado
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 10 palabras)



Firmado digitalmente por
HINOJOSA
BENAVIDES Rene
Antonio FAU
20574653798 soft
Fecha: 2026.04.17
09:11:13 -05'00'



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE HUANTA
Creada por Ley N° 29658

FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN
"Año la Esperanza y el Fortalecimiento de la Democracia"

**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO
PROFESIONAL DE INGENIERO DE NEGOCIOS AGRONÓMICOS Y
FORESTALES**

En la ciudad de Huanta, en el auditorio de la Escuela Profesional de Ingeniería de Negocios Agronómicos y Forestales del campus universitario de la Universidad Nacional Autónoma de Huanta, ubicado en la autopista Carlos Ch. Hiraoka, desvío a Ccollana, a los 25 días del mes de mayo de 2026, siendo las 09:00 horas, se dio inicio al acto académico de sustentación de tesis con la presencia de los miembros del jurado calificador:

Dr. Juan Quispe Rodriguez	Presidente
Dr. Reynaldo Sucari Leon	Miembro titular 2
Dr. Rene Antonio Hinojosa Benavides	Miembro titular 3

Acto seguido se procedió a dar lectura a la Resolución de Vicepresidencia Académica N° 064-2026-CO-UNAH, en la que señala fecha, hora y designación de jurado evaluador para la sustentación de tesis del Bach. **Summer Villar Curo**, con la tesis titulada: "Comparación de cuatro bioestimulantes agrícolas en el rendimiento y comportamiento agronómico de la lechuga (*Lactuca sativa L.*) en Luricocha, Huanta"; asesorado por el Dr. Rene Antonio Hinojosa Benavides, para optar el Título profesional de: Ingeniero de Negocios Agronómicos y Forestales.

Observaciones:

Ninguna.....
.....
.....

Terminada la sustentación se procedió a la formulación de preguntas por los miembros del jurado evaluadores, los mismos que fueron defendidos y absueltos por el tesista. Acto seguido se procedió a calificar con el resultado siguiente:

Aprobado Regular	()
Aprobado Bueno	(X)
Aprobado Muy Buenos	()
Aprobado Excelente	()

Con la calificación de ... *Dieciséis* (16)
Siendo las *10:14*..... se da por finalizada el acto académico de sustentación de tesis pasando a firmar los miembros del jurado evaluador.

Juan Quispe Rodriguez
.....
Dr. Juan Quispe Rodriguez
Presidente

Reynaldo Sucari Leon
.....
Dr. Reynaldo Sucari Leon
Miembro Titular 2

Rene Antonio Hinojosa Benavides
.....
Dr. Rene Antonio Hinojosa Benavides
Miembro Titular 3

**Comparación de cuatro bioestimulantes agrícolas en el rendimiento y
comportamiento agronómico de la lechuga (*Lactuca sativa* L.) en Luricocha,
Huanta**

TESISTA

Bach. Summer Villar Curo

ASESOR

Dr. Rene Antonio Hinojosa Benavides

CIP N° 74510

Dedicatoria

Dedico esta tesis, a Dios por su guía constante, por la fortaleza que me concedió en los momentos de mayor exigencia y por las bendiciones que acompañaron cada etapa de este proceso académico. Su luz sostuvo mi esperanza, orientó mis decisiones y me permitió perseverar hasta alcanzar esta meta.

A mis padres, Edwin Villar Astopillo y Vicenta Curo Quispe, por su amor incondicional y por los sacrificios silenciosos que hicieron posible mi formación. Les agradezco los valores que sembraron en mí, la disciplina que me transmitieron con el ejemplo y la confianza con la que impulsaron mi crecimiento personal y profesional.

A mi familia, por su presencia cercana, su paciencia y su apoyo moral; por comprender mis ausencias, sostenerme con palabras oportunas y recordarme, en todo momento, el sentido humano de este esfuerzo.

Agradecimiento

A mi asesor de tesis, Dr. René Antonio Hinojosa Benavides, por su orientación académica permanente, su paciencia y el rigor científico con el que condujo el desarrollo de esta investigación. Sus observaciones y aportes resultaron decisivos para fortalecer la calidad del trabajo y alcanzar los objetivos propuestos.

A la Universidad Nacional Autónoma de Huanta por la formación recibida y por el apoyo institucional brindado, así como por las facilidades que hicieron posible la realización del presente estudio en un ambiente propicio para el aprendizaje y la investigación.

A mi novia por su compañía constante, comprensión y apoyo emocional durante todo el proceso, ya que su motivación y paciencia fueron un sostén importante para perseverar y culminar este trabajo con responsabilidad.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo por objetivo evaluar el efecto de cuatro bioestimulantes caseros elaborados con residuos agrícolas sobre el rendimiento y comportamiento agronómico de la lechuga (*Lactuca sativa* L.) variedad Alpha, en condiciones de maceta en el distrito de Luricocha, Huanta. La investigación fue de tipo aplicada, de nivel explicativo, con enfoque cuantitativo, utilizando un diseño experimental completamente al azar, evaluando cuatro tratamientos: El tratamiento T1, conformado por biofermentado de cáscaras de frutas, T2, conformado por fermentado de restos de lechuga y ortiga, T3, conformado por té de follaje de leguminosas y T4, conformado por extracto de cáscara de plátano y papaya), utilizando 24 unidades experimentales donde se analizaron variables de rendimiento (peso fresco, peso seco y materia seca) y comportamiento agronómico (altura de planta, área foliar y número de hojas), aplicando pruebas de normalidad de Shapiro-Wilk, homogeneidad de varianzas de Levene, análisis de varianza y comparación de medias mediante Tukey ($p < 0,05$).

Se resalta entre los resultados diferencias estadísticas significativas entre tratamientos en todas las variables evaluadas, donde T3 presentó el mejor desempeño agronómico, obteniendo el mayor peso fresco (816,42 g), peso seco (34,20 g) y porcentaje de materia seca (4,06%), así como el mayor desarrollo foliar (523,89 cm²) y número de hojas (41,50). Asimismo, T3 y T4 lograron mayor altura de planta durante el ciclo del cultivo, mientras que T2 registró los valores más bajos en la mayoría de variables evaluadas, concluyendo que, los bioestimulantes agrícolas influyen significativamente en el rendimiento y comportamiento agronómico de la lechuga, destacando el tratamiento T3 como el más eficiente, debido a su mayor capacidad para promover la acumulación de biomasa y el desarrollo vegetativo del cultivo, constituyéndose como una alternativa sostenible y viable para mejorar la producción en condiciones de Luricocha, Huanta.

Palabras clave: *Lactuca sativa*, bioestimulantes, rendimiento, comportamiento agronómico.

ABSTRACT

The aim of this research was to evaluate the effect of four homemade biostimulants made from agricultural waste on the yield and agronomic performance of the lettuce (*Lactuca sativa* L.) variety ‘Alpha’, grown in pots in the district of Luricocha, Huanta. The research followed a quantitative, applied, and explanatory approach, using a completely randomized design with four treatments: T1 (mixed fruit peel bioferment), T2 (fermented lettuce residues and nettle), T3 (legume foliage tea), and T4 (banana and papaya peel extract), with a total of 24 experimental units. Yield variables (fresh weight, dry weight, and dry matter percentage) and agronomic traits (plant height, number of leaves, and leaf area) were evaluated. Data were analyzed using Shapiro–Wilk normality test, Levene’s homogeneity test, analysis of variance, and Tukey’s multiple comparison test ($p < 0.05$).

The results showed statistically significant differences among treatments for all evaluated variables. Treatment T3 exhibited superior performance, achieving the highest fresh weight (816.42 g), dry weight (34.20 g), and dry matter (4.06%), as well as the greatest leaf area (523.89 cm²) and number of leaves (41.50). Additionally, treatments T3 and T4 promoted greater plant height throughout the crop cycle, whereas T2 showed the lowest values across most variables. It is concluded that homemade biostimulants significantly influence the yield and agronomic performance of lettuce, with T3 being the most effective treatment due to its enhanced capacity to promote biomass accumulation and vegetative growth. These findings highlight its potential as a sustainable and viable alternative to improve lettuce production under similar agroecological conditions.

Keywords: *Lactuca sativa*, biostimulants, yield, agronomic performance

ÍNDICE

RESUMEN.....	IX
ASBTRACT	XI
ÍNDICE	12
ÍNDICE DE TABLAS	15
ÍNDICE DE FIGURAS.....	17
ÍNDICE DE ANEXO	18
ÍNDICE DE FOTOGRAFÍA.....	19
INTRODUCCIÓN	20
CAPÍTULO I.....	22
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	22
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	22
1.1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	22
1.2 DESCRIPCIÓN Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	24
1.2.1 Problema general	24
1.2.2 Problemas específicos.....	24
1.3 OBJETIVOS	24
1.3.1 Objetivo general.....	24
1.3.2 Objetivos específicos	24
1.4 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA	25
1.4.1 Justificación	25
1.4.2. Importancia.....	27
1.5. HIPÓTESIS	27
1.5.1. Hipótesis general	27
1.5.2. Hipótesis específicas.....	28
1.6. VARIABLES	28
1.6.1. Independiente: Bioestimulantes.....	28
1.6.2. Dependiente: Lechuga	28

1.7.	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	29
CAPÍTULO II		30
MARCO TEÓRICO		30
2.1	ANTECEDENTES	30
2.1.1	Internacionales	30
2.1.2	Nacionales.....	31
2.2	BASES TEÓRICAS	33
2.2.1	Origen	33
2.2.2	Importancia de la lechuga.....	33
2.2.3	Clasificación taxonómica.....	34
2.2.6	Fenología del cultivo de lechuga	35
2.2.7.1	Raíz.....	37
2.2.7.2	Tallo.....	37
2.2.7.3	Hojas.....	37
2.2.7.4	Inflorescencia.....	38
2.2.7.5	Semilla.....	38
2.2.8	Requerimientos edafoclimáticos de la lechuga.....	38
2.2.8.2	Temperatura.....	39
2.2.8.3	Humedad.....	39
2.2.8.4	Suelo.....	39
2.2.8.5	Altitud.....	39
2.2.9	Plagas	40
2.2.9.2	Trips (<i>Frankliniella spp</i>).....	40
2.2.9.3	Minador (<i>Liriomyza huidobrensis</i>).....	41
2.2.9.4	Mosca blanca (<i>Bemisia tabaci</i>).....	41
2.2.10.1	Oídio (<i>Erysiphe cichoracearum</i>).....	42
2.2.10.2	Pudrición gris (<i>Botrytis cinérea</i>).....	42
2.2.10.3	Antracnosis (<i>Marssonina panattoniana</i>).....	43
2.2.10.4	Pedumbre blanda (<i>Erwinia carotovora</i>).....	43
2.2.11.1	Biofermentado de cáscaras de frutas mixtas.....	44
2.2.11.2	Fermentado de restos de lechuga y ortiga.....	44
2.2.11.3	Té de follaje de leguminosas.....	45

2.2.11.4	Extracto de cáscara de plátano y papaya.	46
CAPÍTULO III		49
METODOLOGÍA		49
3.1	TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN	49
3.1.1	Tipo de investigación.....	49
3.1.2	Nivel de investigación	49
3.1.3	Método de investigación.....	49
3.1.4	Diseño de investigación.....	50
3.1.6.	ÁMBITO TEMPORAL Y ESPACIAL	53
3.1.6.1.	Ámbito temporal	53
3.1.6.2.	Ámbito espacial	53
3.2.	POBLACIÓN Y MUESTRA.....	58
3.3.	Técnica e instrumentos para la recolección de datos.....	58
3.3.1.	Instrumentos:	59
CAPÍTULO IV		67
RESULTADOS Y DISCUSIÓN		67
4.1	RESULTADOS	67
4.1.1	Análisis e interpretación para la variable: peso fresco	67
4.1.2	Análisis e interpretación para la variable: peso seco	70
4.1.4	Análisis e interpretación para la variable: altura de la planta ...	74
CAPÍTULO V		97
CONCLUSIONES		97
CAPÍTULO VI.....		98
RECOMENDACIONES		98
CAPÍTULO VII		99
REFERENCIAS		99
CAPÍTULO VIII.....		112
ANEXOS		112

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1</i> Matriz de operacionalización de variables.....	29
<i>Tabla 2</i> Clasificación taxonómica de la lechuga (<i>Lactuca sativa</i> L.).....	34
<i>Tabla 3</i> Composición nutricional de la lechuga (<i>Lactuca sativa</i> L.).....	34
<i>Tabla 4</i> Etapas fenológicas de la lechuga (<i>Lactuca sativa</i> L.) DDT.....	36
<i>Tabla 5</i> Bioestimulantes evaluados para el cultivo de lechuga.....	50
<i>Tabla 6</i> Distribución aleatoria de tratamientos experimentales.....	51
<i>Tabla 7</i> Datos climáticos de Luricocha - Huanta, diciembre del 2025.....	56
<i>Tabla 8</i> Datos climáticos de Luricocha- Huanta, enero de 2026.....	57
<i>Tabla 9</i> Preparación y dosis de aplicación de los bioestimulantes.....	62
<i>Tabla 10</i> Análisis descriptivo para el peso fresco de la lechuga.....	67
<i>Tabla 11</i> Prueba de Shapiro-Wilk para normalidad del peso fresco en lechuga.....	68
<i>Tabla 12</i> Prueba de Levene para homogeneidad de varianzas del peso fresco.....	69
<i>Tabla 13</i> Análisis de varianza (ANOVA) del peso fresco en lechuga.....	69
<i>Tabla 14</i> Comparación de medias del peso fresco en lechuga por Tukey.....	70
<i>Tabla 15</i> Análisis descriptivo para el peso seco de la lechuga.....	70
<i>Tabla 16</i> Prueba de Shapiro-Wilk para normalidad del peso seco en la lechuga.....	71
<i>Tabla 17</i> Prueba de Levene para homogeneidad de varianzas del peso seco.....	72
<i>Tabla 18</i> ANOVA del peso seco en lechuga bajo bioestimulantes.....	72
<i>Tabla 19</i> Comparación de medias Tukey para el peso seco de la lechuga.....	73
<i>Tabla 20</i> Determinación del porcentaje de materia seca en lechuga.....	73
<i>Tabla 21</i> Resultados del promedio de altura de la lechuga (cm) por tratamiento.....	74
<i>Tabla 22</i> Medidas de dispersión y rangos de altura de la lechuga DDT.....	74
<i>Tabla 23</i> Prueba de normalidad (Shapiro-Wilk) para la altura de la planta DDT.....	76
<i>Tabla 24</i> Homogeneidad de varianzas (Levene) de la altura de planta DDT.....	77
<i>Tabla 25</i> Análisis de varianza para la altura de la planta 20 DDT.....	78
<i>Tabla 26</i> Comparación de medias Tukey para la altura de la lechuga 20 DDT.....	78
<i>Tabla 27</i> Análisis de varianza (ANOVA) para la altura de la lechuga 33 DDT.....	79
<i>Tabla 28</i> Comparación de medias Tukey para la altura de la lechuga 33 DDT.....	79
<i>Tabla 29</i> Análisis de varianza (ANOVA) para la altura de la lechuga 42 DDT.....	80
<i>Tabla 30</i> Comparación de medias Tukey para la altura de la lechuga 42 DDT.....	80
<i>Tabla 31</i> Análisis de varianza para la altura de planta a los 51 DDT.....	81
<i>Tabla 32</i> Comparación de medias Tukey para la altura de la lechuga 51 DDT.....	81
<i>Tabla 33</i> Análisis de varianza (ANOVA) para la altura de la lechuga 59 DDT.....	82

<i>Tabla 34 Comparación de medias Tukey para la altura de la lechuga 59 DDT</i>	<i>82</i>
<i>Tabla 35 Resultados de la media en número de hojas en la lechuga DDT.....</i>	<i>84</i>
<i>Tabla 36 Medidas de dispersión y rangos de número de hojas en la lechuga DDT...84</i>	
<i>Tabla 37 Prueba de normalidad (Shapiro-Wilk) para número de hojas DDT</i>	<i>86</i>
<i>Tabla 38 Prueba (Levene) para el número de hojas.....</i>	<i>86</i>
<i>Tabla 39 Análisis de varianza (ANOVA) para el número de hojas 20 DDT</i>	<i>87</i>
<i>Tabla 40 (ANOVA) para número de hojas de la lechuga 33 DDT</i>	<i>87</i>
<i>Tabla 41 (ANOVA) para número de hojas planta 59 DDT.....</i>	<i>88</i>
<i>Tabla 42 Comparación de medias Tukey para número de hojas 59 DDT.....</i>	<i>88</i>
<i>Tabla 43 Análisis descriptivo para el área foliar de la lechuga.....</i>	<i>89</i>
<i>Tabla 44 Prueba de Shapiro-Wilk para normalidad del área foliar en la lechuga....</i>	<i>91</i>
<i>Tabla 45 Prueba de Levene para homogeneidad de varianzas del área foliar</i>	<i>91</i>
<i>Tabla 46 ANOVA del área foliar de lechuga bajo bioestimulantes</i>	<i>91</i>
<i>Tabla 47 Comparación de medias del área foliar en la lechuga por Tukey.....</i>	<i>92</i>

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación del distrito de Luricocha	54
Figura 2 Ubicación de unidad experimental	55
Figura 3 Gráfico de barras del peso fresco medio de lechuga.....	68
Figura 4 Gráfico de barras del peso seco medio de la lechuga	71
Figura 5 Efecto de tratamientos en la altura de la lechuga	76
Figura 6 Diagrama de cajas de la altura de planta de lechuga (cm).....	83
Figura 7 Gráfico de número de hojas de la lechuga bajo tratamientos	85
Figura 8 Diagrama de cajas del número de hojas en lechuga	89
Figura 9 Diagrama de cajas del área foliar de la lechuga por tratamientos.....	90
Figura 10 Prueba de normalidad para la variable altura (cm)	126
Figura 11 Prueba de normalidad para la variable número de hojas	126
Figura 12 Prueba de normalidad para la variable peso fresco (gr)	127
Figura 13 Prueba de normalidad para la variable área foliar (cm ²).....	127
Figura 14 Prueba de normalidad para la variable peso seco (gr).....	127
Figura 15 Prueba de homogeneidad para la variable altura (cm).....	128
Figura 16 Prueba de homogeneidad para la variable número de hojas	129
Figura 17 Prueba de homogeneidad para la variable peso fresco.....	130
Figura 18 Prueba de homogeneidad para la variable área foliar (cm ²)	130
Figura 19 Prueba de homogeneidad para la variable peso seco (gr).....	130
Figura 20 Análisis de varianza (ANOVA) de la altura de la lechuga (cm).....	131
Figura 21 Análisis de varianza (ANOVA) de número de hojas	131
Figura 22 Análisis de varianza (ANOVA) de peso fresco (gr)	132
Figura 23 Análisis de varianza (ANOVA) de área foliar (cm ²)	132
Figura 24 Análisis de varianza (ANOVA) de peso seco (gr)	132
Figura 25 Prueba de Tukey para la altura de la lechuga a los 33 DDT.....	133
Figura 26 Prueba de Tukey para la altura de la lechuga a los 42 DDT.....	133
Figura 27 Prueba de Tukey para la altura de la lechuga a los 51 DDT.....	133
Figura 28 Prueba de Tukey para la altura de la lechuga a los 59 DDT.....	134
Figura 29 Prueba de Tukey para número de hojas de la lechuga a los 59 DDT	134
Figura 30 Prueba de Tukey para peso fresco de la lechuga (gr)	134
Figura 31 Prueba de Tukey para área foliar de la lechuga (cm ²).....	135
Figura 32 Prueba de Tukey para peso seco de la lechuga (gr).....	135

ÍNDICE DE ANEXO

<i>Anexo 1 Matriz de consistencia</i>	<i>112</i>
<i>Anexo 2 Cronograma de actividades de la investigación.....</i>	<i>113</i>
<i>Anexo 3 Ficha de registro de primeros datos de la lechuga</i>	<i>114</i>
<i>Anexo 4 Ficha de registro de la lechuga</i>	<i>115</i>
<i>Anexo 5 Ficha de registro de la lechuga</i>	<i>116</i>
<i>Anexo 6 Ficha de registro de la altura de la lechuga.....</i>	<i>117</i>
<i>Anexo 7 Ficha de registro de la altura de la lechuga.....</i>	<i>118</i>
<i>Anexo 8 Ficha de registro de número de hojas de la lechuga.....</i>	<i>119</i>
<i>Anexo 9 Ficha de registro de la altura de la lechuga.....</i>	<i>120</i>
<i>Anexo 10 Registro de datos del número de hojas de la lechuga.....</i>	<i>121</i>
<i>Anexo 11 Ficha de registro de datos del peso fresco</i>	<i>122</i>
<i>Anexo 12 Ficha de registro de datos del área foliar</i>	<i>123</i>
<i>Anexo 13 Determinación de materia seca</i>	<i>143</i>

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍA

<i>Fotografía 1 Preparación de macetas y tierra agrícola para el experimento</i>	<i>136</i>
<i>Fotografía 2 Siembra y riego de las lechugas</i>	<i>136</i>
<i>Fotografía 3 Primera preparación de bioestimulantes.....</i>	<i>137</i>
<i>Fotografía 4 Deshierbo de las macetas</i>	<i>137</i>
<i>Fotografía 5 Aplicación de los tratamientos</i>	<i>138</i>
<i>Fotografía 6 Toma de datos de las unidades experimentales.....</i>	<i>138</i>
<i>Fotografía 7 Segunda preparación de los tratamientos</i>	<i>139</i>
<i>Fotografía 8 Toma de datos de las variables del experimento.....</i>	<i>139</i>
<i>Fotografía 9 Manejo agronómico de las lechugas</i>	<i>140</i>
<i>Fotografía 10 Cosecha de las lechugas</i>	<i>140</i>
<i>Fotografía 11 Toma de muestras finales del experimento.....</i>	<i>141</i>
<i>Fotografía 12 Registro de datos finales de las variables del experimento.....</i>	<i>141</i>
<i>Fotografía 13 Conteo de hojas en plantas de lechuga.....</i>	<i>142</i>
<i>Fotografía 14 Ingreso de muestras de lechuga a estufa</i>	<i>142</i>

INTRODUCCIÓN

La horticultura representa una actividad estratégica en el ámbito de los sistemas agroalimentarios, dado su aporte al suministro de alimentos frescos, a la creación de empleo en el ámbito rural y al fortalecimiento de las economías locales. En el ámbito internacional, la producción de hortalizas se considera fundamental para fomentar dietas saludables y diversificadas, así como para avanzar hacia sistemas alimentarios más sostenibles (FAO, 2023). En el sector agrícola, las hortalizas se distinguen por su mayor rentabilidad, su rápida rotación y su relevancia en la seguridad alimentaria, particularmente en regiones donde predominan las unidades productivas de pequeña escala (Cedillo, 2017).

La lechuga se distingue como la hortaliza de hoja con mayor demanda y consumo a nivel mundial, lo cual se atribuye a su valor nutricional y versatilidad en la gastronomía (González et al., 2025). Se cultiva principalmente por sus hojas suculentas, ricas en vitaminas A, C y K, con propiedades antioxidantes que son esenciales para la salud humana (Cedillo, 2017). Desde una perspectiva económica, este cultivo se considera estratégico para la agricultura familiar, dado su ciclo vegetativo breve, lo cual facilita una rápida rotación de capital y una generación continua de ingresos en los valles interandinos y en las áreas periurbanas (Fernández et al., 2024); no obstante, su producción enfrenta importantes desafíos vinculados al uso intensivo de fertilizantes químicos, lo cual incrementa los costos de producción y deteriora de manera progresiva la calidad del suelo y la sostenibilidad de los agroecosistemas, ya que el uso descontrolado de agroquímicos en los sistemas agropecuarios ocasiona la degradación de suelos agrícolas (Esteves et al., 2023; Hinojosa et al., 2019).

En respuesta a esta situación, en los últimos años ha aumentado el interés por tecnologías que faciliten la reducción de la dependencia de insumos sintéticos y optimicen la eficiencia en el uso de nutrientes (Costa et al., 2025). En este contexto, los bioestimulantes agrícolas han adquirido importancia como herramientas que mejoran la absorción de nutrientes, estimulan procesos fisiológicos y aumentan la tolerancia de las plantas ante condiciones adversas, lo que contribuye a una agricultura más eficiente y sostenible (Khoulati et al., 2025).

La influencia de los bioestimulantes elaborados a partir de extractos vegetales, residuos orgánicos, microorganismos y subproductos en la lechuga es notable en variables como crecimiento y rendimiento. La aplicación de extractos bioactivos y ácidos húmicos favorece significativamente la expansión del área foliar, el número de hojas y la altura de la planta (González et al., 2025). Asimismo, Costa et al., (2025) sostienen que el uso de estas sustancias induce un incremento medible en el peso fresco y seco del cultivo, optimizando la acumulación de materia seca y mejorando la calidad comercial del producto final. Estos beneficios demuestran que la bioestimulación es capaz de maximizar el potencial genético de la especie bajo sistemas de manejo sostenible, por ende, el ingreso al mercado de productos agroecológicos competitivos (Hinojosa et al., 2021).

El distrito de Luricocha, en la provincia de Huanta, Ayacucho, posee una histórica vocación hortícola; sin embargo, se enfrenta a la degradación de suelos y a la escasez de recursos hídricos exacerbada por el cambio climático, existiendo un interés creciente por implementar tecnologías que aseguren un desarrollo urbano y rural ordenado, seguro y resiliente; motivo por el cual, la validación de alternativas locales, como el uso de bioestimulantes elaborados con recursos de la propia región, enfocándose, en el rescate y valorización del potencial endógeno natural y cultural de manera imprescindible (Yzarra et al., 2021), a través de una maximización de los recursos naturales para la diversificación de productos orgánicos (Hinojosa et al., 2021); de tal forma que, se presenta como una solución necesaria para mejorar la competitividad de los pequeños productores de Luricocha frente a la volatilidad de los precios de los insumos externos.

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Planteamiento del problema

1.1.1 Descripción del problema

La lechuga (*Lactuca sativa* L.) constituye una de las principales hortalizas foliáceas cultivadas y consumidas a nivel mundial, por su alto valor nutricional, rápida adaptación a diferentes sistemas productivos y por la alta demanda existente en los mercados frescos. Este cultivo es una componente esencial de la horticultura intensiva y periurbana, debido a sus cortos ciclos de producción y a su alta rentabilidad para pequeños y medianos productores. Asimismo, su producción ha aumentado significativamente durante las últimas décadas como consecuencia del crecimiento poblacional y la mayor preferencia por dietas saludables ricas en vegetales frescos (Paradićković et al., 2019). En este marco, optimizar el manejo agronómico del cultivo es fundamental para elevar la productividad, la calidad comercial y la sostenibilidad de los sistemas agrícolas.

En el Perú, la producción de hortalizas, incluyendo la lechuga, se lleva a cabo principalmente en los valles interandinos y en las áreas periurbanas, donde los pequeños agricultores suministran a los mercados locales y regionales. No obstante, el rendimiento del cultivo frecuentemente se ve restringido por deficiencias en el manejo agronómico, particularmente en lo que respecta a la nutrición vegetal, la gestión de suelos y la aplicación eficiente de fertilizantes. En diversas áreas de producción, se evidencia un uso intensivo de fertilizantes químicos sin una planificación técnica adecuada, lo cual puede impactar negativamente la fertilidad del suelo, aumentar los costos de producción y disminuir la eficiencia en la absorción de nutrientes por parte de las plantas (Bulgari et al., 2019). Estas limitaciones ponen de manifiesto la necesidad de implementar tecnologías

agronómicas que faciliten la mejora del crecimiento y rendimiento del cultivo de manera sostenible.

En este contexto, los bioestimulantes agrícolas han adquirido una relevancia creciente en la agricultura contemporánea, atribuible a su potencial para potenciar el crecimiento, desarrollo y productividad de los cultivos. Los bioestimulantes se conceptualizan como compuestos o microorganismos que, al ser aplicados a las plantas o al suelo, activan procesos fisiológicos intrínsecos que promueven la absorción de nutrientes, la tolerancia al estrés abiótico y la eficiencia en la utilización de recursos (Benito et al., 2024). Múltiples investigaciones han evidenciado la que la implementación de bioestimulantes en cultivos hortícolas puede potenciar el rendimiento, mejorar la calidad del producto y optimizar la eficiencia en la utilización de nutrientes, contribuyendo de esta manera a sistemas de producción más sostenibles (Giordano et al., 2022).

A pesar de los avances científicos, el uso de bioestimulantes sigue siendo limitado en distritos agrícolas andinos del Perú, como Luricocha (Huanta), o se aplica sin evaluaciones técnicas bajo condiciones agroecológicas locales. Generalmente, los agricultores utilizan estos insumos de manera empírica, sin estudios comparativos que determinen su efecto en el rendimiento y comportamiento agronómico de la lechuga, lo que genera incertidumbre en la toma de decisiones productivas.

En este contexto, se presenta la necesidad de llevar a cabo investigaciones que permitan evaluar y comparar la eficacia de diversos bioestimulantes agrícolas en el cultivo de lechuga, considerando las condiciones específicas de la zona de Luricocha. La comparación de cuatro bioestimulantes permitirá identificar su impacto en variables agronómicas fundamentales, tales como el crecimiento vegetativo, el desarrollo de la planta y el rendimiento final del cultivo. Los resultados de esta investigación contribuirán a la generación de información científica local que servirá como fundamento para mejorar las prácticas de manejo agronómico,

optimizar la productividad del cultivo y fomentar el uso eficiente de bioestimulantes en la horticultura de la región.

1.2 Descripción y formulación del problema

1.2.1 Problema general

¿Cuál es el efecto de cuatro bioestimulantes caseros elaborados con residuos agrícolas sobre la producción de lechuga (*Lactuca sativa L.*) en condiciones de maceta?

1.2.2 Problemas específicos

- ¿Cuál es el efecto de los bioestimulantes caseros sobre el rendimiento (peso fresco, peso seco y materia seca) del cultivo de lechuga en condiciones de maceta?
- ¿Cuál es el efecto de los bioestimulantes caseros en el comportamiento agronómico (altura, número de hojas y área foliar) del cultivo de lechuga en condiciones de maceta?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Evaluar el efecto de cuatro bioestimulantes caseros elaborados con residuos agrícolas sobre el rendimiento y comportamiento agronómico de la lechuga (*Lactuca sativa L.*) en condiciones de maceta.

1.3.2 Objetivos específicos

- Determinar el efecto de los bioestimulantes sobre el rendimiento (peso fresco, peso seco y materia seca) del cultivo de lechuga.
- Determinar el efecto de los bioestimulantes sobre el comportamiento agronómico (altura de planta, número de hojas y área foliar) del cultivo de lechuga.

1.4 Justificación e importancia

1.4.1 Justificación

1.4.1.1 Justificación Teórica.

El estudio de bioestimulantes agrícolas permite ampliar el conocimiento sobre la fisiología de la lechuga y su respuesta a compuestos naturales derivados de residuos vegetales y orgánicos. Estos productos actúan como promotores del crecimiento, estimulando la absorción de nutrientes, la fotosíntesis y la tolerancia al estrés. La investigación teórica sobre sus mecanismos bioquímicos contribuye a comprender la interacción entre las sustancias bioactivas y los procesos metabólicos de la planta. Asimismo, aporta información científica relevante para el desarrollo de tecnologías agrícolas sostenibles, basadas en principios de nutrición vegetal equilibrada y fisiología aplicada a sistemas de cultivo de hoja de ciclo corto.

1.4.1.2 Justificación Práctica.

Desde el punto de vista práctico, la investigación permitirá identificar qué tipo de bioestimulante genera mejores resultados en el crecimiento y desarrollo de la lechuga bajo las condiciones agroecológicas de Luricocha. Los productores podrán aplicar estas formulaciones como alternativas accesibles a los fertilizantes convencionales, mejorando su productividad sin elevar costos. Además, se generarán protocolos de aplicación y dosificación adaptados a la realidad local. Los resultados servirán de guía para capacitar a agricultores, asociaciones y programas escolares en el uso responsable y eficiente de bioestimulantes naturales, fortaleciendo así la sostenibilidad y la innovación en la horticultura regional.

1.4.1.3 Justificación Metodológica.

Metodológicamente, el estudio se sustenta en un diseño experimental controlado, que permite establecer comparaciones válidas entre tratamientos y cuantificar de manera objetiva el efecto de cada bioestimulante. Se utilizará un diseño completamente al azar (DCA), con

mediciones replicadas y análisis estadístico mediante ANOVA y prueba de Tukey. Esta estructura metodológica garantiza la confiabilidad, reproducibilidad y validez de los resultados. Además, la sistematización de variables agronómicas como peso fresco, número de hojas y área foliar permitirá establecer relaciones directas entre la composición de los bioestimulantes y la respuesta fisiológica de la lechuga.

1.4.1.4 Justificación Económica.

Económicamente, el uso de bioestimulantes agrícolas elaborados con insumos locales representa una alternativa de bajo costo para los pequeños productores de Luricocha. Al reducir la dependencia de fertilizantes sintéticos importados, se mejora la rentabilidad del cultivo y se incrementa el margen de ganancia por unidad de superficie. La adopción de bioestimulantes permite además aprovechar recursos agrícolas disponibles como cáscaras, follajes o cenizas que antes eran residuos. Esto promueve un modelo de economía circular en el ámbito rural, generando ahorros directos, impulsando microemprendimientos y fortaleciendo la sostenibilidad financiera de los agricultores dedicados a la producción de hortalizas de hoja.

1.4.1.5 Justificación Ambiental.

El empleo de bioestimulantes agrícolas naturales promueve un manejo ecológico del cultivo de lechuga, reduciendo la contaminación de suelos y aguas ocasionada por fertilizantes y pesticidas químicos. Al aprovechar residuos agrícolas y orgánicos, se disminuye la generación de desechos y se cierra el ciclo de los nutrientes en la finca. Esta práctica mejora la estructura del suelo, estimula la actividad microbiana benéfica y preserva la biodiversidad del agroecosistema. La investigación, por tanto, contribuye a mitigar impactos ambientales negativos, fortaleciendo la resiliencia del sistema agrícola frente al cambio climático y alineándose con los objetivos de desarrollo sostenible.

1.4.1.6 Justificación social.

En el ámbito social, la investigación contribuye a mejorar la calidad de vida de los productores y sus familias al ofrecer herramientas tecnológicas apropiadas para la agricultura familiar. El uso de bioestimulantes naturales fomenta la seguridad alimentaria, la soberanía productiva y la participación comunitaria en prácticas agrícolas sostenibles. Además, la capacitación derivada del proyecto puede fortalecer el liderazgo de asociaciones rurales y promover la inclusión de mujeres y jóvenes en actividades productivas. La transferencia de conocimientos locales y científicos facilita la articulación entre universidad, comunidad y municipio, potenciando la responsabilidad social y el desarrollo agrario integral en Huanta.

1.4.2. Importancia

La presente investigación es relevante porque responde a una necesidad concreta del sector hortícola de Luricocha, Huanta, donde los pequeños productores enfrentan dificultades para sostener la productividad de sus cultivos debido al alto costo y limitada disponibilidad de fertilizantes sintéticos. Evaluar la eficacia de cuatro bioestimulantes agrícolas elaborados con residuos orgánicos representa una alternativa sostenible y económicamente viable para mejorar el rendimiento y la calidad de la lechuga, uno de los cultivos de hoja más importantes en la dieta local.

1.5. Hipótesis

1.5.1. Hipótesis general

La aplicación de bioestimulantes caseros elaborados con residuos agrícolas influye significativamente en el crecimiento y rendimiento del cultivo de lechuga (*Lactuca sativa L.*) en condiciones de maceta.

1.5.2. Hipótesis específicas

- La aplicación de los bioestimulantes caseros influyen significativamente en el rendimiento de la lechuga (peso fresco, peso seco y materia seca).
- La aplicación de los bioestimulantes caseros influyen significativamente en el comportamiento agronómico de la lechuga (altura de planta, número de hojas y área foliar).

1.6. Variables

1.6.1. Independiente: Bioestimulantes

Dimensiones

- Tipo
- Composición de origen
- Forma de aplicación
- Concentración/dilución
- Frecuencia de aplicación

1.6.2. Dependiente: Lechuga

Dimensiones

- Rendimiento
- Comportamiento agronómico

1.7. Operacionalización de variables

Tabla 1

Matriz de operacionalización de variables

Variable	Definición operativa	Dimensión	Indicador	Subindicador
Bioestimulante	Solución líquida de origen orgánico elaborada a partir de residuos agrícolas (cáscaras de frutas, follaje de leguminosas, restos vegetales fermentados)	Tipo	Biofermentado de cáscaras de frutas mixtas	Registro experimental
			Fermentado de restos de lechuga y ortiga	Registro experimental
			Té de follaje de leguminosas	Registro experimental
			Extracto de cáscara de plátano y papaya	Registro experimental
		Composición de origen	Hojas de arbustos	Registro experimental
			Follaje de yerbas	Registro experimental
			Jugos de verduras	Registro experimental
			Restos vegetales	Registro experimental
		Forma de aplicación	Foliar	Registro experimental
			Radicular	Registro experimental
Combinado	Registro experimental			
Concentración / dilución	ml/L o L/10 L de agua	Registro experimental		
Frecuencia de aplicación	Cada 10 días	Registro experimental		
Lechuga	Planta hortícola cultivada en maceta bajo condiciones, cuya respuesta al tratamiento con bioestimulantes se mide a través de indicadores agronómicos.	Rendimiento	Peso fresco	Gramos
			Peso seco	Gramos
			Materia seca	%
		Comportamiento agronómico	Altura de planta	Centímetro
			Número de hojas	Unidad
			Área foliar	Centímetro cuadrado

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

2.1.1 Internacionales

Terán & Rendón (2025), llevaron a cabo en Ecuador la investigación titulada "Evaluación de bioestimulantes aplicados al follaje de lechuga romana (*Lactuca sativa L.*)" en la región de Babahoyo, provincia de Los Ríos". El objetivo de este estudio fue determinar la efectividad de los bioestimulantes aplicados al follaje de la lechuga romana en dicha zona. Se aplicaron doce tratamientos basados en bioestimulantes, además de un testigo absoluto, con tres repeticiones. Los datos obtenidos permitieron calcular los efectos de los tratamientos, de acuerdo con los objetivos establecidos en el estudio de las variables de respuesta. Estas variables incluyeron: a. porcentaje de prendimiento, b. altura de la planta, c. anchura de las hojas, d. longitud de las hojas, e. días hasta la cosecha, f. peso del repollo y g. rendimiento. Los resultados del estudio permitieron concluir que la aplicación de bioestimulantes de crecimiento en el cultivo contribuye al aumento del crecimiento y la producción de lechuga romana en la localidad de Babahoyo. En particular, la aplicación de Newfol Plus en una dosis de 350 g resultó en una mayor producción, rendimiento y utilidad neta, con una relación costo-beneficio de 2,22 en comparación con los demás productos analizados en el estudio.

Vega et al. (2015), publicaron en Colombia el artículo titulado "Bioestimulante para la producción de lechuga (*Lactuca sativa L.*)", cuyo objetivo fue evaluar un bioestimulante derivado de *Urtica dioica L.* para fomentar la producción de esta hortaliza de hoja. Se llevó a cabo la extracción del bioestimulante de ortiga mediante el proceso de destilación por arrastre de vapor. Lo anterior tiene como objetivo la obtención de los principios activos de esta familia de plantas, las urticáceas. De manera simultánea, se implementó en el campo un sistema productivo de lechuga que incluyó dos tratamientos: el Testigo 0 y el T1 Bioestimulante, junto con tres

repeticiones en un diseño de bloques. Se evaluaron el peso fresco al momento de la cosecha, el peso seco y el porcentaje de materia seca. Como resultado, se obtuvo una media superior del 14% en peso seco y fresco con el uso del bioestimulante; sin embargo, no se observó una diferencia estadísticamente significativa en relación con el porcentaje de materia seca.

Theourn et al., (2022) realizaron un estudio titulado “Combination of vermicompost and mineral fertilizer on growth and yield of romaine lettuce (*Lactuca sativa* var. longifolia Lam)”, con el objetivo de evaluar el efecto de la aplicación combinada de vermicompost y fertilización mineral en el crecimiento y rendimiento de la lechuga. El experimento se desarrolló durante dos temporadas bajo un diseño factorial con tres niveles de vermicompost (1.5, 2.5 y 3.5 t/fed) y tres niveles de nitrógeno mineral (50, 75 y 100 % de la dosis recomendada). Los resultados mostraron que la combinación de 3.5 t/fed de vermicompost con 75 % de nitrógeno produjo los mayores valores de peso fresco, porcentaje de materia seca y rendimiento del cultivo, superando a los demás tratamientos. Los autores concluyeron que la integración de vermicompost con fertilización mineral mejora el crecimiento, rendimiento y calidad de la lechuga en comparación con la aplicación individual de fertilizantes.

2.1.2 Nacionales

Eugenio (2023), en el Servicio Silvo Agropecuario de la Universidad Nacional de Cajamarca, realizó un estudio titulado “Rendimiento del cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) var. Great Lakes, con tres dosis y tres momentos de aplicación de bioestimulante Folirey Stimul en el Valle de Cajamarca”, cuyo objetivo fue evaluar el efecto del producto y determinar la dosis y momento óptimos. Se empleó un diseño de bloques completamente al azar factorial $3 \times 3 + 1$ con tres momentos de aplicación (15, 35 y 60 días después del trasplante), tres dosis (15, 35 y 50 ml/20 L) y un testigo, con tres repeticiones en 270 m² y densidad de 80 000 plantas/ha. Se analizaron variables agronómicas y de rendimiento mediante ANOVA y Tukey ($p < 0,05$). No se detectó interacción significativa entre dosis y momento, pero sí efectos individuales;

el mejor rendimiento se obtuvo a los 35 días y con 50 ml/20 L, destacando el tratamiento M2-D3 con 67,55 t/ha y superiores valores de altura, diámetro y área foliar. El estudio concluyó que la aplicación de Folirey Stimul a una dosis de 50 ml por 20 litros a los 35 días después del trasplante optimiza el rendimiento sin que se produzcan interacciones.

Marcañaupa (2021), llevó a cabo una evaluación del efecto de dos dosis de bioestimulante ($d1 = 0$ ml/ha y $d2 = 250$ ml/ha) en tres distanciamientos ($D1 = 20$ cm, $D2 = 30$ cm y $D3 = 40$ cm) en cultivos de lechuga (*Lactuca sativa L.*) de la variedad escarola (Great Lakes 118). Se analizaron cuatro variables: altura de planta, grosor de cabeza, rendimiento y peso de materia seca, en dos zonas de estudio del Distrito de Lircay, Provincia de Angaraes, Huancavelica. La Unidad logía fue dependiente. Se llevó a cabo un diseño de bloques completamente al azar, utilizando un esquema factorial 3×2 con tres repeticiones. Los divisores considerados serán $d =$ dosis ($d1$ y $d2$) y $D =$ distanciamientos ($D1$, $D2$ y $D3$). Se realizará un análisis variado entre las zonas de Tranca y Anchacclla, lo que permitirá obtener un total de 12 tratamientos y 36 observaciones. Se concluye que la interacción de la dosis del bioestimulante Stingen (250 ml) con el $D1$ (20 cm) en la variedad Great Lakes resultó en la mayor producción, alcanzando 27,095.14 kg/ha en la zona Z2 (Anchacclla).

Incio (2019), en su investigación titulada "Efecto de cuatro dosis de biol en el rendimiento de lechuga (*Lactuca sativa L.*) variedad White Boston en Cajamarca", desarrollada para la Universidad Nacional de Cajamarca, tuvo como objetivo determinar el efecto de cuatro dosis de biol (50 mL, 100 mL, 150 mL y 200 mL) en el rendimiento de la lechuga (*Lactuca sativa L.*) variedad White Boston, se llevó a cabo una investigación utilizando el diseño experimental de bloques aleatorios, con cuatro repeticiones, cuatro tratamientos y un testigo. El biol se administró alrededor de cada planta conforme a las dosis establecidas en el estudio. Con la determinación de que el rendimiento del cultivo no posee relevancia estadística, pero sí diferenciación numérica, con el tratamiento 3 (150 mL) permitiendo la recolección de 2.302 toneladas por hectárea.

Vílchez (2025), en la Universidad Nacional Agraria La Molina, realizó la investigación titulada “Aplicación foliar de microalgas en tres cultivares de lechuga (*Lactuca sativa* L.) en La Molina”, con el objetivo de evaluar el efecto de un biofertilizante a base de microalgas aplicado vía foliar sobre el rendimiento y características agronómicas de tres cultivares de lechuga. El estudio se desarrolló bajo un diseño factorial con tres cultivares y dos dosis de microalgas (5 y 10 L/ha) más un testigo. Los resultados mostraron que el cultivar 109 alcanzó el mayor rendimiento con 48,66 t/ha, seguido del cultivar MHK con 43,27 t/ha; asimismo, la dosis de 5 L/ha registró un rendimiento promedio de 42,76 t/ha, superior a la dosis de 10 L/ha con 37,36 t/ha. Se concluyó que la aplicación foliar de microalgas puede mejorar el rendimiento del cultivo de lechuga dependiendo del cultivar y la dosis aplicada.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Origen

La lechuga (*Lactuca sativa* L.) es una hortaliza de hoja de amplia difusión, cuyo origen ha sido consistentemente asociado, con la región mediterránea. Desde este lugar, su cultivo se ha expandido y diversificado a través de la selección humana, dando lugar a múltiples morfotipos hortícolas (Jiang et al., 2021). La domesticación y el mejoramiento han reorganizado de manera significativa la diversidad utilizable. Esto permite explicar la diferenciación de cultivares y su adaptación a diversos ambientes de producción (Cao et al., 2025).

2.2.2 Importancia de la lechuga

La relevancia de la lechuga se fundamenta en su elevado consumo como hortaliza fresca y en su función nutricional en las dietas contemporáneas, lo que ha promovido su intensificación productiva y el desarrollo de investigaciones dirigidas a mejorar el rendimiento y la calidad (Jiang et al., 2021). Desde una perspectiva económica y agronómica, se examina en el Perú la opción de considerar esta alternativa para los pequeños productores, dado su potencial de

rentabilidad y la posibilidad de mejorar el rendimiento a través de la introducción y selección de cultivares adaptados a las condiciones locales (Quiñones, 2023).

2.2.3 Clasificación taxonómica

Tabla 2

Clasificación taxonómica de la lechuga (Lactuca sativa L.)

Categoría	Clasificación
Reino	Plantae
División	Tracheophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Asterales
Familia	Asteraceae
Subfamilia	Cichorioideae
Tribu	Cichorieae
Subtribu	Lactucinae
Género	<i>Lactuca</i>
Especie	<i>Lactuca sativa</i>

Nota. Jiang et al. (2021)

2.2.4 Valor nutricional de la lechuga

La Tabla 3 muestra la Composición nutricional de la lechuga (*Lactuca sativa*)

Tabla 3

Composición nutricional de la lechuga (Lactuca sativa L.)

Parámetro	Contenido	Unidad
Agua	94–96	%
Energía	13	kcal

Proteína	1.3	g
Carbohidratos	2.2	g
Fibra	1.1	g
Grasa	0.2	g
Calcio	35	mg
Hierro	1.2	mg
Potasio	238	mg
Folatos	73	μg
Vitamina A	166	μg
Vitamina K	102	μg

Nota. Medina et al. (2021).

2.2.5 Variedad Alpha

La variedad Alpha de lechuga (*Lactuca sativa* L.) se clasifica dentro del grupo Crisphead o iceberg (*L. sativa* var. *crispa*). Esta variedad se caracteriza por la formación de cabezas compactas y crujientes, siendo recomendada para su cultivo en regiones subtropicales, como el oriente antioqueño en Colombia. Asimismo, se menciona la existencia de otras variedades, tales como (Vargas et al., 2017). Esta variedad presenta un potencial significativo en sistemas hidropónicos, destacándose por su tolerancia ambiental y rendimientos estables; sin embargo, es necesario un manejo adecuado de nutrientes para optimizar su calidad

2.2.6 Fenología del cultivo de lechuga

La Tabla 4 muestra las etapas fenológicas de la lechuga (*Lactuca sativa* L.) según días después del trasplante.

Tabla 4*Etapas fenológicas de la lechuga (Lactuca sativa L.) DDT*

Etapa fenológica	Días después del trasplante (DDT)	Características del desarrollo
Establecimiento o adaptación	0 – 7 días	La planta se adapta al suelo; desarrollo inicial de raíces y aparición de 2–3 hojas verdaderas.
Crecimiento inicial	8 – 15 días	Incremento del número de hojas (4–6 hojas); crecimiento lento del área foliar.
Crecimiento vegetativo	16 – 30 días	Desarrollo activo de hojas (7–12 hojas); aumento de altura de planta y área foliar.
Formación de roseta (inicio de escarola)	31 – 40 días	Las hojas comienzan a disponerse en forma compacta; mayor acumulación de biomasa.
Desarrollo de escarola	41 – 50 días	La roseta alcanza mayor tamaño; incremento rápido del peso fresco de la planta.
Madurez comercial (cosecha)	50 – 60 días	Planta con máximo número de hojas y tamaño comercial adecuado para cosecha.

Nota. Abad (2022); Quispe (2024).

2.2.7 Morfología de la lechuga

La morfología de la lechuga (*Lactuca sativa L.*) es de una planta herbácea anual con raíces pivotantes y ramificadas de 25 a 60 cm, que permiten una eficiente absorción de nutrientes en diversos suelos. Esta estructura varía según el cultivar y las condiciones ambientales, como en sistemas hidropónicos, donde las raíces se adaptan a entornos acuosos (Mendieta, 2023). El tallo es cilíndrico, corto y erguido en la fase vegetativa. En la etapa reproductiva, puede elongarse hasta un metro, influyendo en la transición de roseta a inflorescencia. Este aspecto es fundamental para el manejo agronómico (Quiñones, 2023). Las hojas en roseta basal son obovadas, con márgenes dentado-crenados o sésiles, y varían morfológicamente: arreboladas en

tipos capitata y desplegadas en tipos romana. Son el órgano principal de consumo, influyendo en el rendimiento por su textura y contenido nutricional. Factores como iluminación y fertilización influyen en su desarrollo, evidenciado en estudios andinos, donde las hojas externas son más robustas (Mendieta, 2023). Las flores se organizan en capítulos amarillos, panículas o corimbos, con brácteas y estambres. Los frutos son aquenios, de 6 a 8 mm, sin alas. Las semillas son redondas, con vilano plumoso y un breve periodo de dormancia que favorece la rápida germinación en semilleros.

2.2.7.1 Raíz.

El sistema radicular de la lechuga (*Lactuca sativa L.*) presenta características pivotantes y ramificadas, con una raíz principal de corta longitud que no supera los 25-30 cm de profundidad. Esta estructura permite una absorción eficiente de nutrientes en suelos superficiales. Sin embargo, su desarrollo puede verse afectado por la compactación del suelo o por condiciones hidropónicas, en las cuales la planta tiende a desarrollar una mayor ramificación lateral para optimizar tanto el anclaje como la nutrición en entornos controlados (Quiñones, 2023).

2.2.7.2 Tallo.

Presenta forma cilíndrica, de corta longitud y se mantiene erguido durante la fase vegetativa, alcanzando menos de 10 cm. Este tallo actúa como soporte para la roseta de hojas, sin presentar ramificaciones significativas hasta la etapa reproductiva, en la cual se alarga hasta 1 m para facilitar el proceso de floración. Este proceso se ve influenciado por factores tales como la temperatura y el fotoperíodo, los cuales pueden inducir un espigado prematuro en cultivos subtropicales (Pérez, 2021).

2.2.7.3 Hojas.

Se organizan inicialmente en forma de roseta basal, exhibiendo formaciones obovadas, lanceoladas o redondas, bordes lisos, ondulados o dentados dependiendo de la variedad, y texturas mantecosas o crujientes que determinan su valor comercial. Las hojas alcanzan longitudes de 10-30 cm y números variables (hasta 17-20 por

planta en condiciones óptimas), y están influenciadas por factores como la luz y la fertilización que afectan la clorofila y el cierre del cogollo (Criollo, 2023).

2.2.7.4 Inflorescencia.

Se caracteriza por panículas o corimbos constituidos por capítulos, emergiendo del tallo elongado durante la etapa reproductiva, con brácteas involucradas que resguardan las flores. Este arreglo promueve la polinización autógena, pero puede disminuir los rendimientos si se produce prematuramente debido a estrés térmico superior a 25°C (Marcañaupa, 2021).

2.2.7.5 Semilla.

Las semillas de la lechuga son aquenios obovados, indehiscentes y comprimidos (3-4 mm de longitud, 6-8 mm con vilano), con 5-7 costillas por lado y un vilano plumoso blanco que contribuye a la dispersión anemócora. Las semillas presentan tonalidades de blanco, gris o marrón dependiendo de la variedad, y un gramo contiene 800-1000 semillas que necesitan luz para romper su dormancia (Tejada, 2022).

2.2.8 Requerimientos edafoclimáticos de la lechuga

2.2.8.1 Clima.

El clima se refiere a las condiciones atmosféricas promedio de una región, que incluyen la temperatura, la precipitación, la radiación solar, la humedad y el viento. Estos factores determinan la viabilidad y productividad de cultivos como la lechuga (*Lactuca sativa L.*), al influir de manera directa en procesos fisiológicos tales como la fotosíntesis, la transpiración y el crecimiento vegetativo (Gutiérrez, 2011). Este cultivo se desarrolla de manera óptima en climas templado-frescos, con precipitaciones que oscilan entre 300 y 600 mm a lo largo de su ciclo. Por el contrario, condiciones más cálidas, secas o excesivamente húmedas pueden provocar estrés hídrico, anegamiento o favorecer la aparición de enfermedades, lo que puede reducir el rendimiento en un 35 a 50 % y afectar la calidad comercial (Marcas et al., 2024). Asimismo, las temperaturas elevadas pueden provocar espigado prematuro debido a

alteraciones hormonales, lo que compromete la formación de cabezas compactas (Gutiérrez, 2011).

2.2.8.2 Temperatura.

La temperatura se define como el grado de calor ambiental, medido en °C, que regula procesos enzimáticos en la lechuga. Fisiológicamente, es vital para la germinación, expansión celular y fotosíntesis, con una relación lineal en la tasa de crecimiento entre 10-30 °C (J. Gutiérrez, 2011). Rangos óptimos son 13-18 °C (promedio mensual), subóptimos 7-24 °C con manejo, y críticos >30 °C o <5 °C, inducen bolting o heladas (Cruz & Flores, 2025).

2.2.8.3 Humedad.

Fisiológicamente, mantiene la turgencia celular y previene estrés hídrico, interactuando con temperatura para regular la apertura estomática (Quiñones, 2023). Rangos óptimos son 60-80%, subóptimos 50-60% con riego adicional, y críticos >90%.

2.2.8.4 Suelo.

El suelo se define como el medio edáfico que soporta raíces, proporcionando nutrientes, agua y oxígeno para la lechuga. Fisiológicamente, es esencial para la absorción radicular superficial (Cruz & Flores, 2025). Fisiológicamente, pH óptimo maximiza disponibilidad de NPK; alta EC induce toxicidad salina, reduciendo osmosis (Gutiérrez, 2011).

2.2.8.5 Altitud.

La altitud se define como la elevación sobre el nivel del mar (msnm), influyendo en presión atmosférica, temperatura y radiación UV para la lechuga. Fisiológicamente, afecta la fotosíntesis por menor CO₂ en altitudes altas, requiriendo adaptaciones genotípicas para eficiencia hídrica (Marcas et al., 2024). Rangos óptimos 0-2000 msnm en climas templados, subóptimos 2000-3000 msnm con variedades resistentes, críticos >3000 msnm por heladas o <0 msnm por calor.

2.2.9 Plagas

2.2.9.1 Pulgones (*Aphididae*).

Los pulgones, son chupadores de savia con un ciclo de vida vivíparo partenogenético y varias generaciones anualmente. (Gutiérrez et al., 2023), informan que en lechugas orgánicas peruanas hay más de 60 de ellos presentes en menos de 50 días en climas tropicales; los síntomas son deformación foliar, clorosis y melaza, favoreciendo la fumagina y la transmisión de virus. (Simko et al., 2021), describe las condiciones predisponentes como alta densidad, exceso de nitrógeno y temperatura entre 18-25°C con baja humedad; la importancia agronómica en pérdidas de hasta el 39% en hidroponía, de calidad y aumento de infecciones secundarias, reportadas por (Weintraub et al., 2017). Los informes de manejo integrado mencionan trampas amarillas, variedades tolerantes, depredadores como *Coccinella* y parasitoides como *Aphidius colemani*, además de extractos como ajo, según (He et al., 2020).

2.2.9.2 Trips (*Frankliniella spp.*).

Los trips, que pertenecen al orden *Thysanoptera (Thripidae)* y que se caracterizan principalmente por la *Frankliniella occidentalis*, pasan por un ciclo de vida que incluye huevo, larva, pupa y adulto. Este insecto tiene varias generaciones en climas cálidos y secos; su alimentación consiste en succionar y raspar (He et al., 2020). Los trips causan manchas plateadas, deformaciones y necrosis, además de transmitir tospovirus a cultivos de lechuga en Sudamérica como Argentina y Brasil. Las condiciones favorables para su desarrollo son temperaturas entre 20-30°C, baja humedad y la presencia de malezas cercanas. Su impacto es significativo ya que puede provocar una reducción del rendimiento comercial de hasta el 50% debido a daños estéticos y virales (Weintraub et al., 2017). El manejo integrado sugerido por (Walsh et al., 2020) en contextos incluye trampas azules; rotación; eliminación de residuos; depredadores como *Amblyseius swirskii* u *Orius spp.*; extractos de ajo/canela para reducir el uso de químicos sintéticos. Por último, (Simko et al., 2021) señalan que la resistencia varietal es esencial para disminuir los impactos negativos.

2.2.9.3 Minador (*Liriomyza huidobrensis*).

El minador, deposita sus huevos en el mesófilo de las plantas. Las larvas excavan galerías serpenteantes, mientras que las pupas se desarrollan en el suelo o en el follaje. El ciclo biológico de esta especie varía entre 17 y 65 días, siendo óptimo en condiciones de 20 a 25 °C. Según Weintraub et al., (2017) las minas generadas por este insecto reducen la fotosíntesis, provocan clorosis, defoliación y facilitan la aparición de patógenos secundarios. Las condiciones que favorecen su proliferación incluyen altas densidades de población, exceso de riego y la presencia de hospederos alternos. Su impacto es significativo, con pérdidas que pueden alcanzar hasta el 67% en los valles peruanos durante la temporada invernal, lo que afecta la exportación de productos agrícolas. El manejo integrado de esta plaga incluye el uso de trampas amarillas (20 a 25 por hectárea), la selección de variedades resistentes, la destrucción de residuos, la introducción de parasitoides como *Diglyphus isaea* y nematodos del género *Steinernema*, así como la implementación de rotaciones de cultivos y barreras físicas. Estas estrategias han sido recomendadas por (Walsh et al., 2020).

2.2.9.4 Mosca blanca (*Bemisia tabaci*).

Es un insecto polífago con un ciclo biológico que tiene tres etapas: huevo, ninfa y adulto. En climas cálidos y húmedos, este insecto puede completar varias generaciones al año; tanto las ninfas como los adultos se alimentan de la savia y excretan melaza. (He et al., 2020) afirman que en lechuga sudamericana provoca clorosis, deformación del follaje, enrollamiento y transmisión de geminivirus como el virus del mosaico dorado. Las condiciones propensas para su desarrollo incluyen temperaturas de 25-30°C, una alta densidad de cultivo y hospederos alternativos como solanáceas. Su importancia radica en que puede reducir hasta un 70% el rendimiento por daños virales o directos, lo cual impacta las exportaciones en Perú y Brasil; esto fue indicado por (Weintraub et al., 2017) en revisiones actualizadas a 2020. Para su control integrado se utilizan trampas amarillas, rotación de cultivos, depredadores como *Encarsia formosa* y ácaros *Amblyseius swirskii*, extractos neem y ajo para minimizar el uso de químicos; esta estrategia fue propuesta por (Rodríguez, 2022).

2.2.10 Enfermedades

2.2.10.1 Oídio (*Erysiphe cichoracearum*).

El oídio, es un patógeno obligado que produce conidios aéreos que germinan en hojas secas, formando haustorios. Simko et al., (2021) documentan la presencia de un polvo blanco, clorosis, deformaciones y defoliación asociadas a esta enfermedad. Las condiciones propicias para su desarrollo incluyen una humedad del 50 al 70%, temperaturas entre 15 y 25 °C, y alta densidad de cultivo. Este patógeno es relevante debido a su capacidad para reducir la fotosíntesis y la calidad de los cultivos en un 30%, un problema que se agrava en invernaderos de América del Sur, según lo indicado por Salinier et al., (2022) en relación con la resistencia. El manejo integrado de esta enfermedad incluye el uso de variedades resistentes, la mejora de la ventilación, la eliminación de residuos y la aplicación de *Bacillus subtilis*, que presenta una inhibición de lipopéptidos del 42 al 90%, o de *Reynoutria sachalinensis*, que es efectivo en un 85%. Además, se recomienda el uso de fungicidas alternados para evitar el desarrollo de resistencias, tal como lo sugieren Arad et al., (2025) en su estudio sobre endófitos aplicables. Por último, Weintraub et al., (2017) subrayan la importancia del monitoreo en el contexto sudamericano.

2.2.10.2 Pudrición gris (*Botrytis cinérea*).

La pudrición gris, también conocida como *botrytis*. Este organismo es necrotófico y produce conidios y esclerocios que infectan heridas, liberando toxinas. Según Kim et al., (2021) se observan manchas acuosas de color amarillo-café en las partes basales, así como la presencia de moho gris y pudrición blanda en el periodo postcosecha. Las condiciones propicias para su desarrollo incluyen una humedad superior al 95%, temperaturas entre 15 y 20 °C y una ventilación deficiente. La importancia de este patógeno radica en que puede ocasionar pérdidas de hasta el 60% en cultivos hidropónicos, afectando el almacenamiento en países sudamericanos, (Simko et al., 2021). El manejo integrado de esta enfermedad incluye medidas de saneamiento, control de la humedad, el uso de variedades tolerantes y la aplicación de *Bacillus subtilis*, que ha demostrado una reducción del 91 al 96% en la incidencia

de la enfermedad, o de *Trichoderma harzianum*, que induce resistencia. La exposición a luz UV-C puede activar especies reactivas de oxígeno (Salinier et al., 2022).

2.2.10.3 Antracnosis (*Marssonina panattoniana*).

La antracnosis es una enfermedad necrotrófica cuyas esporas se dispersan a través del agua y el viento. Estas esporas germinan en condiciones de humedad, formando apresorios. Montero et al., (2023) describen la presencia de manchas necróticas circulares con halos amarillos en hojas, pecíolos y frutos, así como la pudrición postcosecha en lechuga de origen centroamericano. Las condiciones propicias para su desarrollo incluyen una humedad superior al 80%, temperaturas entre 20 y 30 °C, y la existencia de heridas en las plantas. Esta enfermedad es de gran relevancia, ya que puede ocasionar pérdidas de hasta el 40% en cultivos hidropónicos en Sudamérica, limitando así la calidad de la poscosecha, según lo indicado por Simko et al., (2021) en sus revisiones. El manejo integrado de la antracnosis incluye prácticas de saneamiento, la rotación con cultivos no hospederos y la aplicación de fungicidas como flutolanil y captan (0.20%), que logran una inhibición del 100% in vitro. Además, se sugiere el uso de *Trichoderma* spp. para fomentar la resistencia, así como el monitoreo temprano, tal como lo proponen (Salinier et al., 2022) en sus estudios sobre colecciones de lechuga.

2.2.10.4 Pedumbre blanda (*Erwinia carotovora*).

La podredumbre blanda, que es provocada por la bacteria *Pectobacterium carotovorum* (anteriormente conocida como *Erwinia carotovora*), una necrotrófica de la familia Pectobacteriaceae (*Gammaproteobacteria*), se distingue por generar enzimas pectinolíticas que se extienden mediante el agua o los insectos y que atacan sobre todo a las lesiones en las plantas. La enfermedad se presenta en la lechuga europea, aunque también es importante en Sudamérica. Según Rodríguez (2022), sus síntomas son: manchas acuosas en la base, pudrición blanda con mal olor y colapso después de la cosecha. Para su desarrollo, se requieren condiciones ideales: humedad superior al 85%, temperaturas que oscilen entre 15 y 25 °C y la existencia de lesiones mecánicas, su efecto es notable, con pérdidas de hasta un 40-60% en cultivos

hidropónicos argentinos y un impacto en la comercialización. De acuerdo con Kim et al., (2021) el manejo integrado incluye las siguientes acciones: control de la humedad, desinfección con UV-C, aplicación de *Bacillus subtilis* (que disminuye la incidencia hasta un 80% por medio de competencia) y medidas sanitarias.

2.2.11 Bioestimulantes

2.2.11.1 Biofermentado de cáscaras de frutas mixtas.

El uso de cáscaras de frutas como bioestimulantes agrícolas constituye una estrategia sostenible que contribuye a mejorar el crecimiento y desarrollo de cultivos hortícolas. Estos residuos orgánicos contienen compuestos bioactivos, nutrientes y microorganismos beneficiosos que estimulan procesos fisiológicos de las plantas y favorecen la absorción de nutrientes del suelo (Sakib, 2021; Teshome, 2022). Investigaciones señalan que la transformación de cáscaras mediante fermentación o producción de eco-enzimas permite obtener bioestimulantes naturales capaces de potenciar el desarrollo vegetal (Siregar et al., 2024). En cultivos de hoja como la lechuga (*Lactuca sativa L.*), su aplicación puede mejorar variables agronómicas como el crecimiento vegetativo, el número de hojas y el rendimiento productivo (Irmawan et al., 2025). Además, su utilización promueve el aprovechamiento de residuos agroalimentarios y el desarrollo de prácticas agrícolas sostenibles (Kumar et al., 2020; Wadhwa et al., 2016). Asimismo, Voss et al. (2024) reportan que los extractos fermentados de residuos frutales son aplicados comúnmente en concentraciones entre 1 y 5% vía foliar o al suelo para estimular el crecimiento vegetal y mejorar la disponibilidad nutricional. En este contexto, la preparación de 500 g de cáscaras de plátano, piña y manzana en 2 L de agua con 150 g de melaza durante 10 días y su aplicación a razón de 100 mL en 10 L de agua (1%) cada 10 días se encuentra dentro de los rangos utilizados para biofertilizantes líquidos orgánicos empleados en hortalizas de hoja.

2.2.11.2 Fermentado de restos de lechuga y ortiga.

El uso de extractos y fermentados de origen vegetal ha sido ampliamente estudiado como alternativa sostenible para mejorar la productividad de los cultivos

hortícolas. En este contexto, la ortiga (*Urtica dioica L.*) ha sido utilizada para la elaboración de extractos acuosos y fermentados con propiedades fertilizantes y bioestimulantes, debido a su alto contenido de nitrógeno, minerales y compuestos bioactivos que favorecen el crecimiento vegetal. Estudios han demostrado que la aplicación de extracto de ortiga puede mejorar el desarrollo vegetativo, la absorción de nutrientes y el rendimiento en cultivos agrícolas, evidenciando su potencial como insumo orgánico dentro de sistemas de agricultura sostenible (Maričić et al., 2021). De manera similar, la valorización de residuos vegetales, como los restos de lechuga, mediante procesos de fermentación permite obtener bioestimulantes naturales capaces de estimular la germinación, el crecimiento inicial y la producción de biomasa en cultivos hortícolas como la lechuga (*Lactuca sativa*), contribuyendo al aprovechamiento de residuos orgánicos y al desarrollo de prácticas agrícolas más sostenibles (Ebel & Kissmann, 2019; Porras et al., 2025). Destacan que la melaza incrementa la actividad microbiológica y mejora la liberación de nutrientes durante la fermentación. Por ello, la fermentación de 1 kg de restos de lechuga y 1 kg de ortiga fresca en 10 L de agua con 200 g de melaza durante 15 días y la aplicación de 100 mL/L en riego y 50 mL/L vía foliar cada 10 días corresponde a concentraciones frecuentemente utilizadas en bioinsumos líquidos orgánicos destinados a cultivos de lechuga.

2.2.11.3 Té de follaje de leguminosas.

El uso de extractos o té de follaje de leguminosas, como la alfalfa (*Medicago sativa*), ha sido estudiado como una alternativa natural para estimular el crecimiento de cultivos hortícolas. Estos bioextractos contienen compuestos bioactivos, aminoácidos y fitohormonas que favorecen la actividad fisiológica de las plantas y mejoran la absorción de nutrientes (Shahrajabian et al., 2021). En cultivos de hoja como la lechuga (*Lactuca sativa*), su aplicación puede incrementar el desarrollo vegetativo, el área foliar y la biomasa del cultivo (Hamed et al., 2022). Por ello, el té de follaje de alfalfa se considera un bioestimulante potencial dentro de sistemas de producción agrícola sostenibles (Wadhwa et al., 2016). Voss et al. (2024) señalan que los extractos y bioestimulantes derivados de alfalfa mejoran el rendimiento y calidad

de cultivos hortícolas cuando se aplican en bajas concentraciones vía foliar. Diversos estudios sobre extractos vegetales reportan aplicaciones entre 1 y 3% para estimular procesos fisiológicos sin causar fitotoxicidad. En ese sentido, la elaboración de un té a partir de 1 kg de follaje fresco de alfalfa en 10 L de agua mediante extracción acuosa y su aplicación foliar a razón de 100 mL/L de agua (10%) cada 10 días se encuentra dentro de los rangos utilizados para bioestimulantes orgánicos líquidos aplicados durante el crecimiento vegetativo de hortalizas.

2.2.11.4 Extracto de cáscara de plátano y papaya.

El aprovechamiento de residuos de frutas para la elaboración de extractos orgánicos ha sido estudiado como una alternativa sostenible para mejorar la producción agrícola. En este contexto, el extracto de cáscara de plátano ha demostrado favorecer el crecimiento vegetativo y el rendimiento de cultivos hortícolas al aportar nutrientes esenciales y compuestos bioactivos que estimulan el desarrollo de las plantas (Howeidi et al., 2023). De manera similar, los fertilizantes elaborados a partir de cáscaras de papaya contribuyen a mejorar la fertilidad del suelo y el crecimiento de los cultivos debido a su contenido de materia orgánica y nutrientes disponibles (Dahunsi et al., 2021). Por ello, el uso de extractos de cáscaras de frutas representa una alternativa ecológica con potencial para estimular el crecimiento y la productividad en cultivos de hoja como la lechuga (*Lactuca sativa*). Rahman y Ahmad (2025) añaden que la melaza mejora la eficiencia fermentativa y estabiliza el proceso microbiológico. Las aplicaciones de biofermentados frutales suelen realizarse en concentraciones cercanas al 1–5% vía foliar o al suelo; por ello, la utilización de 100 mL del extracto en 10 L de agua (1%) cada 10 días se encuentra dentro de los rangos recomendados para bioestimulantes líquidos empleados en cultivos hortícolas.

2.3 Definición de términos

2.3.1 Bioestimulantes

Los bioestimulantes son sustancias o microorganismos que, al ser aplicados a semillas, plantas o al suelo, colonizan la rizosfera o el interior de la planta y fomentan el crecimiento vegetal. Esto se logra mediante la mejora de la absorción de nutrientes,

el aumento de la tolerancia al estrés abiótico y la optimización de la calidad del cultivo, a través de mecanismos fisiológicos y bioquímicos, tales como la síntesis de hormonas vegetales y la activación de vías metabólicas. Granados (2022), subraya que estos productos representan una alternativa sostenible para mejorar el rendimiento en sistemas hortícolas, al tiempo que disminuyen la dependencia de fertilizantes químicos y favorecen la resiliencia ambiental en América Latina.

2.3.2 Comportamiento agronómico

El comportamiento agronómico se caracteriza como la reacción holística de un cultivo hortícola ante las condiciones ambientales y prácticas de manejo, incluyendo el crecimiento vegetativo, el desarrollo reproductivo, la adaptación al estrés y la productividad total. Esta respuesta se evalúa a través de variables como la altura de la planta, la cantidad de frutos y la resistencia a factores bióticos. Rosero et al. (2024), consideran fundamental para la identificación de cultivares de alta calidad en contextos protegidos y de campo abierto, lo que facilita la elección de genotipos adaptados a los contextos agroecológicos peruanos y fomenta la sostenibilidad en la agricultura.

2.3.3 Rendimiento

La eficiencia en la utilización de la tierra agrícola, potenciada por técnicas de cultivo y administración de recursos, evidencia la capacidad productiva viable económicamente en sistemas hortícolas. Marín (2002), examina como un factor determinante para las tendencias en la producción vegetal en Latinoamérica, fomentando la innovación tecnológica y la sostenibilidad.

2.3.4 Residuos agrícolas

Representan la biomasa orgánica residual producida durante las operaciones de cultivo, que abarca tallos y hojas que pueden ser procesados mediante el compostaje para optimizar las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. Neyra et al., (2021) enfatizan que estos materiales constituyen una oportunidad para la economía circular, posibilitando su reaprovechamiento como fertilizantes orgánicos que potencian la fertilidad del suelo y disminuyen la dependencia de insumos químicos.

2.3.5 Área foliar

Representa la superficie total ocupada por las hojas de una planta, calculada mediante métodos indirectos como el análisis de regresión lineal basado en dimensiones lineales de las hojas, y sirve como indicador clave del potencial fotosintético y de crecimiento vegetal en cultivos andinos. Seminario et al., (2016) explican que esta métrica es crucial para evaluar el vigor de morfotipos, facilitando la selección de variedades con mayor eficiencia en la interceptación de radiación solar.

2.3.6 Biomasa vegetal

Se define como la cantidad total de materia orgánica generada por una planta, la cual se expresa comúnmente en términos de peso fresco o peso seco. Este indicador se utiliza para evaluar el crecimiento y la productividad del cultivo (Vega et al., 2015).

2.3.7 Agroecosistema

Se trata de un sistema ecológico que ha sido modificado por la intervención humana con el propósito de la producción agrícola. En este sistema, interactúan factores bióticos y abióticos, tales como el suelo, las plantas, el clima, los microorganismos y las prácticas de manejo agronómico (Marín, 2002).

2.3.8 Plántula

Se define como plántula a la planta joven que surge tras la germinación de la semilla y que exhibe las primeras hojas verdaderas, constituyendo una etapa crítica para el establecimiento del cultivo (Rosero et al., 2024).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 Tipo y nivel de investigación

3.1.1 Tipo de investigación

La investigación es de tipo aplicada ya que busca solucionar un problema específico en la producción de lechuga, evaluando técnicas agronómicas viables (Singh, 2007). La investigación aplicada busca resolver problemas prácticos concretos utilizando el conocimiento científico (Gliner et al., 2011).

3.1.2 Nivel de investigación

La investigación es de nivel explicativo/experimental, porque tiene como propósito identificar y explicar las causas que dan origen a un fenómeno, estableciendo relaciones de causa y efecto entre las variables analizadas. De acuerdo con Hernández et al., (2014) la investigación explicativa tiene como objetivo determinar las razones por las cuales ocurre un fenómeno y las condiciones en las que se manifiesta, mediante el análisis de la relación causal entre variables. De manera similar, Arias (2012), indica que este nivel de investigación tiene como objetivo explicar las causas de los hechos o fenómenos a través de la verificación de hipótesis, lo cual permite identificar los factores que los generan.

3.1.3 Método de investigación

Se utilizó el método cuantitativo que es un enfoque de investigación que se basa en la recolección y análisis de datos numéricos mediante procedimientos estadísticos para probar hipótesis y establecer relaciones entre variables (Hernández et al., 2014).

3.1.4 Diseño de investigación

Diseño Completamente al Azar (DCA) es un diseño experimental en el cual los tratamientos se asignan de manera aleatoria a las unidades experimentales, siendo adecuado cuando estas presentan condiciones homogéneas. Según Hernández et al., (2014) el DCA se fundamenta en la aleatorización para reducir el error experimental y garantizar la validez estadística de los resultados. Asimismo, Montgomery (2013), señala que este diseño es el más sencillo y eficiente cuando las unidades experimentales poseen características similares.

$$Y_{ij} = \mu + T_i + E_{ij}$$

Y_{ij} = Respuesta observada

μ = Media general (constante)

T_i = Efecto del i – ésimo tratamiento (1 ... 4).

E_{ij} = Error experiemental en la unidad j del tratmiento i

Se utilizó el DCA porque permitió estudiar el efecto de cuatro bioestimulantes sobre el rendimiento y comportamiento agronómico de 24 unidades experimentales de lechuga. La tabla 5 muestra los tratamientos a evaluar

Tabla 5

Bioestimulantes evaluados para el cultivo de lechuga

Tratamientos	Bioestimulantes
T1	Biofermentado de cáscaras de frutas mixtas
T2	Fermentado de restos de lechuga y ortiga
T3	Té de follaje de leguminosas
T4	Extracto de cáscara de plátano y papaya

Nota. Tratamientos evaluados.

3.1.4.1 Distribución de grilla

Tabla 6

Distribución aleatoria de tratamientos experimentales

TRATAMIENTOS			
T2	T4	T1	T3
T1	T4	T3	T2
T2	T4	T1	T1
T3	T4	T2	T3
T4	T1	T3	T2
T1	T2	T4	T3

Nota. T1, T2, T3 y T4 representan los tratamientos asignados aleatoriamente.

3.1.5 Dimensiones evaluadas

Variable Lechuga (*Lactuca sativa*)

a. Dimensión Rendimiento

Corresponde a la producción total de biomasa cosechable por unidad de área, integrando factores como nutrición y manejo, con el objetivo de optimizar la productividad económica y sostenible, ya que tiene una influencia directa sobre el peso cosechable y la eficiencia de los recursos. Según Islam et al., (2021) su evaluación se basa en la medición del peso total de cabezas por hectárea entre los 45 a 60 días después del trasplante.

- Peso fresco

El peso fresco de lechuga es el peso total de la planta o de sus partes comestibles una vez cosechada, y es un indicador del vigor de la planta y de la cantidad de biomasa acumulada, lo que tiene incidencia sobre el rendimiento comercial y sobre la respuesta a los estreses. Abubakari et al., (2011) señalan que en campo se evalúa pesando muestras representativas con balanza analítica inmediatamente después de la cosecha, expresado en gramos por planta o toneladas hectárea.

- Peso seco

El peso seco cuantifica la biomasa orgánica en lechuga tras eliminar el agua, evaluando la eficiencia fotosintética y nutricional para un rendimiento neto sostenible, independientemente del contenido hídrico. Akter et al., (2025) describen su medición en laboratorio secando muestras a 70-80°C hasta peso constante, usando balanza analítica para calcular gramos por planta y correlacionar con crecimiento.

- **Materia seca**

La materia seca corresponde al peso del tejido vegetal una vez eliminada completamente el agua presente en la planta (Silva et al., 2025). Esta variable permite evaluar la acumulación real de biomasa producida por el cultivo, reflejando el crecimiento y desarrollo de la planta sin la influencia del contenido de humedad. Generalmente se determina mediante el secado de la muestra vegetal en estufa a una temperatura aproximada de 65–70 °C hasta alcanzar peso constante.

b. Comportamiento agronómico

El comportamiento agronómico en lechuga abarca respuestas morfológicas y fisiológicas a factores ambientales, clave para el rendimiento al mejorar la captación de recursos y la adaptación en contextos locales. Benito et al., (2024) señala su evaluación en ensayos de campo mediante mediciones periódicas de parámetros vegetativos, aplicando diseños aleatorizados para analizar interacciones.

- **Altura de la planta**

La altura de la planta en lechuga mide la longitud vertical desde la base hasta el ápice, correlacionada con el rendimiento fotosintético y la densidad de siembra para maximizar producción. Silva et al., (2025) describen su medición en campo con regla a intervalos semanales, expresada en centímetros para comparaciones entre tratamientos.

- **Número de hojas**

El número de hojas en lechuga cuenta unidades foliares funcionales, contribuyendo al rendimiento al expandir la superficie fotosintética y afectar la calidad de cabezas. Vega et al., (2015) indica su evaluación en campo por conteo manual en muestras a etapas clave, registrando promedios por tratamiento.

- **Área foliar**

El área foliar en lechuga cuantifica la superficie total de hojas, esencial para el rendimiento al potenciar fotosíntesis y uso eficiente de agua y nutrientes. Según Kavga et al., (2018) se mide en campo o laboratorio con planímetros o ImageJ en centímetros cuadrados por planta.

3.1.6. Ámbito temporal y espacial

3.1.6.1. Ámbito temporal

La investigación se llevó a cabo durante una campaña experimental comprendida entre noviembre de 2025 y marzo de 2026, con una duración total de 150 días. Este periodo incluyó las fases de siembra, manejo agronómico, aplicación de bioestimulantes, cosecha y evaluación de variables.

3.1.6.2. Ámbito espacial

El estudio se llevó a cabo en el distrito de Intay, Luricocha, ubicado en la provincia de Huanta, en la región de Ayacucho.

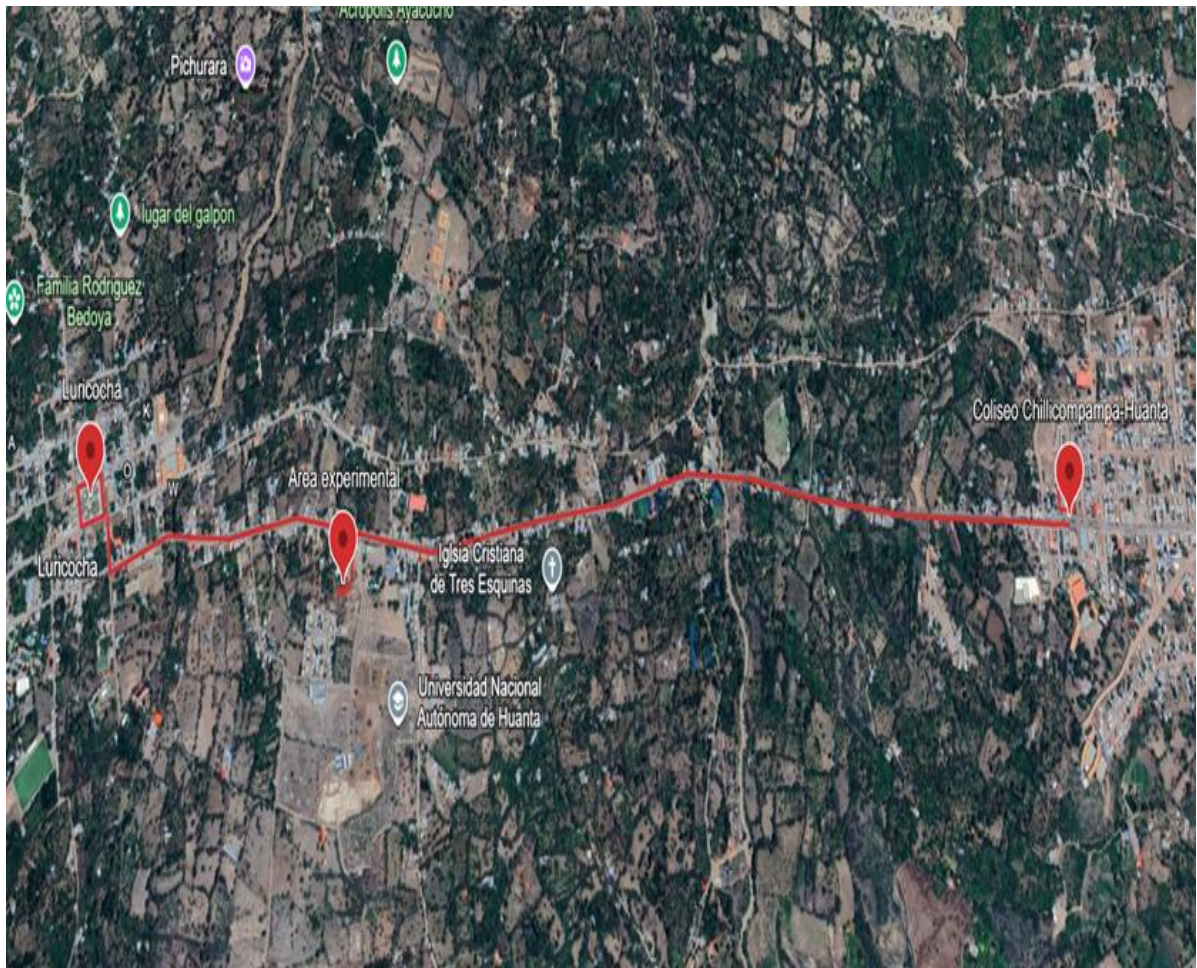
Ubicación política:

- **Región:** Ayacucho
- **Provincia:** Huanta
- **Distrito:** Luricocha
- **Centro poblado:** Intay
- **Ubicación geográfica:**

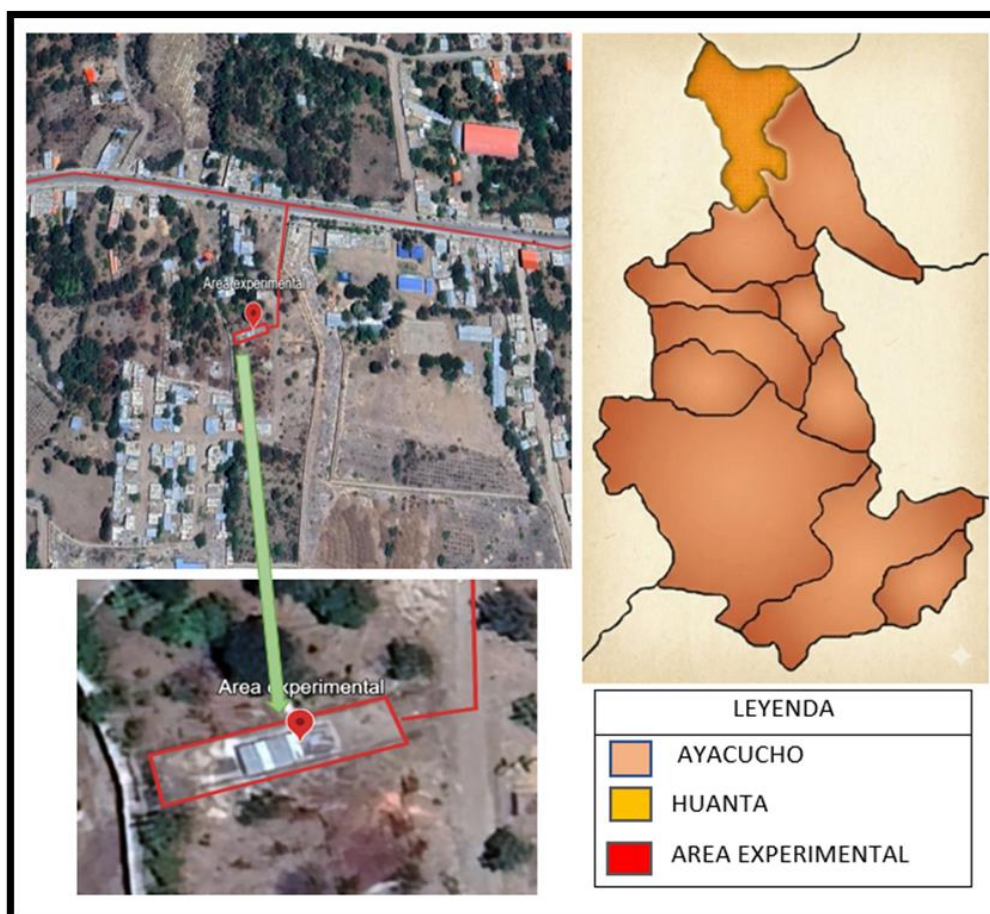
- **Altitud:** 2685 msnm
- **Latitud:** 12°54'21.78"
- **Longitud:** 74°16'17.21"

Figura 1

Ubicación del distrito de Luricocha



Nota. Google Earth pro.

Figura 2*Ubicación de unidad experimental*

Nota. Centro poblado de Intay, distrito de Luricocha, provincia de Huanta

3.1.7. Luricocha

El distrito de Luricocha constituye una jurisdicción político-administrativa perteneciente a la provincia de Huanta, departamento de Ayacucho, Perú. Se sitúa al norte del distrito de Huanta, en un territorio andino con una altitud referencial de aproximadamente 2,685 m s.n.m., limitando con el distrito de Santillana (norte), con el distrito de Huanta y el departamento de Huancavelica (sur), con la provincia de Huanta (este) y con el departamento de Huancavelica (oeste). Según descripciones tanto locales como turísticas, Luricocha es distinguido por su diversidad climática, biodiversidad y énfasis en la producción agropecuaria (en particular, frutícola), además de preservar tradiciones festivas y culturales visibles en su calendario local.

3.1.8. Datos climatológicos del distrito de Luricocha

Luricocha tiene condiciones climáticas propias de los valles interandinos, caracterizándose por ser templado y seco, manteniendo temperaturas moderadas en gran parte del año y una notable estacionalidad en las precipitaciones, que se concentran predominantemente entre noviembre y marzo. A lo largo del resto del año, se observan condiciones más secas, factores que propician la realización de actividades agrícolas características de la región (Ludeña & Minaya, 2023). La Tabla 7 muestra datos climáticos de Luricocha en diciembre de 2025.

Tabla 7

Datos climáticos de Luricocha - Huanta, diciembre del 2025

Fecha	Tmax (°C)	Tmin (°C)	Humedad Relativa (%)	Precipitación (mm)
1/12/2025	32.6	10.6	44.7	0
2/12/2025	34.2	8.6	51.9	0
3/12/2025	31.6	11.2	63	0
4/12/2025	S/D	12.4	55.8	0
5/12/2025	S/D	8.8	36.6	0
6/12/2025	S/D	9.4	46.4	0
7/12/2025	S/D	9.2	39.3	0
8/12/2025	S/D	8.6	43	0
9/12/2025	S/D	12.8	49.5	14.5
10/12/2025	S/D	11.6	71.7	0
11/12/2025	S/D	12	65.3	0
12/12/2025	S/D	10.2	56.4	0
13/12/2025	S/D	11	44.5	0
14/12/2025	S/D	9.2	49.4	0
15/12/2025	S/D	10	49.8	0.5
16/12/2025	S/D	10.2	57.4	0
17/12/2025	S/D	13.4	71	1.9
18/12/2025	S/D	7.8	59.5	0
19/12/2025	S/D	11.4	49.6	0
20/12/2025	S/D	7.4	37.3	0
21/12/2025	S/D	7.6	36	0
22/12/2025	S/D	7.8	38.7	0
23/12/2025	S/D	8.8	36.3	0
24/12/2025	S/D	9.6	39.9	0
25/12/2025	S/D	8.6	42.4	0
26/12/2025	S/D	9.2	42.3	0
27/12/2025	S/D	10.8	52.5	0

28/12/2025	S/D	8.4	45.7	0
29/12/2025	S/D	7.2	52.1	0
30/12/2025	S/D	8.4	45.2	0
31/12/2025	S/D	13.6	66.8	0

Nota. (SENAMHI, 2026)

Tabla 8

Datos climáticos de Luricocha- Huanta, enero de 2026

Fecha	Tmax (°C)	Tmin (°C)	Humedad Relativa (%)	Precipitación (mm)
1/01/2026	S/D	8.8	47.8	2
2/01/2026	S/D	11.8	77	0
3/01/2026	S/D	8.8	59.8	0
4/01/2026	S/D	11.4	49.1	16.2
5/01/2026	S/D	11.8	78.5	3.6
6/01/2026	S/D	11.4	57.7	0
7/01/2026	S/D	12.8	50.8	0
8/01/2026	S/D	13	53.7	2.6
9/01/2026	S/D	11.8	65.3	1.9
10/01/2026	26.6	12	78.8	0.5
11/01/2026	28	9.8	73.2	0.3
12/01/2026	29	12.2	62.3	S/D
13/01/2026	S/D	S/D	S/D	S/D
14/01/2026	26.2	12	74.8	3.5
15/01/2026	22.4	11.6	91.5	9.6
16/01/2026	28.6	10.2	68	0
17/01/2026	25	12.4	84.4	1.1
18/01/2026	26.6	11.2	71	0
19/01/2026	27.4	12	73.6	S/D
20/01/2026	S/D	S/D	S/D	S/D
21/01/2026	29.2	11.4	60.5	2.7
22/01/2026	27.8	12.2	78.1	12.7
23/01/2026	22.2	12	90.1	12.5
24/01/2026	27.8	12.2	75	11.4
25/01/2026	27.8	12.2	71.4	0.7
26/01/2026	31.2	9.2	62.4	S/D
27/01/2026	S/D	S/D	S/D	S/D
28/01/2026	23.6	12.2	80.1	0.4
29/01/2026	25.6	13	88.8	7.4
30/01/2026	27.6	12.4	84.3	6.9
31/01/2026	29.4	11.2	81	2.2

Nota. (SENAMHI, 2026).

3.2. Población y muestra

La población estuvo compuesta por 24 plantines de lechuga de la variedad Alpha, cultivados en condiciones de maceta, siendo a la vez la muestra.

3.3. Técnica e instrumentos para la recolección de datos

3.3.1. Técnica: Observación

Facilitó la recopilación de datos auténticos, objetivos y exactos directamente en el ámbito experimental, sin la necesidad de intermediarios ni interpretaciones externas, permitiendo la medición de las variables y asegurando que la evidencia registrada represente de manera precisa la reacción de la lechuga a cada bioestimulante aplicado.

3.3.2. Justificación del diseño experimental sin testigo

El experimento se estableció bajo un diseño completamente al azar con cuatro tratamientos (bioestimulante T1, T2, T3, T4), tratamientos que fueron asignados aleatoriamente. No se incluyó un tratamiento testigo porque el objetivo de la investigación fue evaluar el efecto de cuatro estimulantes caseros elaborados con residuos agrícolas sobre el rendimiento y comportamiento agronómico de la lechuga bajo condiciones controladas, aprovechando el conocimiento previo reportado en la literatura sobre el efecto promotor de este tipo de productos en lechuga; de tal manera que el testigo implícito es el manejo estándar sin bioestimulante (el que todos los productores ya conocen), y que el valor agregado del trabajo es identificar cuál de las cuatro opciones disponibles en el mercado es superior, atendiendo a un objetivo comparativo relativo, donde el interés radica en establecer diferencias entre bioestimulantes, y el testigo absoluto puede no ser indispensable si el objetivo no es demostrar “si los bioestimulantes tienen efecto”, sino “cuál de ellos tiene un efecto superior” bajo las mismas condiciones de cultivo.

3.3.3. Instrumentos:

➤ **Fichas de recolección de datos**

Se utilizaron como formatos preestablecidos en los que se registran las variables del estudio con uniformidad y orden, asegurando así la precisión, el control y la fiabilidad durante el proceso de investigación (Hernández et al., 2014). La ficha funcionó como el instrumento estructurado que garantiza el registro preciso, sistemático y confiable de las variables agronómicas evaluadas.

➤ **Cuaderno de campo.**

Según Ander (1995), el cuaderno o diario de campo es una herramienta del investigador que consiste en un registro organizado y sistemático de las observaciones, los hechos, los datos y las reflexiones obtenidas durante la investigación; esto posibilita documentar el proceso y asegurar la rigurosidad en términos metodológicos.

3.3.4. Materiales de campo

- Bioestimulante 1 (biofermentado de cáscaras de frutas mixtas); Bioestimulante 2 (fermentado de restos de lechuga y ortiga); Bioestimulante 3 (té de follaje de leguminosas); Bioestimulante 4 (extracto de cáscara de plátano y papaya)
- Plántulas de lechuga (Var. Alpha)
- Enmicados para macetas; Baldes de 20 L; Regaderas; Regla milimétrica; Balanza digital; Pegamento de tubo

3.3.5. Datos de gabinete

Los datos obtenidos en campo fueron sometidos a evaluación y procesamiento utilizando el software Excel para la generación de gráficos estadísticos de los indicadores de rendimiento y comportamiento agronómico de la lechuga Alpha.

3.4. Procedimientos

3.4.1. Elección del área experimental

El espacio experimental fue seleccionado en la azotea de una vivienda situada en el núcleo urbano de Intay, distrito de Luricocha, provincia de Huanta, debido a su ubicación idónea debido a sus atributos ambientales favorables para el desarrollo de la planta y la disponibilidad de servicios fundamentales.

3.4.2. Preparación del área experimental.

Se procedió a realizar la construcción de la infraestructura de un vivero, se instaló postes de madera de bambú para sostener el vivero, posteriormente se colocó la cobertura protectora específicamente malla raschel, para regular la radiación solar, temperatura y proteger las plantas del viento o lluvias intensas. Finalmente se realizó la puerta del vivero, para que solamente las personas autorizadas logren ingresar a la infraestructura.

3.4.3. Limpieza del terreno.

Se procedió a realizar una limpieza exhaustiva del vivero, fue fundamental porque permitió mantener el desarrollo de las plantas. Al eliminar materiales contaminantes, se reduce la presencia de plagas, enfermedades y organismos indeseables que podrían afectar el desarrollo de las plantas de lechuga.

3.4.4. Preparación de macetas.

Se procedió a la habilitación de las macetas, que consisten en baldes de 20 litros, con sus correspondientes códigos para cada uno de las 24 unidades experimentales. Se garantizó que los baldes posean orificios en la base para facilitar el drenaje del agua. Posteriormente, se procedió a pintar los baldes para garantizar una uniformidad en todas las macetas.

3.4.5. Preparación de macetas con tierra agrícola.

Se utilizó suelo agrícola con pH de 8,1 previamente analizado por la INIA. Posteriormente, se incorporó compost de estiércol de cuy completamente

descompuesto y piedrilla chancada, con el fin de mejorar las propiedades físicas y químicas del sustrato. La mezcla se formuló para un total de 20 kg por maceta, compuesta por 14 kg de suelo, 4 kg de compost y 2 kg de piedrilla (70 %, 20 % y 10 %, respectivamente), esta proporción concuerda con (Bárbaro et al., 2019). Es decir, mejorar el pH del suelo.

3.4.6. Preparación de bioestimulantes.

La elaboración de los bioestimulantes orgánicos se llevó a cabo el 05 de diciembre del 2025, empleando materiales de origen vegetal disponibles en la región correspondiente. Como parte de este proceso, los insumos escogidos fueron sometidos a lavado, picado y colocados en contenedores plásticos, donde se mezclaron con agua para iniciar el proceso de fermentación. Subsecuentemente, la mezcla fue sometida a reposo durante un promedio de 10 días, removiéndola de manera periódica para propiciar la descomposición y liberación de compuestos nutritivos. Una vez finalizado el proceso fermentativo, el extracto resultante fue filtrado para eliminar los residuos sólidos, resultando en la obtención de un bioestimulante líquido preparado para aplicarlo en el cultivo de lechuga.

Tabla 9*Preparación y dosis de aplicación de los bioestimulantes*

Tratamiento	Bioestimulante	Ingredientes principales	Procedimiento de preparación	Dosis de aplicación
T1	Biofermentado de cáscaras de frutas mixtas	500 g de cáscaras de plátano, manzana, piña y naranja; 2 L de agua; 150 g de panela	Las cáscaras se trozaron y se colocaron en un recipiente con agua y panela. La mezcla se dejó fermentar durante 10–12 días, removiendo periódicamente. Posteriormente se filtró el líquido obtenido.	Diluir 100 ml en 10 L de agua y aplicar al suelo o vía foliar y radicular cada 10 días.
T2	Fermentado de restos de lechuga y ortiga	1 kg de restos de lechuga; 1 kg de ortiga fresca; 10 L de agua; 200 g de melaza	Los restos vegetales se trituraron y se colocaron en un recipiente con agua y melaza. Se dejó fermentar durante 15 días en un recipiente parcialmente tapado. Finalmente se coló el líquido obtenido.	Para riego 100 ml/L de agua y para aplicación foliar y radicular 50 ml/L de agua, cada 10 días.
T3	Té de follaje de leguminosas	1 kg de follaje fresco de alfalfa; 10 L de agua	El follaje se trozó y se hirvió en 5 L de agua durante 20 minutos. Luego se coló el extracto, se completó con agua hasta 10 L y se dejó reposar durante 24 horas.	Diluir 100 ml/L de agua para aplicación vía foliar y radicular cada 10 días durante el crecimiento del cultivo.
T4	Extracto de cáscara de plátano y papaya	1 kg de cáscaras de plátano; 500 g de cáscaras de papaya; 2 L de agua; 100 g de panela o melaza	Las cáscaras se trozaron y se colocaron en un recipiente con agua y panela. Se dejó fermentar durante 7–10 días, removiendo cada dos días. Luego se filtró el extracto.	Diluir 100 ml en 10 L de agua y aplicar vía foliar y radicular cada 10 días.

Nota. Los bioestimulantes empleados se elaboraron a partir de materiales vegetales mediante procesos de fermentación o extracción, y se aplicaron en diferentes concentraciones para estimular el crecimiento y el desarrollo del cultivo de lechuga.

3.4.7. Labores culturales

3.4.7.1. Riego.

El riego se realizó con la finalidad de mantener una humedad adecuada en el sustrato y favorecer el óptimo crecimiento y desarrollo de las plantas de lechuga. Durante el mes de diciembre, el riego se efectuó de manera interdiaria, debido a las altas temperaturas registradas casi diariamente en ese periodo, lo que generaba una mayor evaporación del agua. Posteriormente, en el mes de enero, el riego se realizó de forma variable, aplicándose únicamente en los días en que no se presentaron lluvias continuas, con el objetivo de evitar el exceso de humedad en el sustrato y mantener condiciones adecuadas para el desarrollo del cultivo.

3.4.7.2. Aplicación de bioestimulantes.

A lo largo del desarrollo del cultivo, se implementaron aplicaciones de bioestimulantes a través de la fumigación foliar, con la finalidad de estimular el crecimiento vegetal, optimizar la absorción de nutrientes y robustecer su desarrollo fisiológico. Estas implementaciones se realizaron de manera programada en diversas fases del cultivo con el objetivo de incrementar la productividad y mejorar la calidad del producto final. Las aplicaciones empleando bioestimulantes se llevaron a cabo en las fechas siguientes: 15 de diciembre del 2025, 26 de diciembre del 2025, 5 de enero del 2026 y 17 de enero del 2026, lo que facilitó un abastecimiento constante de compuestos estimulantes durante el periodo de crecimiento del cultivo.

3.4.7.3. Aporque.

El aporque consistió en la aplicación de tierra alrededor de la base de las plantas con el objetivo de optimizar su adhesión, promover el desarrollo radicular y prevenir el volcamiento de las mismas. Esta tarea también facilitó la conservación de la humedad del suelo y la mejora de la estabilidad agrícola. A lo largo del desarrollo del experimento, se llevaron a cabo dos aporques: el primero el 18 de diciembre del 2025 y el segundo el 11 de enero del 2026, contribuyendo de este modo al crecimiento óptimo de las plantas de lechuga.

3.4.7.4. Control de malezas.

El manejo de las malezas se llevó a cabo con el objetivo de eliminar las plantas indeseadas que proliferaban en las macetas, dado que estas plantas compiten con el cultivo de lechuga por agua, luz y nutrientes. Este procedimiento se llevó a cabo de forma semanal, con la finalidad de prevenir la interferencia de las malezas en el crecimiento y desarrollo de las plantas, garantizando de esta manera una absorción óptima de nutrientes por parte del cultivo y preservando condiciones propicias para el desarrollo del experimento.

3.4.7.5. Control de plagas y enfermedades.

El control de plagas y enfermedades se realizó mediante la observación y monitoreo constante de las plantas en el área experimental, con la finalidad de detectar oportunamente la presencia de insectos o síntomas de enfermedades que pudieran afectar el desarrollo del cultivo de lechuga. Esta labor se efectuó cada vez que se visitaba el área experimental, permitiendo identificar de manera temprana cualquier anomalía y aplicar medidas de manejo adecuadas para prevenir daños en las plantas y garantizar su adecuado crecimiento y desarrollo.

- Gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*)

El gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) constituye una plaga polífaga perteneciente al orden Lepidoptera y la familia Noctuidae, con una distribución extensa en regiones tropicales y subtropicales. Además de afectar cultivos como el maíz, también puede afectar hortalizas como la lechuga (Van den Berg, 2019). En este cultivo, el daño es predominantemente causado por las larvas, las cuales poseen un sistema bucal masticador que les permite alimentarse del tejido foliar, lo que resulta en perforaciones irregulares y una disminución en la superficie foliar, lo que incide negativamente en el crecimiento y la calidad comercial del cultivo (Hailu et al., 2024). Los indicadores más habituales del ataque incluyen la apariencia transparente del tejido en las fases iniciales, la existencia de orificios en las hojas y la acumulación de excrementos sobre la superficie foliar. En infestaciones severas, pueden manifestarse defoliación y una reducción en el rendimiento del cultivo.

- **Infusión de ajo con jabón neutro**

La infusión de ajo con jabón neutro constituye un método natural empleado en la gestión de plagas vegetales. La eficacia de la mezcla se atribuye a la presencia de compuestos sulfurados, tales como la alicina, que poseen propiedades insecticidas, fungicidas y repelentes que impactan el sistema nervioso de los insectos. Por otro lado, el jabón neutro facilita una adhesión más efectiva de la mezcla a las hojas y debilita la capa protectora de las plagas.

- **Ingredientes**

La elaboración de la infusión de ajo con jabón neutro se caracteriza por su simplicidad y rapidez. A continuación, se presenta la receta:

- 5 dientes de ajo
- 1 litro de agua
- 1 cucharada de jabón neutro (líquido o rallado)

- **Elaboración**

- Triturar o machacar los ajos.
- Posicionar los ajos en un recipiente con agua y proceda a su ebullición.
- Apagar el fuego, cerrar y dejar reposar durante 12 horas.
- Incorporar la mezcla de cucharada de jabón neutro.
- Mezclar adecuadamente y almacenar en un recipiente con tapa o directamente en un pulverizador.

- **Aplicación**

- Proceder a la pulverización total de las plantas, particularmente en el envés de las hojas.
- En el caso de una plaga activa, se recomienda aplicar cada tres días hasta observar una mejora significativa.
- Como medida preventiva, una aplicación semanal tiene el potencial de mantener las plagas alejadas.

3.4.7.6. Cosecha.

La cosecha del cultivo de lechuga se llevó a cabo cuando las plantas lograron un desarrollo vegetal apropiado y un tamaño comercial adecuado. Esta tarea implicó la meticulosa recolección de las plantas, previniendo daños en las hojas y preservando su integridad. La recolección de las plantas se llevó a cabo el 29 de enero de 2026, seleccionando aquellas que exhibían un buen estado de salud y características de crecimiento apropiadas para su evaluación en el experimento.

3.5. Análisis de datos

El procesamiento de la información se llevó a cabo el 10 de marzo del 2025, utilizando instrumentos estadísticos como SPSS Statistics 26 y Microsoft Excel, los cuales se revelaron adecuados para el diseño completamente aleatorio implementado en la investigación. Inicialmente, los datos recolectados durante el desarrollo del cultivo fueron organizados y examinados, teniendo en cuenta las variables agronómicas y de rendimiento de la lechuga (Alpha). Seguidamente, se llevó a cabo el análisis de varianza (ANOVA) y la comparación de medias utilizando el software estadístico SPSS Statistics 26, con el objetivo de detectar discrepancias significativas entre los tratamientos de bioestimulantes a través de la prueba de significancia de Tukey (0,05). Este método facilitó un análisis objetivo del impacto de cada bioestimulante en el desarrollo y producción vegetal, garantizando la fiabilidad y validez de los resultados obtenidos.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 RESULTADOS

4.1.1 Análisis e interpretación para la variable: peso fresco

Tabla 10

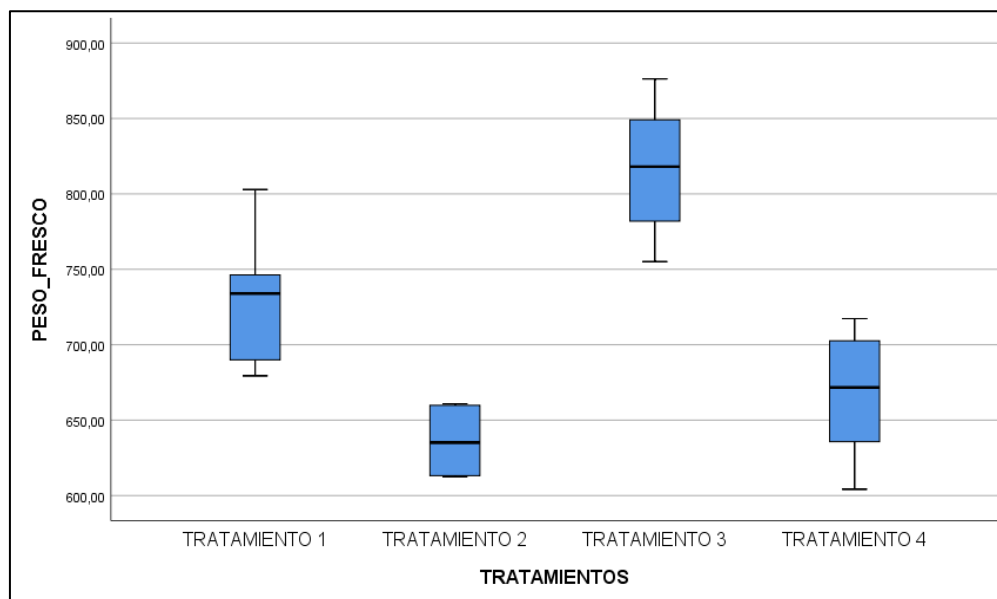
Análisis descriptivo para el peso fresco de la lechuga

Tratamiento	Media (g)	Desviación estándar	Mínimo (g)	Máximo (g)
T1	731,06	44,53	679,36	802,86
T2	636,11	21,54	612,66	660,79
T3	816,42	43,98	755,07	876,25
T4	667,19	45,18	604,15	717,27

La tabla 10 manifiesta datos que revelan que el tratamiento T3 presentó la media más alta de peso fresco (816,42 g), seguido por T1 (731,06 g), mientras que T2 exhibió el valor más bajo (636,11 g) y T4 un valor intermedio (667,19 g). Se observan diferencias notorias entre tratamientos, con T3 superando a los demás en términos de peso medio, mínimo y máximo, lo que sugiere una mayor acumulación de biomasa. La desviación estándar fue similar en T1, T3 y T4 (alrededor de 44-45), indicando variabilidad comparable, aunque T2 mostró menor dispersión (21,54). Estas tendencias implican que el bioestimulante asociado a T3 podría mejorar el rendimiento agronómico de la lechuga al promover un mayor crecimiento vegetativo, potencialmente aumentando la productividad en condiciones similares a las de Luricocha, Huanta.

Figura 3

Gráfico de cajas y bigotes para peso fresco medio de lechuga



La figura 3 muestra que T3 alcanzó el peso fresco medio más alto (≈ 816 g), seguido por T1 (≈ 731 g), con T2 en el valor más bajo (≈ 636 g) y T4 intermedio (≈ 667 g). Las barras de error revelan variabilidad similar en T1, T3 y T4 (DE $\approx 44-45$ g), pero menor en T2 (DE 21,5 g). Diferencias notorias destacan el superior desempeño de T3, indicando mayor acumulación de biomasa. Esto sugiere implicaciones agronómicas positivas para T3, elevando la productividad de lechuga en condiciones como las de Luricocha, Huanta.

La tabla 11 manifiesta los resultados de la prueba de Shapiro-Wilk.

Tabla 11

Prueba de Shapiro-Wilk para normalidad del peso fresco en lechuga

Tratamiento	W	gl	Sig.
T1	0.944	6	0.691
T2	0.876	6	0.252
T3	0.988	6	0.985
T4	0.907	6	0.419

Nota. Los valores de significancia (Sig.) superan 0,05 en todos los tratamientos, confirmando la normalidad de los datos de peso fresco.

Tabla 12*Prueba de Levene para homogeneidad de varianzas del peso fresco*

Variable	Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Peso fresco	1.235	3	20	0.323

La tabla 12 muestra el resultado de la prueba de Levene para el peso fresco, y un valor de significancia (Sig.) de 0,323. Dado que Sig. > 0,05, se acepta la hipótesis nula de homogeneidad de varianzas entre los cuatro tratamientos. Esta tendencia indica que las varianzas son similares, permitiendo el uso de pruebas paramétricas como ANOVA para comparar medias. Las implicaciones agronómicas radican en la validez estadística para evaluar diferencias en el rendimiento de la lechuga.

Tabla 13*Análisis de varianza (ANOVA) del peso fresco en lechuga*

Fuente de variación	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Tratamientos	114187.09	3	38062.365	23.698	0.000
Error	32122.800	20	1606.140		
Total	146309.89	23			

La tabla 13 muestra los resultados del análisis de varianza (ANOVA) para el peso fresco, con una suma de cuadrados de 114187,09 para tratamientos (gl=3, media cuadrática=38062,365) y 32122,800 para error (gl=20, media cuadrática=1606,140). El valor F calculado es 23,698, con una significancia (Sig.) inferior a 0,000, lo que indica diferencias estadísticamente significativas entre los cuatro tratamientos. Esta tendencia rechaza la hipótesis nula de igualdad de medias, sugiriendo que los bioestimulantes afectan diferencialmente el peso fresco.

La tabla 14 expone las medias del peso fresco por tratamiento.

Tabla 14*Comparación de medias del peso fresco en lechuga por Tukey*

Tratamiento	N	Media	Grupo	
T2	6	636.1150	a	
T4	6	667.1983	a	b
T1	6	731.0667		b
T3	6	816.4217		c

Las letras de agrupación indican diferencias significativas: tratamientos con letras distintas difieren estadísticamente, destacando T3 como superior. Esta tendencia revela un efecto diferencial de los bioestimulantes, con T3 promoviendo mayor biomasa.

4.1.2 Análisis e interpretación para la variable: peso seco

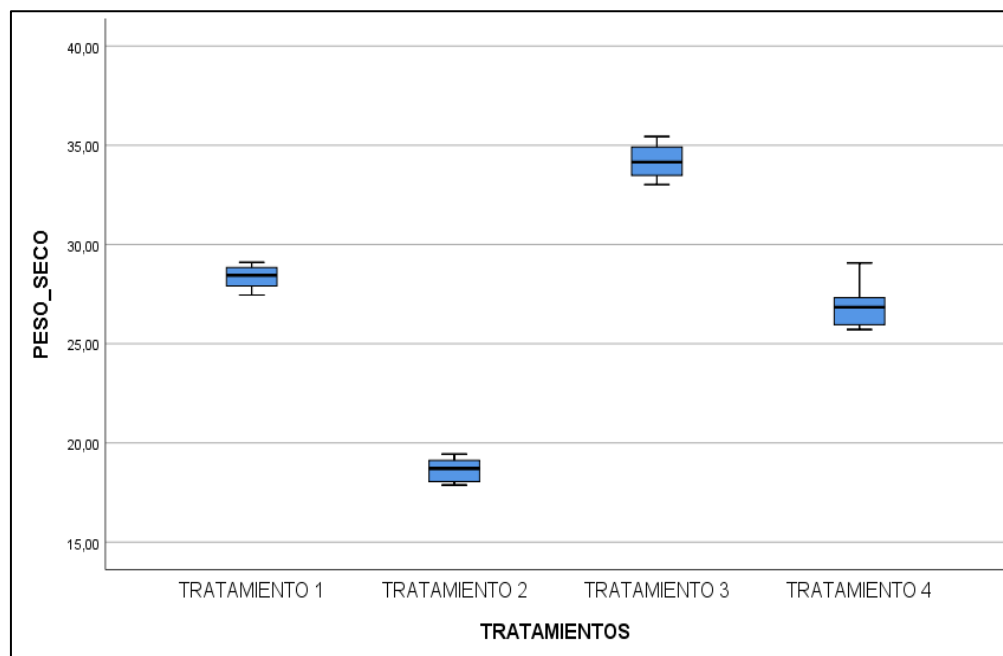
Tabla 15*Análisis descriptivo para el peso seco de la lechuga*

Tratamiento	Media (g)	Desviación estándar	Mínimo (g)	Máximo (g)
T1	28,35	3,92	25,72	35,21
T2	18,64	0,60	18,13	19,67
T3	34,20	2,25	32,16	37,02
T4	26,38	1,49	24,10	28,09

La tabla 15 muestra que el tratamiento T3 presentó la media más alta de peso seco (34,20 g), seguido por T1 (28,35 g), T4 (26,38 g) y T2 con el valor más bajo (18,64 g). Se observan diferencias notorias entre tratamientos, con T3 superando a los demás en media, mínimo y máximo, lo que indica una mayor acumulación de materia seca. La desviación estándar varió de 0,60 en T2 (menor dispersión) a 3,92 en T1 (mayor variabilidad), mientras que T3 y T4 mostraron valores intermedios (2,25 y 1,49). Estas tendencias sugieren que el bioestimulante de T3 mejora el rendimiento en términos de biomasa seca.

Figura 4

Gráfico de cajas y bigotes para peso seco medio de la lechuga



El gráfico 4 ilustra que el tratamiento T3 registró el peso seco medio más elevado (aproximadamente 34 g), seguido por T1 (alrededor de 28 g), T4 (cerca de 26 g) y T2 con el valor más bajo (alrededor de 19 g). Las barras de error indican variabilidad moderada, con T1 y T3 mostrando mayor dispersión comparada con T2 y T4. Se observan diferencias notorias entre tratamientos, donde T3 supera consistentemente a los demás, sugiriendo un efecto positivo del bioestimulante asociado en la acumulación de materia seca.

Tabla 16

Prueba de Shapiro-Wilk para normalidad del peso seco en la lechuga

Tratamiento	W	gl	Sig.
T1	0,961	5	0,815
T2	0,931	5	0,605
T3	0,965	5	0,842
T4	0,917	5	0,509

La tabla 16 expone los resultados de la prueba de Shapiro-Wilk para el

peso seco, con estadísticos W entre 0,917 (T4) y 0,965 (T3), y 5 grados de libertad en todos los tratamientos. Los valores de significancia (Sig.) superan 0,05 en cada caso (0,815 para T1, 0,605 para T2, 0,842 para T3 y 0,509 para T4), confirmando la normalidad de los datos.

Tabla 17

Prueba de Levene para homogeneidad de varianzas del peso seco

Variable	Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Peso seco	0,870	3	16	0,477

La Tabla 17 expone los resultados de la prueba de Levene para la variable peso seco, reportando un estadístico de 0,870 y un valor de significancia de 0,477 ($p > 0,05$). Este resultado indica que no se rechaza la hipótesis nula sobre la igualdad de varianzas, confirmando estadísticamente la presencia de homocedasticidad en los datos de los tratamientos evaluados.

Tabla 18

ANOVA del peso seco en lechuga bajo bioestimulantes

Fuente de variación	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Tratamientos	617,726	3	205,909	223,680	0,000
Error	14,729	16	0,921		
Total	632,455	19			

La Tabla 18 expone los resultados del análisis de varianza, evidenciando un efecto altamente significativo de los bioestimulantes evaluados sobre la acumulación de biomasa seca en la lechuga ($F = 223,680$; $p < 0,001$). Este contundente nivel de significancia estadística permite rechazar la hipótesis nula, confirmando que las formulaciones aplicadas generan respuestas agronómicas marcadamente diferenciadas en el cultivo.

Tabla 19*Comparación de medias Tukey para el peso seco de la lechuga*

Tratamiento	N	Media	Grupo
T2	5	18,64	a
T4	5	26,98	b
T1	5	28,35	b
T3	5	34,20	c

La tabla 19 muestra la prueba de comparaciones múltiples de Tukey determinó la formación de tres grupos estadísticamente diferenciados (a, b y c) para la variable peso seco. El Tratamiento 3 exhibió la mayor acumulación de biomasa (34,20 g), ubicándose de manera exclusiva en el grupo de mayor significancia ("c") y demostrando una superioridad estadística absoluta sobre las demás formulaciones. En un nivel intermedio se agruparon los Tratamientos 1 y 4 (grupo "b"), los cuales no difirieron estadísticamente entre sí, mientras que el Tratamiento 2 reportó el rendimiento más bajo (18,64 g, grupo "a").

4.1.3 Análisis e interpretación para la variable: materia seca

Tabla 20*Determinación del porcentaje de materia seca en lechuga*

Tratamientos	Peso fresco (g)	Peso seco (g)	Materia seca (%)
T1	793.98	28.35	3.57
T2	598.80	18.64	3.11
T3	842.18	34.20	4.06
T4	710.83	26.38	3.71

La tabla 20 revela que el análisis porcentual de la materia seca evidencia que T3 promovió la mayor eficiencia en la acumulación de fotoasimilados, alcanzando un valor máximo de 4,06% respecto a su biomasa total. Le siguen en orden descendente el T4 (3,71%) y el T1 (3,57%), mientras que el T2 registró la menor capacidad de conversión, con apenas un 3,11%.

4.1.4 Análisis e interpretación para la variable: altura de la planta

Tabla 21

Resultados del promedio de altura de la lechuga (cm) por tratamiento

DDT	T1	T2	T3	T4
20	7,46	7,00	7,78	9,05
33	15,13	14,65	17,06	17,53
42	16,80	15,95	19,05	19,40
51	17,76	17,10	20,65	21,33
59	19,20	18,21	21,88	22,71

La Tabla 21 muestra el promedio de altura de la lechuga (cm) evaluada a los 20, 33, 42, 51 y 59 días después del trasplante (DDT) en los diferentes tratamientos. Se observa que la altura de la planta aumenta progresivamente en todos los tratamientos conforme avanza el ciclo del cultivo, evidenciando el crecimiento vegetativo de la lechuga. Asimismo, el tratamiento T4 registra los mayores valores de altura en la mayoría de las evaluaciones, alcanzando 22,71 cm a los 59 DDT, seguido por T3 con 21,88 cm.

Tabla 22

Medidas de dispersión y rangos de altura de la lechuga DDT

DDT	Tratamiento	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
20	T1	1,21	6,3	9,6
	T2	1,06	5,1	8,2
	T3	0,50	6,9	9,3
	T4	0,93	7,6	10,3
33	T1	0,84	13,9	16,3
	T2	1,01	13,0	15,8
	T3	1,08	15,9	18,8
	T4	0,54	16,8	18,3
42	T1	0,80	15,7	17,9

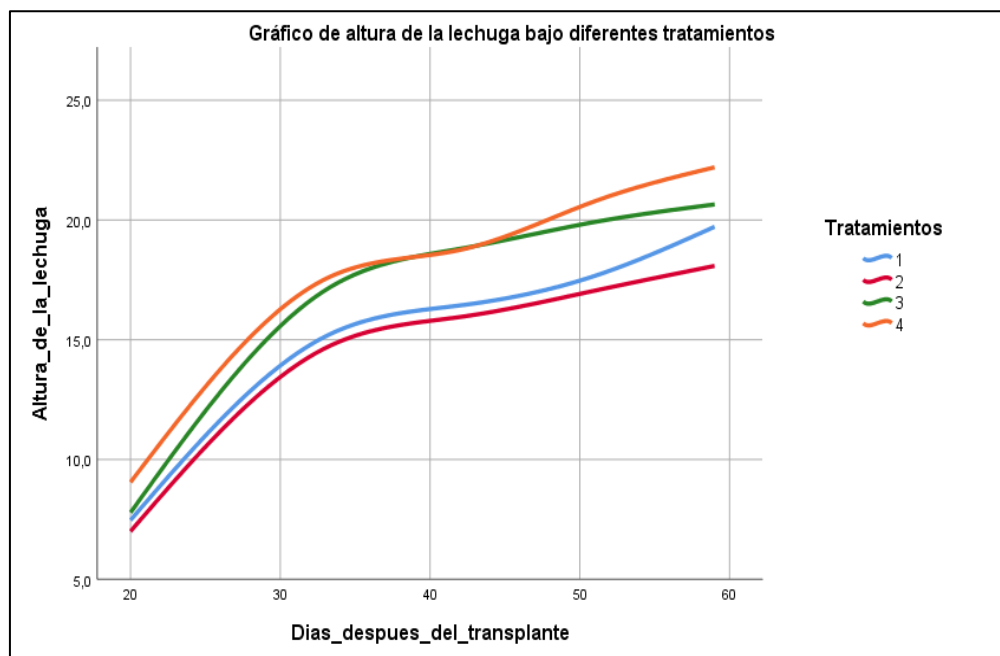
	T2	0,57	15,2	16,8
	T3	1,07	17,4	20,5
	T4	0,88	18,2	20,4
51	T1	0,97	16,4	19,1
	T2	1,15	15,8	18,9
	T3	0,89	19,3	21,9
	T4	0,57	20,4	21,9
59	T1	0,74	18,5	20,6
	T2	1,12	16,9	19,8
	T3	0,58	20,9	22,5
	T4	0,48	22,0	23,4

La Tabla 22 presenta la variabilidad y amplitud de la altura de la lechuga a lo largo del ciclo de cultivo, mostrando un incremento progresivo de los valores mínimos y máximos conforme avanzan los días después del trasplante, lo que refleja un crecimiento continuo del cultivo. En la etapa final de evaluación (59 DDT), el Tratamiento 4 (T4) alcanzó la mayor altura máxima (23,4 cm) acompañado de una baja desviación estándar (0,48), evidenciando un crecimiento no solo superior sino también uniforme entre las plantas. En contraste, el Tratamiento 2 (T2) presentó el menor valor máximo de altura (19,8 cm) al final del periodo evaluado.

La Figura 5 muestra el crecimiento de la altura de la lechuga desde los 20 hasta los 59 días DDT, observándose un incremento progresivo en todos los tratamientos.

Figura 5

Efecto de tratamientos en la altura de la lechuga



A los 20 DDT, el T4 presentó la mayor altura (9,05 cm), seguido de T3 (7,78 cm), T1 (7,46 cm) y T2 (7,00 cm). Esta tendencia se mantiene durante el desarrollo del cultivo, donde T3 y T4 registran valores superiores a los 33, 42 y 51 DDT. Al final de la evaluación (59 DDT), T4 alcanzó la mayor altura (22,71 cm), seguido de T3 (21,88 cm), T1 (19,80 cm) y T2 (18,21 cm), evidenciando que T3 y T4 favorecieron un mayor crecimiento en altura de la lechuga.

La Tabla 23 muestra la prueba de normalidad Shapiro-Wilk para la altura de la planta de lechuga evaluada a los 20, 33, 42, 51 y 59 DDT.

Tabla 23

Prueba de normalidad (Shapiro-Wilk) para la altura de la planta DDT

DDT	Tratamiento	W	gl	Sig.
20	T1	0,857	6	0,178
	T2	0,910	6	0,439
	T3	0,901	6	0,380
	T4	0,984	6	0,968
33	T1	0,973	6	0,910
	T2	0,924	6	0,533

	T3	0,940	6	0,661
	T4	0,974	6	0,917
42	T1	0,964	6	0,851
	T2	0,990	6	0,988
	T3	0,978	6	0,941
	T4	0,937	6	0,636
51	T1	0,989	6	0,988
	T2	0,952	6	0,756
	T3	0,994	6	0,997
	T4	0,904	6	0,428
59	T1	0,929	6	0,573
	T2	0,938	6	0,641
	T3	0,930	6	0,581
	T4	0,977	6	0,935

La tabla 23 muestra que todos los tratamientos los valores de significancia (Sig.) son mayores a 0,05, lo que indica que los datos presentan distribución normal. Por lo tanto, se cumple el supuesto de normalidad, permitiendo aplicar el análisis de varianza (ANOVA) para evaluar las diferencias entre tratamientos.

Tabla 24

Homogeneidad de varianzas (Levene) de la altura de planta DDT

DDT	Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
20	1,089	3	20	0,376
33	0,680	3	20	0,574
42	0,707	3	20	0,559
51	1,018	3	20	0,405
59	1,806	3	20	0,179

La Tabla 24 presenta la prueba de homogeneidad de varianzas de Levene para la altura de la planta de lechuga evaluada a los 20, 33, 42, 51 y 59 DDT. Los resultados muestran que los valores de significancia (Sig.) en todas las evaluaciones son mayores a 0,05, lo que indica que no existen diferencias significativas entre las varianzas de los tratamientos. En consecuencia, se

cumple el supuesto de homogeneidad de varianzas, permitiendo aplicar el ANOVA para evaluar las diferencias entre tratamientos.

La Tabla 25 presenta el ANOVA para la altura de la planta de lechuga a los 20 DDT.

Tabla 25

Análisis de varianza para la altura de la planta 20 DDT

Fuente de variación	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Tratamientos	13,868	3	4,623	4,945	0,10
Error	18,697	20	0,935		
Total	32,565	23			

La tabla 25 muestra el factor tratamientos registró un valor de significancia de 0,10, el cual es mayor que el nivel de significancia de 0,05, indicando que no existen diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos evaluados en esta etapa del cultivo. Por lo tanto, se infiere que la aplicación de los diferentes tratamientos no influyó significativamente en la altura de las plantas a los 20 DDT, observándose un comportamiento similar entre ellos bajo las condiciones del experimento.

La Tabla 26 presenta la comparación de medias de Tukey para la altura de la lechuga a los 20 DDT.

Tabla 26

Comparación de medias Tukey para la altura de la lechuga 20 DDT

Tratamiento	N	Media	Grupo
T2	6	7,000	a
T1	6	7,467	a
T3	6	7,783	a b
T4	6	9,050	b

La tabla 26 muestra que el T1 (7,467 cm), T2 (7,000 cm) y T3 (7,783 cm) comparten el grupo “a”, lo que indica que no presentan diferencias significativas entre sí. El tratamiento T4 (9,050 cm) se ubica en el grupo “b”, registrando la mayor altura promedio, mientras que T3 presenta un comportamiento intermedio (grupo ab). Estos resultados indican que T4 muestra una mayor tendencia de crecimiento en altura en esta etapa inicial del cultivo.

Tabla 27

Análisis de varianza (ANOVA) para la altura de la lechuga 33 DDT

Fuente de variación	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Tratamientos	36,155	3	12,052	15,050	0,00
Error	16,015	20	0,801		
Total	52,170	23			

La Tabla 27 presenta el análisis de varianza (ANOVA) para la altura de la planta de lechuga a los 33 DDT. Los resultados muestran un valor de significancia de 0,00 ($p < 0,05$), lo que indica que existen diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos evaluados.

Tabla 28

Comparación de medias Tukey para la altura de la lechuga 33 DDT

Tratamiento	N	Media	Grupo
T2	6	14,65	a
T1	6	15,13	a
T3	6	17,06	b
T4	6	17,53	b

La tabla 28 indica la comparación de medias de Tukey para la altura de la lechuga a los 33 DDT muestra que T1 (14,65 cm) y T2 (15,13 cm) pertenecen al grupo “a”, indicando que no presentan diferencias significativas entre sí. Por

otro lado, T4 (17,06 cm) y T3 (17,53 cm) se ubican en el grupo “b”, registrando las mayores alturas de planta. Estos resultados evidencian que los tratamientos T3 y T4 favorecieron significativamente el crecimiento en altura de la lechuga en comparación con T1 y T2 en esta etapa del cultivo.

La Tabla 29 presenta el ANOVA para la altura de la planta de lechuga a los 42 DDT.

Tabla 29

Análisis de varianza (ANOVA) para la altura de la lechuga 42 DDT

Fuente de variación	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Tratamientos	51,270	3	17,090	23,363	0,000
Error	14,630	20	0,731		
Total	65,900	23			

Los resultados muestran un valor de significancia de 0,000 ($p < 0,05$), indicando que existen diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos evaluados. Esto evidencia que los tratamientos influyeron significativamente en la altura de la planta en esta etapa del cultivo.

La Tabla 30 muestra la comparación de medias de Tukey para la altura de la lechuga a los 42 DDT.

Tabla 30

Comparación de medias Tukey para la altura de la lechuga 42 DDT

Tratamiento	N	Media	Grupo
Tratamiento 2	6	15,95	a
Tratamiento 1	6	16,80	a
Tratamiento 3	6	19,05	b
Tratamiento 4	6	19,40	b

Se observa que T2 (15,95 cm) y T1 (16,80 cm) pertenecen al grupo “a”, indicando que no presentan diferencias significativas entre sí. En cambio, T4 (19,40 cm) y T3 (19,05cm) se ubican en el grupo “b”, registrando las mayores alturas de planta. Estos resultados evidencian que los tratamientos T3 y T4 promovieron un mayor crecimiento en altura de la lechuga en comparación con T1 y T2 en esta etapa del cultivo.

La Tabla 31 presenta el ANOVA para altura la planta a los 51 DDT.

Tabla 31

Análisis de varianza para la altura de planta a los 51 DDT

Fuente de variación	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Tratamientos	78,705	3	26,235	30,609	0,000
Error	17,142	20	0,857		
Total	95,846	23			

Los resultados muestran un valor de significancia de 0,000 ($p < 0,05$), lo que indica que existen diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos evaluados.

La Tabla 32 revela la comparación de medias de Tukey para altura de planta a los 51 DDT.

Tabla 32

Comparación de medias Tukey para la altura de la lechuga 51 DDT

Tratamiento	N	Media	Grupo
T2	6	17,10	a
T1	6	17,76	a
T3	6	20,65	b
T4	6	21,33	b

Se observa que T2 (17,10 cm) y T1 (17,76 cm) pertenecen al grupo “a”, indicando que no presentan diferencias significativas entre sí. En cambio, T3 (20,65 cm) y T4 (21,33 cm) se ubican en el grupo “b”, registrando las mayores alturas de planta. Estos resultados indican que los tratamientos T3 y T4 favorecieron significativamente el crecimiento en altura de la lechuga en comparación con T1 y T2 en esta etapa del cultivo.

Tabla 33

Análisis de varianza (ANOVA) para la altura de la lechuga 59 DDT

Fuente de variación	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Tratamientos	74,615	3	24,872	41,366	0,000
Error	12,025	20	0,601		
Total	86,640	23			

La Tabla 33 presenta el análisis de varianza (ANOVA) para la altura de la planta de lechuga a los 59 DDT. Los resultados muestran un valor de significancia de 0,000 ($p < 0,05$), lo que indica que existen diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos evaluados.

Tabla 34

Comparación de medias Tukey para la altura de la lechuga 59 DDT

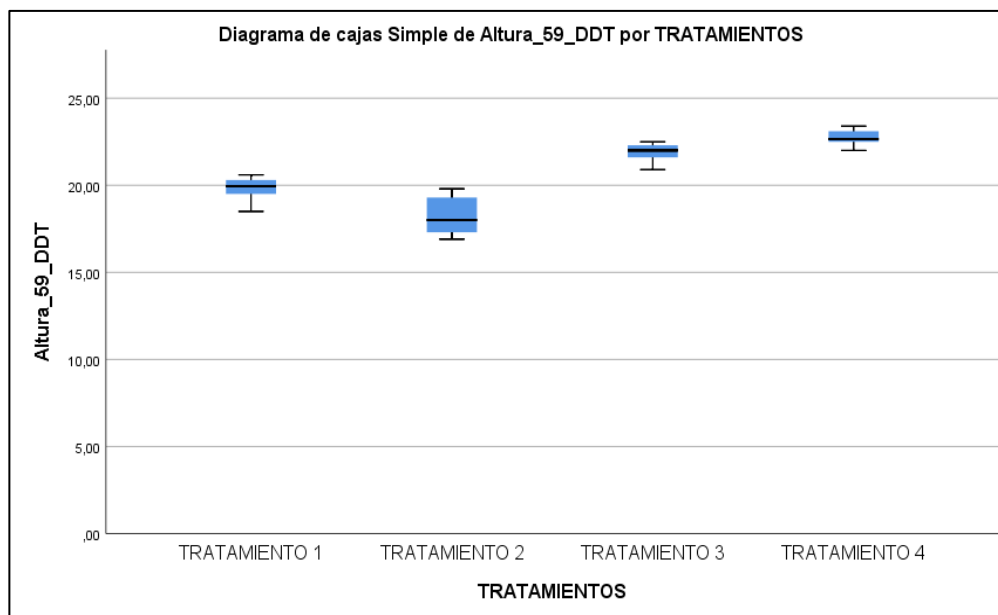
Tratamiento	N	Media	Grupo
Tratamiento 2	6	18,21	a
Tratamiento 1	6	19,80	b
Tratamiento 3	6	21,88	c
Tratamiento 4	6	22,71	c

La Tabla 34 presenta la comparación de medias de Tukey para la altura de la lechuga a los 59 días después del trasplante (DDT). Los resultados muestran que T2 (18,21 cm) se ubica en el grupo “a”, registrando la menor altura promedio. T1 (19,80 cm) pertenece al grupo “b”, mientras que T3 (21,88

cm) y T4 (22,71 cm) se encuentran en el grupo “c”, sin diferencias significativas entre ellos y presentando las mayores alturas de planta. Estos resultados indican que los tratamientos T3 y T4 favorecieron significativamente el crecimiento en altura de la lechuga al final del ciclo de evaluación.

Figura 6

Diagrama de cajas y bigotes para altura de planta de lechuga (cm)



La figura 6 muestra el diagrama de cajas de la altura de planta a los 59 DDT evidencia diferencias entre tratamientos, destacando el Tratamiento 4 por presentar mayor altura y menor variabilidad, lo que indica un crecimiento más uniforme y vigoroso. El Tratamiento 3 también mostró resultados favorables, mientras que el Tratamiento 2 registró las menores alturas. En conjunto, los tratamientos 3 y 4 promovieron un mejor desarrollo vegetativo de la lechuga.

4.1.5 Análisis e interpretación para la variable: número de hojas

La Tabla 35 muestra los valores promedio del número de hojas en plantas de lechuga evaluadas a los 20, 33 y 59 días DDT.

Tabla 35*Resultados de la media en número de hojas en la lechuga DDT*

DDT	T1	T2	T3	T4
20	6,33	6,00	7,17	6,83
33	12,83	13,33	13,67	13,00
59	36,33	27,50	41,50	29,83

Se observa que el número de hojas aumenta progresivamente conforme avanza el desarrollo del cultivo en todos los tratamientos. A los 20 y 33 DDT, el tratamiento T3 presenta los mayores promedios, mientras que a los 59 DDT alcanza nuevamente el valor más alto con 41,50 hojas, seguido de T1 (36,33). En contraste, T2 y T4 registran menores valores al final de la evaluación, lo que sugiere una menor emisión foliar en comparación con los demás tratamientos.

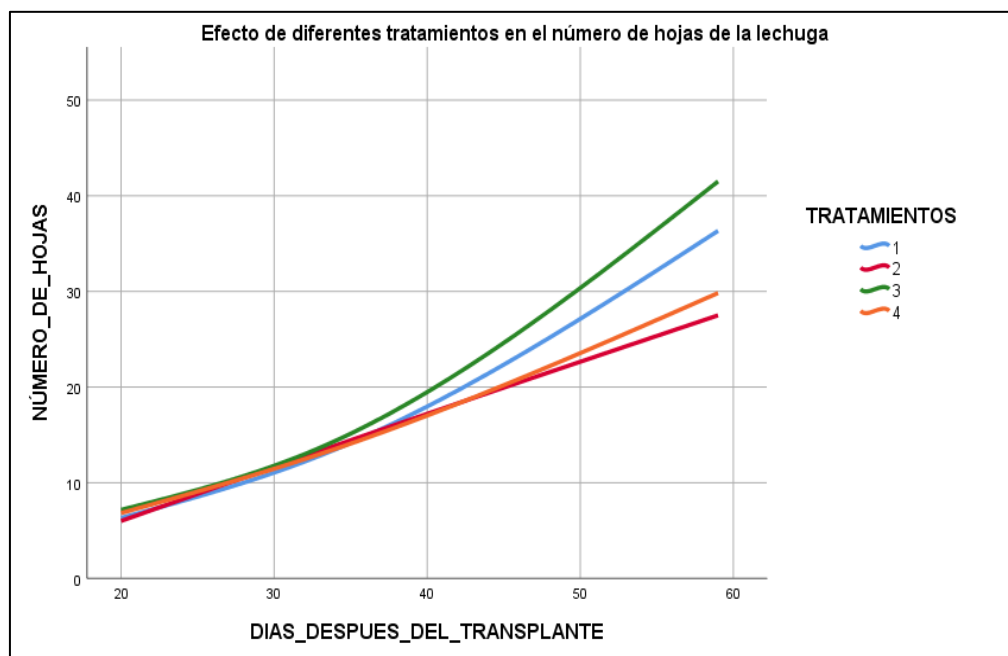
Tabla 36*Medidas de dispersión y rangos de número de hojas en la lechuga DDT*

DDT	Tratamiento	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
20	T1	0,816	5	7
	T2	1,265	4	7
	T3	0,753	6	8
	T4	0,753	6	8
33	T1	0,753	12	14
	T2	1,033	12	15
	T3	1,211	12	15
	T4	1,414	11	15
59	T1	2,733	32	40
	T2	1,871	25	30
	T3	4,506	37	49
	T4	2,858	26	34

La Tabla 36 presenta las medidas de dispersión y los rangos del número de hojas en la lechuga evaluadas a los 20, 33 y 59 DDT. En general, se observa que la variabilidad de los datos aumenta conforme avanza el desarrollo del cultivo, evidenciado por mayores valores de desviación estándar a los 59 DDT. Asimismo, los rangos mínimo y máximo se incrementan con el tiempo, destacando el tratamiento T3, que registra el mayor número de hojas (49) al final de la evaluación. Estos resultados indican una mayor heterogeneidad en el crecimiento foliar de las plantas en las etapas finales del cultivo.

Figura 7

Gráfico de número de hojas de la lechuga bajo tratamientos



La Figura 6 muestra que el número de hojas de la lechuga aumenta progresivamente con los días después del trasplante en todos los tratamientos. Sin embargo, el tratamiento 3 presenta el mayor incremento, alcanzando el valor más alto hacia los 60 DDT, seguido por T1. En contraste, T2 y T4 registran menores valores al final de la evaluación, evidenciando un menor desarrollo foliar.

Tabla 37*Prueba de normalidad (Shapiro-Wilk) para número de hojas DDT*

DDT	Tratamiento	W	gl	Sig.
20	T1	0,822	6	0,091
	T2	0,831	6	0,110
	T3	0,866	6	0,212
	T4	0,866	6	0,212
33	T1	0,866	6	0,212
	T2	0,915	6	0,473
	T3	0,907	6	0,415
	T4	0,982	6	0,960
59	T1	0,988	6	0,985
	T2	0,982	6	0,961
	T3	0,920	6	0,507
	T4	0,989	6	0,987

La Tabla 37 presenta la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para el número de hojas de la lechuga a los 20, 33 y 59 DDT. Los resultados muestran que todos los valores de significancia (Sig.) son mayores a 0,05 en los cuatro tratamientos, lo que indica que los datos siguen una distribución normal.

La Tabla 38 presenta la prueba de homogeneidad de varianzas de Levene para el número de hojas de la lechuga a los 20, 33 y 59 DDT.

Tabla 38*Prueba (Levene) para el número de hojas*

DDT	Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
20	1,147	3	20	0,355
33	0,677	3	20	0,576
59	1.509	3	20	0.43

Los resultados muestran que los valores de significancia son mayores a 0,05 en todas las evaluaciones, lo que indica que se cumple el supuesto de homogeneidad de varianzas entre los tratamientos.

Tabla 39*Análisis de varianza (ANOVA) para el número de hojas 20 DDT*

Fuente de variación	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Tratamientos	4,88	3	1,611	1,895	0,163
Error	17,000	20	0,850		
Total	21,833	23			

La Tabla 39 presenta el análisis de varianza (ANOVA) para el número de hojas de la lechuga a los 20 DDT. Los resultados muestran un valor de significancia de 0,163 ($p > 0,05$), lo que indica que no existen diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos evaluados en esta etapa del cultivo. Por lo tanto, se infiere que los tratamientos aplicados no influyeron significativamente en el número de hojas a los 20 DDT, observándose un comportamiento similar entre ellos.

Tabla 40*(ANOVA) para número de hojas de la lechuga 33 DDT*

Fuente de variación	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Tratamientos	2,458	3	0,819	0,643	0,597
Error	25,500	20	1,275		
Total	27,958	23			

La Tabla 40 presenta el análisis de varianza (ANOVA) para el número de hojas de la lechuga a los 33 DDT. Los resultados muestran un valor de significancia de 0,597 ($p > 0,05$), lo que indica que no existen diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos evaluados en esta etapa del cultivo. Por lo tanto, se infiere que los tratamientos aplicados no influyeron significativamente en el número de hojas a los 33 DDT, presentando un comportamiento similar entre ellos.

La Tabla 41 presenta el análisis de varianza para el número de hojas de la lechuga en la evaluación correspondiente.

Tabla 41

(ANOVA) para número de hojas planta 59 DDT

Fuente de variación	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Tratamientos	726,792	3	242,264	24,575	0,000
Error	197,167	20	9,858		
Total	923,958	23			

La tabla 41 muestra los resultados muestran un valor de significancia de 0,000 ($p < 0,05$), indicando que existen diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos evaluados.

La Tabla 42 presenta la comparación de medias de Tukey para el número de hojas de la lechuga a los 59 DDT.

Tabla 42

Comparación de medias Tukey para número de hojas 59 DDT

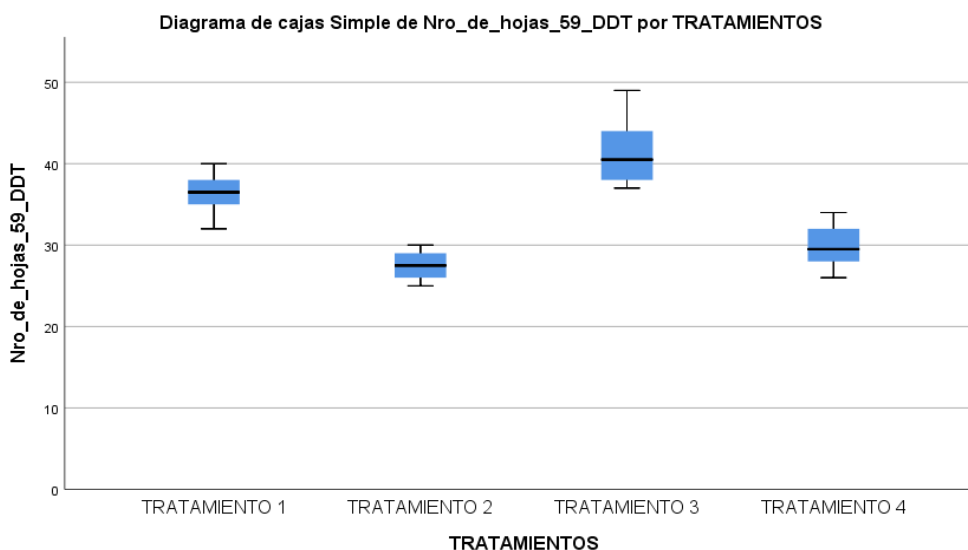
Tratamiento	N	Media	Grupo
T2	6	27,50	a
T4	6	29,83	a
T1	6	36,33	b
T3	6	41,50	c

En la tabla 42 observa que T2 (27,50) y T4 (29,83) pertenecen al grupo “a”, indicando los menores valores y sin diferencias significativas entre ellos. T1 (36,33) se ubica en el grupo “b”, mientras que T3 (41,50) pertenece al grupo “c”, registrando el mayor número de hojas. Estos resultados evidencian que el tratamiento T3 favoreció significativamente el desarrollo foliar de la lechuga al final del periodo de evaluación.

La figura 8 revela que el diagrama de cajas evidencia diferencias claras en el área foliar de la lechuga entre los tratamientos evaluados.

Figura 8

Diagrama de cajas y bigotes para número de hojas en lechuga



La figura 8 diagrama de cajas evidencia diferencias en el número de hojas a los 59 DDT entre los tratamientos evaluados. El Tratamiento 3 presentó la mayor mediana y mayor rango de variación, indicando un mejor desarrollo foliar en comparación con los demás tratamientos. En contraste, el Tratamiento 2 mostró los valores más bajos y menor dispersión. Los Tratamientos 1 y 4 presentaron valores intermedios, con una distribución relativamente homogénea y sin presencia de valores atípicos.

4.1.6 Análisis e interpretación para la variable: Área foliar

La Tabla 43 presenta el análisis descriptivo del área foliar de planta.

Tabla 43

Análisis descriptivo para el área foliar de la lechuga

Tratamiento	Media (cm ²)	Desviación estándar	Mínimo (cm ²)	Máximo (cm ²)
T1	381,64	15,18	367,19	402,45

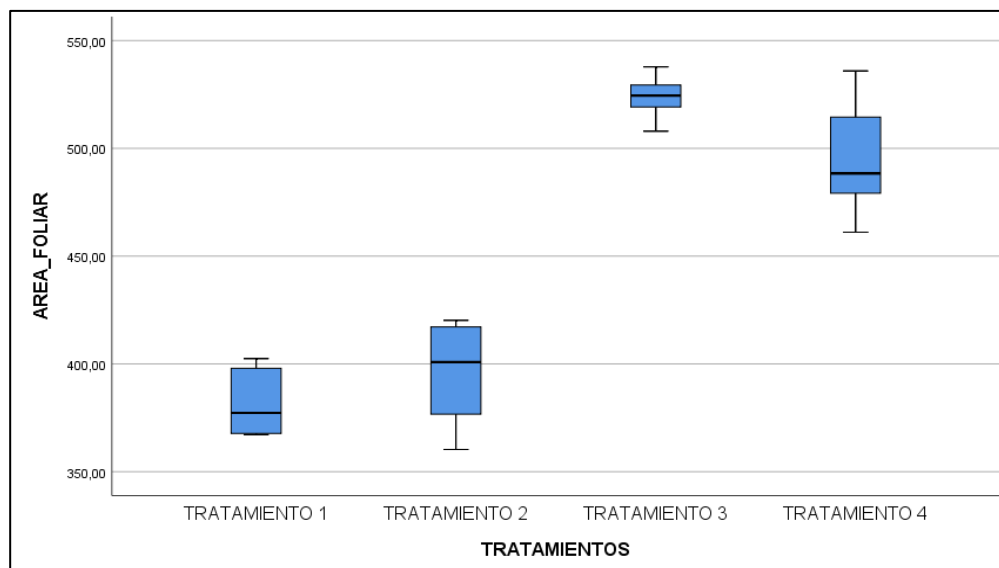
T2	396,02	23,75	360,33	420,20
T3	523,89	10,38	507,96	537,80
T4	494,58	26,89	461,10	535,90

Se observa que T3 registró la mayor área foliar promedio (523,89 cm²), seguido de T4 (494,58 cm²), mientras que T2 (396,02 cm²) y T1 (381,64 cm²). Asimismo, la variabilidad de los datos es relativamente baja, destacando T3 con la menor desviación estándar (10,38), lo que indica mayor uniformidad en los resultados. Estos valores sugieren que T3 favoreció en mayor medida el desarrollo del área foliar de la lechuga bajo las condiciones del experimento.

La figura 9 revela que el diagrama de cajas evidencia diferencias claras en el área foliar de la lechuga entre los tratamientos evaluados.

Figura 9

Diagrama de cajas y bigotes para área foliar de la lechuga por tratamientos



El Tratamiento 3 presenta la mayor mediana y una menor dispersión de los datos, lo que indica un efecto más favorable y consistente sobre el desarrollo foliar, y T4 muestra valores relativamente altos, pero con mayor variabilidad, mientras que T2 y T1 presentan menores valores de área foliar.

La Tabla 44 presenta la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para el área foliar de la lechuga en los diferentes tratamientos.

Tabla 44

Prueba de Shapiro-Wilk para normalidad del área foliar en la lechuga

Tratamiento	W	gl	Sig.
T1	0,866	6	0,210
T2	0,925	6	0,539
T3	0,967	6	0,868
T4	0,966	6	0,865

Nota. Los resultados muestran que todos los valores de significancia (Sig.) son mayores a 0,05, lo que indica que los datos siguen una distribución normal.

La Tabla 45 presenta la prueba de homogeneidad de varianzas de Levene para el área foliar de la lechuga.

Tabla 45

Prueba de Levene para homogeneidad de varianzas del área foliar

Variable	Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Peso fresco	1,875	3	20	0,166

El resultado muestra un valor de significancia de 0,166 ($p > 0,05$), lo que indica que no existen diferencias significativas en las varianzas entre los tratamientos. La Tabla 46 presenta el análisis de varianza del área foliar de lechuga bajo la influencia de bioestimulantes.

Tabla 46

ANOVA del área foliar de lechuga bajo bioestimulantes

Fuente de variación	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Tratamientos	90182,640	3	30060,880	73,951	0.000
Error	8129,970	20	406,498		
Total	98312,609	23			

Se mostró que los tratamientos con bioestimulantes tuvieron un efecto altamente significativo sobre el área foliar de la lechuga ($F = 73,951$; $p < 0,05$). Asimismo, la variabilidad entre tratamientos fue considerablemente mayor que la variabilidad del error, lo que evidencia una respuesta diferenciada del cultivo frente a los bioestimulantes evaluados.

Tabla 47

Comparación de medias del área foliar en la lechuga por Tukey

Tratamiento	N	Media	Grupo
T1	6	381,6400	a
T2	6	396,0233	a
T4	6	494,5800	b
T3	6	523,8933	b

La Tabla 47 presenta la comparación de medias de Tukey para el área foliar de la lechuga. Se observa que T1 (381,64) y T2 (396,02) pertenecen al grupo “a”, indicando que no presentan diferencias significativas entre sí y registran los valores más bajos. Por otro lado, T4 (494,58) y T3 (523,89) se ubican en el grupo “b”, mostrando las mayores áreas foliares. Estos resultados evidencian que los tratamientos T3 y T4 favorecieron significativamente el desarrollo del área foliar de la lechuga en comparación con T1 y T2.

4.2 Discusión

4.2.1 Peso fresco

En el presente estudio, el tratamiento T3 té de follaje de leguminosas (alfalfa) registró el peso fresco más elevado de la lechuga, con un promedio de 816,42 g. Este registro fue seguido por el tratamiento T4 (biofermentado de cáscara de plátano y papaya), que registró un peso promedio de 667,19 g. Estos hallazgos demuestran que el T3 demostró ser más eficaz en la promoción de la acumulación de biomasa fresca, probablemente atribuible a su composición de aminoácidos, compuestos nitrogenados y metabolitos bioactivos que promueven la división y elongación celular. La respuesta favorable del biofermentado de cáscara de plátano y papaya también se atribuye a su

aporte de potasio, azúcares solubles y compuestos orgánicos que fomentan el crecimiento vegetal del cultivo.

Estos hallazgos se alinean con los registrados por (Vega et al., 2015), en lechuga de var. Batavia, quien utilizó un bioestimulante a base de ortiga y registró un peso fresco de 219,10 g superando al testigo con 192,71 g. De manera similar, (Incio, 2019), en la especie de lechuga var. White Boston, al aplicar biol, registró pesos unitarios que oscilaron entre 184,70 g en el testigo y 220,55 g con 150 ml de biol, sin observar diferencias estadísticamente significativas. (Terán & Rendón, 2025), en la lechuga romana, registraron respuestas positivas con Newfol Plus, un bioestimulante foliar compuesto por aminoácidos y micronutrientes. Esta evidencia consolida la interpretación de que los bioestimulantes fomentan de manera positiva la acumulación de biomasa fresca, tal como se evidenció con el tratamiento T3 en el presente estudio.

4.2.2 Peso seco

En la variable peso seco, T3 exhibió el valor más elevado con 34,20 g seguido por el tratamiento T4 (biofermentado de cáscara de plátano y papaya) con 26,38 g respectivamente. Este comportamiento sugiere que el T3 fomentó un incremento en la acumulación de biomasa estructural, lo que evidencia una conversión más eficiente de nutrientes en materia vegetal. Desde una perspectiva fisiológica, esto indica un incremento en la eficiencia metabólica y una optimización en la utilización de los compuestos bioactivos presentes en la alfalfa. El biofermentado de plátano y papaya también evidenció una respuesta favorable, aunque de menor envergadura, corroborando su impacto positivo en la formación de tejidos secos.

Estos hallazgos guardan correlación con los obtenidos por (Incio, 2019), en la especie de lechuga var. White Boston, que, mediante el uso de biol, alcanzó un valor máximo de 27,23 g de peso seco. De manera similar, (Vega et al., 2015), aplicando un bioestimulante de ortiga en lechuga de var. Batavia, registró un peso de 8,27 g en contraste con los 7,27 g del testigo. (Marcañaupa, 2021), en la especie de lechuga escarola var. Great Lakes 118, empleando el bioestimulante comercial Stimgen (250

ml) y destacando la combinación con 20 cm de distanciamiento, registró valores de peso de materia seca de 54,11 gr y 61,33 gr.

En conjunto, estos datos corroboran que la aplicación de bioestimulantes puede potenciar la acumulación de biomasa seca; sin embargo, la magnitud de la respuesta depende de la composición del producto, la dosis aplicada y las condiciones de cultivo existentes.

4.2.3 Materia seca

En cuanto al porcentaje de materia seca, el tratamiento T3 té de follaje de leguminosas (alfalfa) registró el valor más elevado con 4,06%, seguido por el tratamiento T4 (biofermentado de cáscara de plátano y papaya) con 3,71%. Estos hallazgos indican que el T3 propició una acumulación más elevada de fotoasimilación y una eficiencia superior en la generación de biomasa real. Esta conducta puede atribuirse a la presencia de aminoácidos, compuestos orgánicos y compuestos estimulantes del crecimiento que fomentan la actividad fisiológica de la planta y optimizan la utilización de nutrientes, lo que resulta en una mayor proporción de materia seca en la biomasa total.

Estos hallazgos se comparan con los registrados por (Vega et al., 2015), en lechuga de var. Batavia, quien, mediante el uso de un bioestimulante a base de ortiga, registró un 3,81% de materia seca, en contraste con el 3,79% registrado por el testigo. (Vilchez, 2025), al emplear microalgas como bioestimulante foliar en tres cultivares de lechuga, registró valores que oscilan entre el 3,46% y el 4,48%, con el cultivar SVA destacando con un 4,17%. (Eugenio, 2023) aplicando Folirey Stimul en la especie de lechuga var. Great Lakes 118, observó que la materia seca no exhibió diferencias significativas entre los diferentes tratamientos, reportando un coeficiente de variación del 24,36 %. Dentro del presente contexto, el valor de 4,06% adquirido mediante el tratamiento T3 corrobora que el té de follaje de alfalfa exhibió una respuesta positiva y se situó dentro del intervalo reportado por otros autores.

4.2.4 Altura de la planta

El tratamiento T4 registró la altura final más alta con 22,71 cm, seguido muy de cerca por el tratamiento T3 con 21.88 cm. Estos hallazgos evidencian que ambos bioestimulantes estimularon de forma positiva el desarrollo vegetativo de la lechuga, aunque el biofermentado evidenció una superioridad ligera. Esta reacción puede ser atribuida a la presencia de potasio, azúcares, compuestos orgánicos y microorganismos beneficiosos en el biofermentado, los cuales promueven la elongación celular y el desarrollo de los tejidos vegetales. Del mismo modo, el té de follaje de alfalfa demostró una notable habilidad para estimular el crecimiento de la planta. Estos resultados se alinean con los de Terán y Rendón (2025) quienes evaluaron en lechuga romana los bioestimulantes Newfol Plus, Isabion, Seaweed extract y Biol, descubriendo que Newfol Plus, compuesto por aminoácidos y micronutrientes, logró una altura de 22,0 cm, similar a lo reportado por Eugenio (2023), quien empleando Folirey stimul en lechuga var. Great Lakes 118, registró una altura máxima de 16,76 cm; mientras que Marcañaupa (2021), registró valores para la variable de lechuga escarola var. Great Lakes 118, utilizando Stimgen (250 ml) y un distanciamiento de 20 cm, una altura de 18.92 cm. En resumen, los hallazgos derivados de la aplicación de T4 y T3 evidencian una respuesta agronómica positiva y corroboran la eficacia de ambos bioestimulantes en el desarrollo en la altura de la lechuga.

4.2.5 Número de hojas

El tratamiento T3 presentó el mejor resultado al final del ciclo, con 41,50 hojas en promedio, seguido por el tratamiento T1 biofermentado de cáscaras de frutas mixtas que alcanzó 36,33 hojas en promedio, superando al T4 y T2. Este comportamiento evidencia que el té de follaje de alfalfa favoreció de manera más eficiente la emisión foliar y el crecimiento vegetativo del cultivo, probablemente debido a su contenido de aminoácidos, compuestos nitrogenados y sustancias bioactivas que estimulan la actividad meristemática y la formación de nuevas hojas. Desde el punto de vista agronómico, un mayor número de hojas refleja un mejor desarrollo del aparato fotosintético y una mayor capacidad de acumulación de biomasa.

Estos resultados superan a los reportados por (Theourn et al., 2022), quienes en lechuga romana (*Lactuca sativa* var. longifolia) evaluaron diferentes combinaciones de nitrógeno mineral y vermicompost, registrando valores entre 27,73 y 31,66 hojas por planta. El mayor valor correspondió al tratamiento 75 % nitrógeno mineral + 25 % vermicompost, con 31,66 hojas, mientras que el menor se obtuvo con 100 % nitrógeno mineral, con 27,73 hojas, sin diferencias significativas para esta variable. En comparación con dicho antecedente, T3 superó ese rango en aproximadamente 9 a 13 hojas por planta, lo que sugiere un efecto más favorable del té de follaje de alfalfa sobre la emisión foliar, probablemente asociado tanto a la naturaleza del bioestimulante como a las condiciones agroecológicas de Luricocha, Huanta.

4.2.6 Área foliar

El tratamiento T3 alcanzó el mayor valor con 523,89 cm², seguido por el tratamiento T4 (biofermentado de cáscara de plátano y papaya) con 494,58 cm². Estos resultados indican que el té de alfalfa fue más eficiente para promover la expansión de las hojas y el desarrollo del aparato fotosintético de la lechuga. Este comportamiento se relaciona con la presencia de compuestos bioactivos y nutrientes esenciales que favorecen la división y expansión celular, incrementando la superficie disponible para la captación de luz y, en consecuencia, la síntesis de biomasa. Aunque el biofermentado de plátano y papaya también mostró una respuesta positiva, su efecto fue ligeramente inferior al obtenido con T3.

Estos resultados coinciden con lo reportado por (Eugenio, 2023), quien en la lechuga var. Great Lakes 118, empleando Folirey stimul, obtuvo un área foliar máxima de 1,28 m², superando ampliamente al testigo con 0,48 m²; además, señaló que la mejor respuesta se logró con la dosis de 50 ml/20l aplicada a los 35 días después del trasplante. Asimismo, (Terán & Rendón, 2025) en lechuga romana, utilizando Newfol Plus, reportaron un valor promedio a 440,51 cm², evidenciando un mayor desarrollo foliar. En conjunto, estos antecedentes respaldan que el té de follaje de alfalfa y, en menor medida, el biofermentado de cáscara de plátano y papaya, favorecieron de manera positiva el área foliar en la presente investigación.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES

- En Luricocha, los bioestimulantes caseros elaborados a partir de residuos agrícolas ejercen un efecto significativo sobre el rendimiento y comportamiento agronómico de la lechuga, evidenciado por diferencias estadísticas entre tratamientos; destacando el tratamiento T3, el cual presentó un desempeño superior en la mayoría de variables evaluadas, lo que confirma que la composición del bioestimulante influye directamente en la respuesta fisiológica y productiva del cultivo.
- Se comprobó que los bioestimulantes influyen significativamente en el rendimiento de la lechuga (peso fresco, peso seco y materia seca), al evidenciarse diferencias altamente significativas entre tratamientos, donde T3 alcanzó los mayores valores (816,42 g de peso fresco, 34,20 g de peso seco y 4,06% de materia seca), lo que demuestra una mayor acumulación de biomasa y eficiencia en la producción de fotoasimilados, mientras que T2 presentó los menores rendimientos.
- La aplicación de bioestimulantes afectan significativamente el comportamiento agronómico de la lechuga, manifestándose principalmente en etapas intermedias y finales del cultivo, donde los tratamientos T3 y T4 promovieron mayor altura de planta, área foliar y número de hojas, destacando T3 con el mayor desarrollo foliar (523,89 cm² y 41,50 hojas), lo que demuestra su efecto positivo en el crecimiento vegetativo y en la capacidad fotosintética del cultivo.

CAPÍTULO VI

RECOMENDACIONES

- A los agricultores de Luricocha, se recomienda incorporar el uso del té de follaje de leguminosas de alfalfa dentro del manejo del cultivo de lechuga, debido a que este bioestimulante presentó los mejores resultados en rendimiento y comportamiento agronómico, destacando en peso fresco, peso seco, materia seca, número de hojas y área foliar. Asimismo, se sugiere considerar el uso del biofermentado de cáscara de plátano y papaya como alternativa complementaria, especialmente cuando se busque favorecer el crecimiento en altura de la planta.
- A las entidades gubernamentales, se recomienda promover programas de capacitación, asistencia técnica y parcelas demostrativas sobre la elaboración y aplicación de bioestimulantes agrícolas a base de residuos orgánicos locales, con la finalidad de reducir la dependencia de fertilizantes químicos y fomentar una horticultura más sostenible en la zona de Luricocha, Huanta.
- A la Universidad Nacional Autónoma de Huanta, se recomienda continuar y ampliar las investigaciones relacionadas con bioestimulantes agrícolas en lechuga y otros cultivos hortícolas de importancia económica, evaluando su comportamiento en condiciones de campo, diferentes dosis, frecuencias de aplicación y análisis económico. Asimismo, se sugiere fortalecer las actividades de proyección social y extensión universitaria, a fin de transferir los resultados de la investigación hacia los productores de la zona y contribuir al desarrollo agrario local.

CAPÍTULO VII

REFERENCIAS

- Abad, K. (2022). *Producción de Lechuga (Lactuca sativa L.) y Acelga (Beta vulgaris L. var. cicla) bajo un sistema de jardines verticales* [Tesis de ingeniero agrónomo, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú]. <https://hdl.handle.net/20.500.12996/5508>
- Abubakari, A., Nyarko, G., & Sheila, M. (2011). Preliminary studies on growth and fresh weight of lettuce (*Lactuca sativa*) as affected by clay pot irrigation and spacing. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 14(14), 747-751. <https://doi.org/10.3923/pjbs.2011.747.751>
- Akter, S., Mahmud, K., Maqsurah, A., Supty, S. J., & Khan, M. H. R. (2025). Agronomic traits of lettuce (*Lactuca sativa* L.) under different temperatures as influenced by black soldier fly frass and vermicompost derived from kitchen waste. *Dhaka University Journal of Biological Sciences*, 34(2), 13-28. <https://doi.org/10.3329/DUJBS.V34I2.83986>
- Ander, E. (1995). *Técnicas de investigación social* (24.a edición). Lumen Editorial. <https://acortar.link/BMmZPd>
- Arad, N., Spraker, J., Garcia, K., Pauli, D., & Arnold, A. E. (2025). Draft genome sequences of five endophytic fungi isolated from *Lactuca serriola*, a wild relative of cultivated lettuce. *Microbiology Resource Announcements*, 14(11). <https://doi.org/10.1128/mra.00444-25>
- Arias, F. (2012). *El proyecto de investigación introducción a la metodología científica* (6.ª ed.). Editorial Episteme. <https://acortar.link/7Ug85>

- Bárbaro, L., Karlanian, M., Rizzo, P., & Riera, N. (2019). Caracterización de diferentes compost para su uso como componentes de sustratos. *Chilean journal of agricultural & animal sciences*, 35(ahead), 5-9. <https://doi.org/10.4067/S0719-38902019005000309>
- Benito, P., Celdrán, M., Bellón, J., Arbona, V., González-Guzmán, M., Porcel, R., Yenush, L., & Mulet, J. M. (2024). The combination of a microbial and a non-microbial biostimulant increases yield in lettuce (*Lactuca sativa*) under salt stress conditions by up-regulating cytokinin biosynthesis. *Journal of Integrative Plant Biology*, 66(10), 2140-2157. <https://doi.org/10.1111/jipb.13755>
- Bulgari, R., Franzoni, G., & Ferrante, A. (2019). Biostimulants application in horticultural crops under abiotic stress conditions. *Agronomy*, 9(6), 306. <https://doi.org/10.3390/agronomy9060306>
- Cao, S., Sawettalake, N., & Shen, L. (2025). *Lactuca* super-pangenome provides insights into lettuce genome evolution and domestication. *Nature communications*, 16(1). <https://doi.org/10.1038/s41467-025-62641-w>
- Cedillo, K. (2017). *Evaluación de tres sistemas hidropónicos con la producción de lechuga (Lactuca sativa L.)* [Tesis de ingeniero agrónomo, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Mexico].
- Costa, D., Walsh, É., Dieli, C., O'Halloran, O., Awan, Z. A., Gargan, A., Landeta-Manzano, B., Priyadarshini, A., Foley, L., Gaffney, M. T., & Walsh, L. (2025). Impact of biostimulant use in agricultural crops (strawberries, leafy greens and mushrooms) under different horticultural cropping systems: A systematic review. *Annals of Applied Biology*, 187(3), 304-317. <https://doi.org/10.1111/aab.70021>

- Criollo, G. (2023). “*Análisis de los cambios morfológicos y nutricionales de las lechugas: Lactuca sativa L. variedades longifolia y capitata, debido a la influencia de la luz led, en un huerto urbano hidropónico en condiciones controladas*” [Tesis de ingeniera ambiental, Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca, Ecuador]. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/26484>
- 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 ingeniero agrónomo, Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, Huacho, Perú]. <https://repositorio.unjfsc.edu.pe/handle/20.500.14067/11500>
- Dahunsi, S., Oranusi, S., Efeovbokhan, V., Adesulu, A., & Ogunwole, J. (2021). Crop performance and soil fertility improvement using organic fertilizer produced from valorization of Carica papaya fruit peel. *Scientific Reports*, 11(1), 4696-. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-84206-9>
- Ebel, R., & Kissmann, S. (2019). Fermented leaf fertilizers-principles and preparation. *Organic Farming*, 5(1), 14-22. <https://doi.org/10.12924/of2019.05010014>
- Eugenio, H. (2023). Rendimiento del cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) var. great lakes, con tres dosis y tres momentos de aplicación de bioestimulante foliarey stimul en el valle de Cajamarca [Tesis de ingeniero agrónomo, Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Perú]. <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/5820>
- Esteves, A., Tarazona, J., Esteves, M., León, R., Trujillo, R., Escalante, M., Jara, R., Hinojosa, R., Peso, G. (2023). Evaluación y consecuencias de los plaguicidas en la salud de la población de Mala. *F1000Research*, 12:1541. <https://doi.org/10.12688/f1000research.140159.1>

- FAO. (2023). *The State of Food and Agriculture 2023*. FAO. <https://doi.org/10.4060/cc7724en>
- Fernández, M., Mosquera, D., Garzon, P., & Torres, L. (2024). Efecto de la aplicación de tres fertilizantes orgánicos en respuesta al desarrollo del cultivo de lechuga (*Lactuca sativa*), la troncal, cañar. *Sinergia Académica*, 7. <https://doi.org/https://doi.org/10.51736/1wb49j83>
- Giordano, M., El-Nakhel, C., Carillo, P., Colla, G., Graziani, G., Di Mola, I., Mori, M., Kyriacou, Marios., Roupheal, Y., Soteriou, G., & Sabatino, L. (2022). Plant-derived biostimulants differentially modulate primary and secondary metabolites and improve the yield potential of red and green lettuce cultivars. *Agronomy*, 12(6), 1361. <https://doi.org/10.3390/agronomy12061361>
- Gliner, J., Morgan, G., & Leech, N. (2011). *Research methods in applied settings*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315723082>
- González, L., Jiménez, M., Rodríguez, E., Vega, M., Lachimba, W., Terrero, J., & Falcón, A. (2025). Evaluación de Quitomax® y Rendplus en el cultivo de la lechuga (*Lactuca sativa* L.) variedad Fomento 95. *Revista Chone Ciencia y Tecnología*, 158. <https://doi.org/10.56124/cct.v3i2.011>
- Granados, C. J. B. (2022). Las rizobacterias y su contribución a la tolerancia de las plantas a la sequía y a la salinidad. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 56(2). <https://acortar.link/yhhuWS>
- Gutiérrez, J. (2011). *Comportamiento de tres cultivares de lechuga (Lactuca sativa L.), evaluados al aire libre, en Valdivia*. [Tesis de ingeniero agrónomo, Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile]. <https://acortar.link/GMojjJ>
- Gutiérrez, S., Salazar, K., Montes, I., & Dueñas, A. (2023). Insects associated with chromatic traps in six lettuce cultivar (*Lactuca sativa*) with organic management in an agricultural orchard of the Peruvian coast. *Biotempo*, 20(1). <http://revistas.urp.edu.pe/index.php/Biotempo/article/view/5605>

- Hailu, T., Getu, E., Wagari, M., Muluken, G., & Tesfaye, T. (2024). Biology and host preference studies of *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) in Ethiopia. *SINET: Ethiopian Journal of Science*, 46(3), 326-339. <https://doi.org/10.4314/sinet.v46i3.9>
- Hamed, F., Ismail, H., Abo, M., & Desoky, E. (2022). Effect of vermicompost-tea and plant extracts on growth, physiological, and biochemical traits of lettuce (*Lactuca Sativa* L.). *SABRAO Journal of Breeding and Genetics*, 54(5), 1202-1215. <https://doi.org/10.54910/sabrao2022.54.5.21>
- He, Z., Guo, J., Reitz, S. R., Lei, Z., & Wu, S. (2020). A global invasion by the thrip, *Frankliniella occidentalis*: Current virus vector status and its management. *Insect Science*, 27(4), 626-645. <https://doi.org/10.1111/1744-7917.12721>
- Hinojosa, R., Yzarra, A., De la Cruz, R. y Quispe, J. (2021). Estrategias de mejora según el análisis FODA de un sistema provincial de extensión agrícola. *Alfa Revista de Investigación en Ciencias Agronómicas y Veterinaria*, 5(15), 86-105. <https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v5i15.130>
- Hinojosa, R., Vitor, R., Gonzales, J., Quispe, Y., Molina, R., Ricra J., Sánchez, E. y Quispe, J. (2019). Sustentabilidad de los sistemas de producción agropecuaria. *Puriq*, 1(02), 198–207. <https://doi.org/10.37073/puriq.1.02.31>
- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación*. McGraw-Hill Education. <https://doi.org/10.22201/fesc.20072236e.2019.10.18.6>
- Howeidi, M., Manea, A., & Slomy, A. (2023). Effect of bio-fertilizer and banana peel extract on the Vegetative traits and yield of carrot plants. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1158(4), 042035. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1158/4/042035>

- Incio, P. (2019). Efecto de cuatro dosis de biol en el rendimiento de lechuga (*Lactuca sativa* L.) variedad white boston en Cajamarca [Tesis de ingeniero agrónomo, Universidad Nacional de Cajamarca, Perú]. <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/3063>
- Irmawan, A., Sembiring, D., & Amrul, H. (2025). The Influence of Liquid Organic Fertilizer from Pineapple Peel Waste and Chicken Manure Compost on the Growth and Production of Purple Eggplant (*Solanum melongena*). *Jurnal Pembelajaran dan Biologi Nukleus*, 11(1), 279-294. <https://doi.org/10.36987/jpbn.v11i1.7067>
- Islam, R., Solaiman, A. H. M., Kabir, Md. H., Arefin, S. M. A., Azad, Md. O. K., Siddiquee, M. H., Alsanius, B. W., & Naznin, M. T. (2021). Evaluation of lettuce growth, yield, and economic viability grown vertically on unutilized building wall in dhaka city. *Frontiers in Sustainable Cities*, 3. <https://doi.org/10.3389/frsc.2021.582431>
- Jiang, M., Li, Y., Chen, H., Wang, B., & Liu, C. (2021). Comparative and phylogenetic analysis of the complete chloroplast genome sequences of *Lactuca raddeana* and *Lactuca sativa*. *Mitochondrial DNA Part B: Resources*, 6(4), 1498-1506. <https://doi.org/10.1080/23802359.2021.1911700>
- Kavga, A., Zervoudakis, G., & Tripanagnostopoulos, Y. (2018). Growth and physiological characteristics of lettuce (*Lactuca sativa* L.) and rocket (*Eruca sativa* Mill.) plants cultivated under photovoltaic panels. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 46(1), 206-212. <https://doi.org/10.15835/nbha46110846>
- Khoulati, A., Ouahhoud, S., Taibi, M., Ezrari, S., Mamri, S., Merah, O., Hakkou, A., Addi, M., Maleb, A., & Saalaoui, E. (2025). Harnessing biostimulants for sustainable agriculture: innovations, challenges, and future prospects. *Discover Agriculture*, 3(1), 56. <https://doi.org/10.1007/s44279-025-00177-9>

- Kim, M. J., Shim, C. K., & Park, J.-H. (2021). Control efficacy of *Bacillus velezensis* AFB2-2 against potato late blight caused by *Phytophthora infestans* in Organic potato cultivation. *The Plant Pathology Journal*, 37(6), 580-595. <https://doi.org/10.5423/PPJ.FT.09.2021.0138>
- Kumar, H., Bhardwaj, K., Sharma, R., Nepovimova, E., Kuča, K., Dhanjal, D., Verma, R., Bhardwaj, P., Sharma, S., & Kumar, D. (2020). Fruit and vegetable peels: utilization of high value horticultural waste in novel industrial applications. *Molecules*, 25(12), 2812. <https://doi.org/10.3390/molecules25122812>
- Ludeña, Nancy., & Minaya, Wendy. (2023). *Localización de áreas óptimas para la construcción de un relleno sanitario en el distrito de Huanta-Ayacucho-Perú, Ayacucho 2023-2033* [Tesis de ingeniero ambiental, Universidad San Ignacio De Loyola, Lima, Peru]. <https://hdl.handle.net/20.500.14005/13877>
- Marcañaupa, A. (2021). Efecto de bioestimulante y diferentes distanciamientos del cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.), variedad escarola (Great Lakes 118) en el rendimiento bajo las condiciones de Lircay – Región Huancavelica [Tesis de ingeniero agrónomo, Universidad José Carlos Mariátegui, Moquegua, Perú]. <https://repositorio.ujcm.edu.pe/handle/20.500.12819/1038>
- Marcas, R., Asesor, S., Magdalena, M., & Arango, H. (2024). *Rendimiento de tres variedades de lechuga (Lactuca sativa L.) a tres niveles de estiércol, Rumichaca, Lircay - 2023* [Tesis de ingeniero agrónomo, Universidad Para el Desarrollo Andino, Lircay, Perú]. <https://hdl.handle.net/20.500.14502/295>
- Maričić, B., Radman, S., Romić, M., Perković, J., Major, N., Urlić, B., Palčić, I., Ban, D., Zorić, Z., & Ban, S. G. (2021). Stinging nettle (*Urtica dioica* L.) as an aqueous plant-based extract Fertilizer in green bean (*Phaseolus vulgaris* L.) sustainable agriculture. *Sustainability*, 13(7), 4042. <https://doi.org/10.3390/su13074042>

- Marín, D. (2002). Rendimiento y Producción agrícola vegetal: Un Análisis del entorno mundial (1997-1999) y de Venezuela (1988 - 2001). *Agroalimentaria*, 7(15), 49-73. <https://n9.cl/slb7j>
- Medina, I., Bertolín, J., & Díaz, A. (2021). Valor nutricional de lechugas comerciales y tradicionales (*Lactuca sativa* L.) y parientes silvestres: contenido de vitamina C y antocianinas. *Food Chemistry*, 359. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.129864>
- Mendieta, N. (2023). Efecto sinérgico entre algas marinas y compost en el rendimiento y calidad de lechuga (*Lactuca sativa*) en vivero [Tesis de ingeniero agrónomo, Universidad Nacional del Santa, Nuevo Chimbote, Perú]. En *Repositorio Institucional - UNS*. <http://repositorio.uns.edu.pe/handle/20.500.14278/4244>
- Montero, M., Dejuk, N., Bermúdez, D., Vásquez, E., Sandoval, I., Garita, L., Albertazzi, F. J., Adkins, S., & Moreira, L. (2023). Genus Orthotospovirus in Costa Rica: A Central American case. *Revista Mexicana de Fitopatología, Mexican Journal of Phytopathology*, 41(4). <https://doi.org/10.18781/R.MEX.FIT.2023-6>
- Montgomery, Douglas. (2013). *Diseño y análisis de experimentos*. Limusa Wiley. <https://acortar.link/EImGHC>
- Neyra, J., Panduro, G., Díaz, E., & Iannacone, J. (2021). Caracterización física y química: biomasa residual de la palma (*Elaeis guineensis* Jacq.) en la Amazonia peruana. *Agronomía Mesoamericana*, 33(3). <https://doi.org/10.15517/am.v33i3.48170>
- Paradičković, N., Teklić, T., Zeljković, S., Lisjak, M., & Špoljarević, M. (2019). Biostimulants research in some horticultural plant species—A review. *Food and Energy Security*, 8(2). <https://doi.org/10.1002/fes3.162>

- Pérez Tito, A. (2021). *Dosis de guano de islas y potasio en el rendimiento de lechuga (Lactuca sativa L.) var. Great Lakes. Canaán, 2750 m.s.n.m. – Ayacucho* [Tesis de ingeniero agrónomo, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Ayacucho, Perú]. <https://acortar.link/G7fA26>
- Porras, R., Artola, A., Barrena, R., Ballardo, C., & Sanchez, A. (2025). From municipal green waste to agriculture: biostimulant production by solid-state fermentation and Its role in improving germination and seedling growth of lettuce (*Lactuca sativa*). *Journal of Food Biochemistry*, 2025(1). <https://doi.org/10.1155/jfbc/5555098>
- Quiñones, S. (2023). *Evaluación de seis cultivares de lechuga (Lactuca sativa L) en el comportamiento agronómico bajo condiciones de Huari, Ancash* [Tesis de ingeniero agrónomo, Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, Huacho, Perú]. <https://n9.cl/os0vjv>
- Quispe, E. (2024). *Comportamiento agronómico de ocho cultivares de lechuga (Lactuca sativa L.) según las etapas fenológicas principales en la costa central* [Tesis de ingeniero agrónomo, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú]. <https://hdl.handle.net/20.500.12996/6823>
- Rahman, N. Z. A., & Ahmad, N. (2025). Recent Plant-Based Fertilization Approaches: A Review. https://www.researchgate.net/publication/394846346_Recent_Plant-Based_Fertilization_Approaches_A_Review
- Ray, R. C., Behera, S. S., Awogbemi, O., & Sooch, B. S. (2025). Beyond enzymes and organic acids, solid-state fermentation as an alternative for valorizing fruits and vegetable wastes into novel bio-products in a circular economy. *AIMS Agriculture and Food*. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC12207261/>

- Rodríguez, M. (2022). *Aplicación de microorganismos promotores del crecimiento vegetal con actividad quorum quenching frente a estrés biótico y abiótico* [Tesis de doctorado en biología fundamental y de sistemas, Universidad de Granada, España]. <https://n9.cl/nuz3f>
- Rosero, M., Lozano, J., & Velásquez, C. (2024). Cultivares de cebolla ocañera (*Allium cepa* L.) bajo condiciones protegidas y de campo abierto. *Agronomía Mesoamericana*, 35, 55741. <https://doi.org/10.15517/am.2024.55741>
- Sakib, S. (2021). Feasibility assessment of production of liquid organic fertilizer (lof) from food waste for sustainable management [Tesis de ingeniero civil, The University of Texas at Arlington in Partial Fulfillment, Texas, EE.UU]. En *University of Texas at Arlington*. https://mavmatrix.uta.edu/civilengineering_theseshttps://mavmatrix.uta.edu/civilengineering_theses/439
- Salinier, J., Lefebvre, V., Besombes, D., Burck, H., Causse, M., Daunay, M.-C., Dogimont, C., Goussopoulos, J., Gros, C., Maisonneuve, B., McLeod, L., Tobal, F., & Stevens, R. (2022). The INRAE centre for cegetable germplasm: geographically and phenotypically diverse collections and their use in genetics and plant breeding. *Plants*, 11(3), 347. <https://doi.org/10.3390/plants11030347>
- Seminario, J., Oblitas, I., & Escalante, B. (2016). Área foliar del yacón (*Smallanthus sonchifolius* (Poep. & Endl.) H. Rob.) estimada mediante método indirecto. *Agronomía Mesoamericana*, 28(1), 171. <https://doi.org/10.15517/am.v28i1.24350>
- SENAMHI. (2026). *SENAMHI - Estaciones*. <https://www.senamhi.gob.pe/?dp=ayacucho&p=estaciones>
- Shahrajabian, M., Chaski, C., Polyzos, N., & Petropoulos, S. A. (2021). Biostimulants Application: A Low Input Cropping Management Tool for

Sustainable Farming of Vegetables. *Biomolecules*, 11(5), 698.
<https://doi.org/10.3390/biom11050698>

Silva, P., Sabino, M., Ferreira, M., Sabino, N., Sousa, L., Elias, M., Silva, A., Ferreira, A., Costa, A., Delmond, J., Silva, J., Oliveira, H., Silva, T., & Silva, M. (2025). Agronomic Effects of Different Rock Powder Rates Associated with Irrigation Water Depths: Potential for Lettuce (*Lactuca sativa* L.) Production. *Agriculture*, 15(6), 663.
<https://doi.org/10.3390/agriculture15060663>

Simko, I., Jia, M., Venkatesh, J., Kang, B.-C., Weng, Y., Barcaccia, G., Lanteri, S., Bhattarai, G., & Foolad, M. R. (2021). Genomics and Marker-Assisted Improvement of Vegetable Crops. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 40(4), 303-365. <https://doi.org/10.1080/07352689.2021.1941605>

Singh, K. (2007). Quantitative social research methods. En *Quantitative Social Research Methods*. SAGE Publications India Pvt Ltd.
<https://doi.org/10.4135/9789351507741>

Siregar, B., Siallagan, R., Butar, S., Mahmudi, B., & Pujiastuti, E. (2024). The nutrient content of eco-enzymes from mixture of various fruit peels. *Agro Bali : Agricultural Journal*, 7(2), 475-487.
<https://doi.org/10.37637/ab.v7i2.1646>

Tejada, K. (2022). *Producción de Lechuga (Lactuca sativa L.) y Acelga (Beta vulgaris L. var. cicla) bajo un sistema de jardines verticales* [Tesis de ingeniero agrónomo, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú].
<https://hdl.handle.net/20.500.12996/5508>

Terán, J., & Rendón, V. (2025). Evaluación de bioestimulantes aplicados al follaje de Lechuga “romana” (*Lactuca sativa* L.) en la zona de Babahoyo, provincia Los Ríos. *Polo del conocimiento*, 10(2), 1891-1909.
<https://doi.org/10.23857/pc.v10i2.9009>

- Teshome, Z. (2022). Effects of banana peel compost rates on Swiss chard growth performance and yield in Shirka district, Oromia, Ethiopia. *Heliyon*, 8(8), e10097. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e10097>
- Theourn, S., Pheap, S., Lam, B., Williams, J., & Ro, S. (2022). Combination of vermicompost and mineral fertilizer on growth and yield of romaine lettuce (*Lactuca sativa* var. longifolia Lam). *Asian Journal of Agricultural and Environmental Safety*, 2021(1), 35-40. <https://acortar.link/vlv5Rz>
- Van den Berg, J. (2019). Spodoptera frugiperda (gusano cogollero). *CABI Compendium*, 130. <https://doi.org/10.1079/cabicompendium.29810>
- Vargas, M., Cartagena, J., Franco, G., Correa, G. A., Quintero, L. M., & Gaviria, C. A. (2017). Cambios en las propiedades fisicoquímicas de cuatro variedades de lechuga (*Lactuca sativa* L.) durante el almacenamiento. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 18(2), 257-273. https://doi.org/10.21930/rcta.vol18_num2_art:632
- Vega, D., Garzón, M., Niño, S., & Rico, P. (2015). Bioestimulante para la producción de lechuga *Lactuca sativa* L. *INVENTUM*, 10(19), 13-20. <https://doi.org/10.26620/uniminuto.inventum.10.19.2015.13-20>
- Vilchez, M. (2025). *Aplicación foliar de microalgas en tres cultivares de lechuga (Lactuca sativa) en La Molina* [Tesis de ingeniero agrónomo, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú]. <https://hdl.handle.net/20.500.12996/7350>
- Voss, M., Valle, C., Gaudino, E. C., Tabasso, S., & Forte, C. (2024). Unlocking the Potential of Agrifood Waste for Sustainable Innovation in Agriculture. *Recycling*, 9(2), 25. <https://www.mdpi.com/2313-4321/9/2/25>
- Wadhwa, M., Bakshi, M. P. S., & Makkar, H. P. S. (2016). Wastes to worth: value added products from fruit and vegetable wastes. *CABI Reviews*, 10, 1-25. <https://doi.org/10.1079/PAVSNNR201510043>

- Walsh, G., Ávila, C. J., Cabrera, N., Nava, D. E., de Sene Pinto, A., & Weber, D. C. (2020). Biology and management of Pest *Diabrotica* species in south america. *Insects*, *11*(7), 421. <https://doi.org/10.3390/insects11070421>
- Weintraub, P. G., Scheffer, S. J., Visser, D., Valladares, G., Soares Correa, A., Shepard, B. M., Rauf, A., Murphy, S. T., Mujica, N., MacVean, C., Kroschel, J., Kishinevsky, M., Joshi, R. C., Johansen, N. S., Hallett, R. H., Civelek, H. S., Chen, B., & Metzler, H. B. (2017). The Invasive *Liriomyza huidobrensis* (Diptera: Agromyzidae): Understanding Its Pest Status and Management Globally. *Journal of Insect Science*, *17*(1). <https://doi.org/10.1093/jisesa/iew121>
- Yzarra, A., Jaime, J., Bejarano, J., & Hinojosa, R. (2021). Agricultura Tradicional Campesina: Aporte a la Soberanía Alimentaria en el Perú. *Scientific Research Journal CIDI*, *1*(1), 15–24. <https://doi.org/10.53942/srjcdi.v1i1.42>

CAPÍTULO VIII

ANEXOS

Anexo 1

Matriz de consistencia

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGIA
<p>Problema general</p> <p>¿Cuál es el efecto de cuatro bioestimulantes caseros elaborados con residuos agrícolas sobre la producción de lechuga (<i>Lactuca sativa L.</i>) en condiciones de maceta?</p> <p>Problemas específicos:</p> <p>a. ¿Cuál es el efecto de los bioestimulantes caseros al rendimiento (peso fresco, peso seco y materia seca) del cultivo de lechuga en condiciones de maceta?</p> <p>b. ¿Cuál es el efecto de los bioestimulantes caseros el comportamiento agronómico (altura, número de hojas y área foliar) del cultivo de lechuga en condiciones de maceta?</p>	<p>Objetivo general</p> <p>Evaluar el efecto de cuatro bioestimulantes caseros elaborados con residuos agrícolas sobre el rendimiento y comportamiento agronómico de la lechuga (<i>Lactuca sativa L.</i>) en condiciones de maceta.</p> <p>Objetivos Específicos:</p> <p>a. Determinar el efecto de los bioestimulantes sobre el rendimiento (peso fresco, peso seco y materia seca) del cultivo de lechuga.</p> <p>b. Determinar el efecto de los bioestimulantes sobre el comportamiento agronómico (altura de planta, número de hojas y área foliar) del cultivo de lechuga.</p>	<p>Hipótesis general</p> <p>La aplicación de bioestimulantes caseros elaborados con residuos agrícolas influye significativamente en el crecimiento y rendimiento del cultivo de lechuga (<i>Lactuca sativa L.</i>) en condiciones de maceta.</p> <p>Hipótesis específicas:</p> <p>a. La aplicación de los bioestimulantes caseros influyen significativamente en el rendimiento de la lechuga (peso fresco, peso seco y materia seca).</p> <p>b. La aplicación de los bioestimulantes caseros influyen significativamente en el rendimiento agronómico de la lechuga (altura de planta, número de hojas y área foliar).</p>	<p>Variable independiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bioestimulantes <p>Variable dependiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Cultivo de lechuga 	<p>Tipo de investigación: Cuantitativo y aplicada</p> <p>Nivel de investigación: Explicativo</p> <p>Diseño: Diseño completamente al azar (DCA) y 24 repeticiones</p> <p>Método: Cuantitativo</p> <p>Población: N= 24 lechugas</p> <p>Muestra: N= 24 lechugas</p>

Anexo 3

Ficha de registro de primeros datos de la lechuga

FICHA DE REGISTRO DE DATOS EXPERIMENTALES – CULTIVO DE LECHUGA		
Fecha de trasplante:	02 / 12 / 2025	
Fecha de aplicación de bioestimulantes:	15 / 10 / 2025	
Fecha de evaluación:	21 / 12 / 2025	
Tratamiento	Repetición	Altura de planta (cm)
T1	R4	7.00
T4	R1	8.80
T3	R1	6.80
T2	R6	7.6
T1	R5	6.90
T2	R3	6.9
T2	R1	8.2
T1	R1	6.30
T4	R6	10.3
T4	R4	9.6
T4	R3	9.4
T4	R2	8.8
T4	R5	7.6
T3	R4	8.00
T2	R5	7.4
T1	R6	9.60
T3	R3	8.1
T1	R3	6.80
T3	R2	7.5
T2	R4	5.1
T3	R5	8.3
T1	R2	8.20
T2	R2	6.8.
T3	R6	7.9

Anexo 4

Ficha de registro de la lechuga

FICHA DE REGISTRO DE DATOS EXPERIMENTALES – CULTIVO DE LECHUGA		
Fecha de trasplante:	02 / 12 / 2025	
Fecha de aplicación de bioestimulantes:	26 / 12 / 2025	
Fecha de evaluación:	03 / 01 / 2026.	
Tratamiento	Repetición	Altura de planta (cm)
T1	R4	14.80
T4	R1	17.50
T3	R1	15.90
T2	R6	14.6
T1	R5	15.80
T2	R3	14.60
T2	R1	15.60
T1	R1	16.30
T4	R6	17.2
T4	R4	18.00
T4	R3	16.80
T4	R2	17.4
T4	R5	18.3
T3	R4	18.80
T2	R5	15.8
T1	R6	14.80
T3	R3	18.80
T1	R3	13.90
T3	R2	16.00
T2	R4	14.3
T3	R5	16.80
T1	R2	15.20
T2	R2	13.00
T3	R6	17.60

Anexo 5

Ficha de registro de la lechuga

FICHA DE REGISTRO DE DATOS EXPERIMENTALES – CULTIVO DE LECHUGA		
Fecha de trasplante:	02/12/2025	
Fecha de aplicación de bioestimulantes:	05/01/2026	
Fecha de evaluación:	13/01/2026	
Tratamiento	Repetición	Altura de planta (cm)
T1	R4	16.90
T4	R1	20.3
T3	R1	17.4
T2	R6	15.20
T1	R5	16.40
T2	R3	15.5
T2	R1	16.8
T1	R4	17.50
T4	R6	19.70
T4	R4	19.10
T4	R3	18.20
T4	R2	18.70
T4	R5	20.4
T3	R4	19.4
T2	R5	16.1
T1	R6	17.90
T3	R3	20.50
T1	R3	15.70
T3	R2	18.3
T2	R4	16.3
T3	R5	19.6
T1	R2	16.40
T2	R2	15.8
T3	R6	19.1

Anexo 6

Ficha de registro de la altura de la lechuga

FICHA DE REGISTRO DE DATOS EXPERIMENTALES - CULTIVO DE LECHUGA		
Fecha de trasplante:	02/12/2025	
Fecha de aplicación de bioestimulantes:	16/01/2025	
Fecha de evaluación:	24/01/2026	
Tratamiento	Repetición	Altura de planta (cm)
T7	R4	17.00
T4	R1	21.70
T3	R1	21.00
T2	R6	15.8
T1	R5	18.10
T2	R3	16.30
T2	R1	18.90
T1	R1	18.40
T4	R6	20.40
T4	R4	21.00
T4	R3	21.90
T4	R2	21.80
T4	R5	21.20
T3	R4	20.8
T2	R5	17.8
T1	R6	19.10
T3	R3	20.8
T1	R3	16.40
T3	R2	19.3
T2	R4	17.4
T3	R5	21.1
T1	R2	17.60
T2	R2	16.5
T3	R6	20.60

Anexo 7

Ficha de registro de la altura de la lechuga

FICHA DE REGISTRO DE DATOS EXPERIMENTALES – CULTIVO DE LECHUGA		
Fecha de trasplante:	02 / 12 / 2025	
Fecha de aplicación de bioestimulantes:	15 / 01 / 2026	
Fecha de evaluación:	29 / 01 / 2026	Cosecha.
Tratamiento	Repetición	Altura de planta (cm)
T1	R4	19.50
T4	R1	23.10
T3	R1	21.6
T2	R6	16.9
T1	R5	20.10
T2	R3	17.3
T2	R1	19.3
T1	R1	19.80
T4	R6	22.50
T4	R4	22.00
T4	R3	23.40
T4	R2	22.60
T4	R5	22.70
T3	R4	22.3
T2	R5	19.8
T1	R6	20.30
T3	R3	22.5
T1	R3	20.60
T3	R2	20.9
T2	R4	18.1
T3	R5	22.3
T1	R2	18.50
T2	R2	17.9
T3	R6	21.8

Anexo 8

Ficha de registro de número de hojas de la lechuga

FICHA DE REGISTRO DE DATOS EXPERIMENTALES – CULTIVO DE LECHUGA		
Fecha de trasplante:	02/ 12/ 2025	
Fecha de aplicación de bioestimulantes:	15/ 12 / 2025	
Fecha de evaluación:	21 / 12 / 2025	
Tratamiento	Repetición	Número de hojas
T1	R4	6
T4	R1	6
T3	R1	8
T2	R6	6
T1	R5	6
T2	R3	7
T2	R1	7
T1	R1	7
T4	R6	7
T4	R4	7
T4	R3	7
T4	R2	8
T4	R5	6
T3	R4	6
T2	R5	7
T1	R6	7
T3	R3	7
T1	R3	7
T3	R2	7
T2	R4	7
T3	R5	7
T1	R2	5
T2	R2	5
T3	R6	7

Anexo 9

Ficha de registro de la altura de la lechuga

FICHA DE REGISTRO DE DATOS EXPERIMENTALES – CULTIVO DE LECHUGA		
Fecha de trasplante:	01 / 12 / 2025	
Fecha de aplicación de bioestimulantes:	25 / 12 / 2025	
Fecha de evaluación:	03 / 01 / 2026.	
Tratamiento	Repetición	Número de hojas
T1	R4	12
T4	R1	13
T3	R1	13
T2	R6	13
T1	R5	12
T2	R3	13
T2	R1	15
T1	R1	13
T4	R6	14
T4	R4	12
T4	R3	13
T4	R2	15
T4	R5	11
T3	R4	12 x
T2	R5	14
T1	R6	13
T3	R3	13
T1	R3	13
T3	R2	15
T2	R4	13
T3	R5	12
T1	R2	14
T2	R2	12
T3	R6	14

Anexo 10

Registro de datos del número de hojas de la lechuga

FICHA DE REGISTRO DE DATOS EXPERIMENTALES – CULTIVO DE LECHUGA		
Fecha de trasplante: 00/ 12 / 2025		
Fecha de aplicación de bioestimulantes: 15/ 01 / 2026		
Fecha de evaluación: 29 / 01 / 2026. <i>Cosacha.</i>		
Tratamiento	Repetición	Número de hojas
T1	R4	38
T4	R1	29
T3	R1	49
T2	R6	26
T1	R5	35
T2	R3	27
T2	R1	28
T1	R1	37
T4	R6	32
T4	R4	28
T4	R3	34
T4	R2	30
T4	R5	26
T3	R4	38
T2	R5	29
T1	R6	40
T3	R3	34
T1	R3	38
T3	R2	30
T2	R4	29
T3	R5	26
T1	R2	32
T2	R2	30
T3	R6	39

Anexo 11

Ficha de registro de datos del peso fresco

FICHA DE REGISTRO DE DATOS EXPERIMENTALES – CULTIVO DE LECHUGA		
Fecha de trasplante:	02 / 12 / 2025	
Fecha de aplicación de bioestimulantes:	_____	
Fecha de evaluación:	29 / 01 / 2026.	
Tratamiento	Repetición	Peso fresco (gr)
T1	R4	802.86
T4	R1	635.76
T3	R1	846.25
T2	R6	629.14
T1	R5	690.01
T2	R3	612.66
T2	R1	613.17
T1	R1	725.13
T4	R6	823.75
T4	R4	849.12
T4	R3	755.07
T4	R2	781.88
T4	R5	812.46
T3	R4	849.12
T2	R5	659.84
T1	R6	742.81
T3	R3	755.07
T1	R3	746.23
T3	R2	781.88
T2	R4	641.09
T3	R5	812.46
T1	R2	679.36
T2	R2	660.79
T3	R6	823.75
T		

Anexo 12

Ficha de registro de datos del área foliar

FICHA DE REGISTRO DE DATOS EXPERIMENTALES - CULTIVO DE LECHUGA		
Fecha de trasplante:	01/12/2025	
Fecha de aplicación de bioestimulantes:	~~~~~	
Fecha de evaluación:	03/02/2026.	
Tratamiento	Repetición	Área foliar (cm ²)
T1	R4	397.97
T4	R1	479.20
T3	R1	529.40
T2	R6	420.2
T1	R5	374.81
T2	R3	376.72
T2	R1	393.92
T1	R1	367.19
T4	R6	535.90
T4	R4	482.10
T4	R3	494.68
T4	R2	514.50
T4	R5	461.10
T3	R4	507.96
T2	R5	360.33
T1	R6	402.45
T3	R3	528.90
T1	R3	367.73
T3	R2	537.8
T2	R4	407.82
T3	R5	519.20
T1	R2	379.69
T2	R2	417.15
T3	R6	520.10

Anexo 13

Resultados de análisis de laboratorio de abonos orgánicos



Instituto Nacional de Innovación Agraria

INFORME DE ENSAYO
LABSAF CANAAN
N° 010003-26NA / AB / CA
I. INFORMACIÓN GENERAL

Cliente	: Summer Villar Curo
Propietario / Productor	: Summer Villar Curo
Dirección del cliente	: Jr. Antenor Orrego 144
Solicitado por	: Summer Villar Curo
Muestreado por	: Cliente
Referencia del muestreo	: Reservado por el Cliente
Procedencia de muestra(s) (***)	: Huanta-Huanta-Ayacucho
Fecha(s) de muestreo (***)	: 2026-01-15
Fecha de recepción de muestra(s)	: 2026-01-16
Lugar de ensayo	: LABSAF CANAAN
Fecha(s) de análisis	: Del 2026-01-22 al 2026-01-23
Cotización del servicio	: 006-26-CA

II. RESULTADO DE ANÁLISIS

ITEM	1	2	3	4	5	6
Código de Laboratorio	AB006-CA-26	AB007-CA-26	AB008-CA-26	AB009-CA-26	-	-
Matriz Analizada	Abonos	Abonos	Abonos	Abonos	-	-
Fecha de Muestreo (***)	2026-01-15	2026-01-15	2026-01-15	2026-01-15	-	-
Hora de Inicio de Muestreo (h) (***)	8:00	8:00	8:00	8:00	-	-
Código/identificación de la Muestra por el Cliente (***)	Restos Lechuga y Ortiga	To follaje de leguminosas alfa alfa	Cascaras Plátano y Papaya	Cascaras Frutas Mixtas	-	-
Ensayo	Unidad	LC	Resultados			
pH (*)	unid. pH	-	3,6	6,0	3,8	3,3
Conductividad Eléctrica (*)	dS/m	-	107,0	79,0	166,4	78,3
Nitrogeno Total (*)	%	-	0,02	0,01	0,02	0,01
Fósforo Total (*)	mg/L	-	50,50	39,00	84,50	43,00
Potasio (*)	mg/L	-	574,00	399,00	1742,50	722,50
Calcio (*)	mg/L	-	423,50	253,50	58,35	67,50
Magnesio (*)	mg/L	-	51,05	27,30	69,90	37,70




Red de Laboratorios de Suelos, Aguas y Follares
 Acreditado con la Norma
 NTP-ISO/IEC 17025:2017
 LABSAF Canaan

Dirección: Av. Abancay N° 299, Huamanga-Ayacucho-Ayacucho
 Email: labsafcanaan@inia.gob.pe

F-46 / Ver.07
 www.inia.gob.pe


Anexo 14

Resultados del análisis de suelo por la INIA




inia
Instituto Nacional de Investigación Agraria

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



INACAL
I.L.S. - Perú
Instituto de
Acreditación

INFORME DE ENSAYO
LBSAF CANAAN
N° 010090-26 / SU / CA

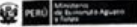



I. INFORMACIÓN GENERAL

Cliente	: SUMMER VILLAR CURO
Propietario / Productor	: SUMMER VILLAR CURO
Dirección del cliente	: Jr. Espinar 200
Solicitado por	: SUMMER VILLAR CURO
Muestreado por (***)	: Cliente
Referencia del muestreo (***)	: Reservado por el Cliente
Procedencia de muestra(s) (***)	: Huanta-Huanta-Ayacucho
Fecha(s) de muestreo (***)	: 2028-01-04
Fecha de recepción de muestra(s)	: 2028-01-09
Lugar de ensayo	: LABSAF CANAAN
Fecha(s) de análisis	: Del 2026-01-12 al 2026-01-29
Colización del servicio	: 003-26-CA

II. RESULTADO DE ANÁLISIS

ITEM	1	2	3	4	5	6
Código de Laboratorio	SU001-CA-38	-	-	-	-	-
Matriz Analizada	Suelo	-	-	-	-	-
Fecha de Muestreo (***)	2028-01-04	-	-	-	-	-
Hora de Inicio de Muestreo (S) (***)	12:03	-	-	-	-	-
Código/identificación de la Muestra por el Cliente (***)	-	-	-	-	-	-
Ensayo	Unidad	LC	Resultados			
pH	unid. pH	0,1	8,1	-	-	-
Conductividad Eléctrica	mS/m	1,0	18,6	-	-	-
Materia Orgánica	%	0,2	1,8	-	-	-
Textura						
Arena	%	-	39,33	-	-	-
Arcilla	%	-	28,61	-	-	-
Limo	%	-	31,88	-	-	-
Clase Textural	-	-	Franco Arcilloso	-	-	-

Red de Laboratorios de Suelos, Aguas y Foliare
Acreditado con la Norma
NTP-ISO/IEC 17025:2017
LABSAF Canaán

Dirección: Av. Abancay N° 299, Huamanga-Ayacucho-Ayacucho
Email: labsafcanaan@inia.gob.pe

F-46 / Ver 07
www.inia.gob.pe

Página 1 de 2

Figura 10*Prueba de normalidad para la variable altura (cm)*

Pruebas de normalidad

	TRATAMIENTOS	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Altura_20_DDT	TRATAMIENTO 1	,316	6	,062	,857	6	,178
	TRATAMIENTO 2	,259	6	,200*	,910	6	,439
	TRATAMIENTO 3	,258	6	,200*	,901	6	,380
	TRATAMIENTO 4	,148	6	,200*	,984	6	,968
Altura_33_DDT	TRATAMIENTO 1	,180	6	,200*	,973	6	,910
	TRATAMIENTO 2	,197	6	,200*	,924	6	,533
	TRATAMIENTO 3	,170	6	,200*	,940	6	,661
	TRATAMIENTO 4	,191	6	,200*	,974	6	,917
Altura_42_DDT	TRATAMIENTO 1	,190	6	,200*	,964	6	,851
	TRATAMIENTO 2	,116	6	,200*	,990	6	,988
	TRATAMIENTO 3	,185	6	,200*	,978	6	,941
	TRATAMIENTO 4	,179	6	,200*	,937	6	,636
Altura_51_DDT	TRATAMIENTO 1	,134	6	,200*	,989	6	,988
	TRATAMIENTO 2	,198	6	,200*	,952	6	,756
	TRATAMIENTO 3	,296	6	,110	,770	6	,031
	TRATAMIENTO 4	,237	6	,200*	,909	6	,428
Altura_59_DDT	TRATAMIENTO 1	,177	6	,200*	,929	6	,573
	TRATAMIENTO 2	,208	6	,200*	,938	6	,641
	TRATAMIENTO 3	,206	6	,200*	,930	6	,581
	TRATAMIENTO 4	,180	6	,200*	,977	6	,935

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Figura 11*Prueba de normalidad para la variable número de hojas*

Pruebas de normalidad

	TRATAMIENTOS	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Nro_de_Hojas_20_DDT	TRATAMIENTO 1	,293	6	,117	,822	6	,091
	TRATAMIENTO 2	,285	6	,138	,831	6	,110
	TRATAMIENTO 3	,254	6	,200*	,866	6	,212
	TRATAMIENTO 4	,254	6	,200*	,866	6	,212
Nro_de_Hojas_33_DDT	TRATAMIENTO 1	,254	6	,200*	,866	6	,212
	TRATAMIENTO 2	,293	6	,117	,915	6	,473
	TRATAMIENTO 3	,209	6	,200*	,907	6	,415
	TRATAMIENTO 4	,167	6	,200*	,982	6	,960
Nro_de_hojas_59_DDT	TRATAMIENTO 1	,146	6	,200*	,988	6	,985
	TRATAMIENTO 2	,122	6	,200*	,982	6	,961
	TRATAMIENTO 3	,211	6	,200*	,920	6	,507
	TRATAMIENTO 4	,143	6	,200*	,989	6	,987

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Figura 12*Prueba de normalidad para la variable peso fresco (gr)**Pruebas de normalidad*

	TRATAMIENTOS	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
PESO_FRESCO	TRATAMIENTO 1	,200	6	,200*	,944	6	,691
	TRATAMIENTO 2	,198	6	,200*	,876	6	,252
	TRATAMIENTO 3	,131	6	,200*	,988	6	,985
	TRATAMIENTO 4	,256	6	,200*	,907	6	,419

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Figura 13*Prueba de normalidad para la variable área foliar (cm2)**Pruebas de normalidad*

	TRATAMIENTOS	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
AREA_FOLIAR	TRATAMIENTO 1	,218	6	,200*	,866	6	,210
	TRATAMIENTO 2	,190	6	,200*	,925	6	,539
	TRATAMIENTO 3	,185	6	,200*	,967	6	,868
	TRATAMIENTO 4	,179	6	,200*	,966	6	,865

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Figura 14*Prueba de normalidad para la variable peso seco (gr)**Pruebas de normalidad*

	TRATAMIENTOS	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
PESO_SECO	TRATAMIENTO 1	,166	5	,200*	,961	5	,815
	TRATAMIENTO 2	,210	5	,200*	,931	5	,605
	TRATAMIENTO 3	,165	5	,200*	,965	5	,842
	TRATAMIENTO 4	,200	5	,200*	,917	5	,509

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Figura 15*Prueba de homogeneidad para la variable altura (cm)*

Prueba de homogeneidad de varianza

		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Altura_20_DDT	Se basa en la media	1,089	3	20	,376
	Se basa en la mediana	,509	3	20	,680
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	,509	3	13,317	,683
	Se basa en la media recortada	1,013	3	20	,408
Altura_33_DDT	Se basa en la media	,680	3	20	,574
	Se basa en la mediana	,663	3	20	,584
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	,663	3	16,793	,586
	Se basa en la media recortada	,699	3	20	,564
Altura_42_DDT	Se basa en la media	,707	3	20	,559
	Se basa en la mediana	,581	3	20	,634
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	,581	3	13,821	,637
	Se basa en la media recortada	,689	3	20	,569
Altura_51_DDT	Se basa en la media	1,503	3	20	,244
	Se basa en la mediana	1,396	3	20	,273
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	1,396	3	17,389	,277
	Se basa en la media recortada	1,520	3	20	,240
Altura_59_DDT	Se basa en la media	1,806	3	20	,179
	Se basa en la mediana	1,230	3	20	,325
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	1,230	3	14,169	,335
	Se basa en la media recortada	1,739	3	20	,191

Figura 16*Prueba de homogeneidad para la variable número de hojas*

Prueba de homogeneidad de varianza

		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Nro_de_Hojas_20_ DDT	Se basa en la media	1,147	3	20	,355
	Se basa en la mediana	,909	3	20	,454
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	,909	3	15,414	,459
	Se basa en la media recortada	1,130	3	20	,361
Nro_de_Hojas_33_ DDT	Se basa en la media	,677	3	20	,576
	Se basa en la mediana	,726	3	20	,548
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	,726	3	16,889	,551
	Se basa en la media recortada	,662	3	20	,585
Nro_de_hojas_59_ DDT	Se basa en la media	1,509	3	20	,243
	Se basa en la mediana	1,350	3	20	,287
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	1,350	3	13,718	,299
	Se basa en la media recortada	1,504	3	20	,244

Figura 17*Prueba de homogeneidad para la variable peso fresco*

Prueba de homogeneidad de varianza

		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
PESO_FRESCO	Se basa en la media	1,235	3	20	,323
	Se basa en la mediana	1,205	3	20	,333
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	1,205	3	14,509	,343
	Se basa en la media recortada	1,233	3	20	,324

Figura 18*Prueba de homogeneidad para la variable área foliar (cm2)*

Prueba de homogeneidad de varianza

		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
AREA_FOLIAR	Se basa en la media	1,875	3	20	,166
	Se basa en la mediana	1,527	3	20	,238
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	1,527	3	13,995	,251
	Se basa en la media recortada	1,867	3	20	,168

Figura 19*Prueba de homogeneidad para la variable peso seco (gr)*

Prueba de homogeneidad de varianza

		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
PESO_SECO	Se basa en la media	,870	3	16	,477
	Se basa en la mediana	,715	3	16	,557
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	,715	3	9,800	,566
	Se basa en la media recortada	,818	3	16	,503

Figura 20*Análisis de varianza (ANOVA) de la altura de la lechuga (cm)*

ANOVA

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Altura_20_DDT	Entre grupos	13,868	3	4,623	4,945	,010
	Dentro de grupos	18,697	20	,935		
	Total	32,565	23			
Altura_33_DDT	Entre grupos	36,155	3	12,052	15,050	,000
	Dentro de grupos	16,015	20	,801		
	Total	52,170	23			
Altura_42_DTT	Entre grupos	51,270	3	17,090	23,363	,000
	Dentro de grupos	14,630	20	,731		
	Total	65,900	23			
Altura_51_DDT	Entre grupos	78,993	3	26,331	33,758	,000
	Dentro de grupos	15,600	20	,780		
	Total	94,593	23			
Altura_59_DDT	Entre grupos	74,615	3	24,872	41,366	,000
	Dentro de grupos	12,025	20	,601		
	Total	86,640	23			

Figura 21*Análisis de varianza (ANOVA) de número de hojas*

ANOVA

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Nro_de_Hojas_20_DDT	Entre grupos	4,833	3	1,611	1,895	,163
	Dentro de grupos	17,000	20	,850		
	Total	21,833	23			
Nro_de_Hojas_33_DDT	Entre grupos	2,458	3	,819	,643	,597
	Dentro de grupos	25,500	20	1,275		
	Total	27,958	23			
Nro_de_hojas_59_DDT	Entre grupos	726,792	3	242,264	24,575	,000
	Dentro de grupos	197,167	20	9,858		
	Total	923,958	23			

Figura 22*Análisis de varianza (ANOVA) de peso fresco (gr)*

ANOVA
PESO_FRESCO

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	114187,09	3	38062,365	23,698	,000
Dentro de grupos	32122,800	20	1606,140		
Total	146309,89	23			

Figura 23*Análisis de varianza (ANOVA) de área foliar (cm²)*

ANOVA
AREA_FOLIAR

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	90182,640	3	30060,880	73,951	,000
Dentro de grupos	8129,970	20	406,498		
Total	98312,609	23			

Figura 24*Análisis de varianza (ANOVA) de peso seco (gr)*

ANOVA
PESO_SECO

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	617,726	3	205,909	223,680	,000
Dentro de grupos	14,729	16	,921		
Total	632,455	19			

Figura 25*Prueba de Tukey para la altura de la lechuga a los 33 DDT**Altura_33_DDT*HSD Tukey^a

TRATAMIENTOS	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
TRATAMIENTO 2	6	14,650	
TRATAMIENTO 1	6	15,133	
TRATAMIENTO 3	6		17,067
TRATAMIENTO 4	6		17,533
Sig.		,786	,803

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 6,000.

Figura 26*Prueba de Tukey para la altura de la lechuga a los 42 DDT**Altura_42_DDT*HSD Tukey^a

TRATAMIENTOS	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
TRATAMIENTO 2	6	15,950	
TRATAMIENTO 1	6	16,800	
TRATAMIENTO 3	6		19,050
TRATAMIENTO 4	6		19,400
Sig.		,339	,892

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 6,000.

Figura 27*Prueba de Tukey para la altura de la lechuga a los 51 DDT**Altura_51_DDT*HSD Tukey^a

TRATAMIENTOS	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
TRATAMIENTO 2	6	17,100	
TRATAMIENTO 1	6	17,767	
TRATAMIENTO 3	6		20,667
TRATAMIENTO 4	6		21,333
Sig.		,569	,569

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 6,000.

Figura 28*Prueba de Tukey para la altura de la lechuga a los 59 DDT**Altura_59_DDT*HSD Tukey^a

TRATAMIENTOS	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
TRATAMIENTO 2	6	18,2167		
TRATAMIENTO 1	6		19,8000	
TRATAMIENTO 3	6			21,8833
TRATAMIENTO 4	6			22,7167
Sig.		1,000	1,000	,276

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 6,000.

Figura 29*Prueba de Tukey para número de hojas de la lechuga a los 59 DDT**Nro_de_hojas_59_DDT*HSD Tukey^a

TRATAMIENTOS	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
TRATAMIENTO 2	6	27,50		
TRATAMIENTO 4	6	29,83		
TRATAMIENTO 1	6		36,33	
TRATAMIENTO 3	6			41,50
Sig.		,581	1,000	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 6,000.

Figura 30*Prueba de Tukey para peso fresco de la lechuga (gr)**PESO_FRESCO*HSD Tukey^a

TRATAMIENTOS	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
TRATAMIENTO 2	6	636,1150		
TRATAMIENTO 4	6	667,1983	667,1983	
TRATAMIENTO 1	6		731,0667	
TRATAMIENTO 3	6			816,4217
Sig.		,547	,054	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 6,000.

Figura 31*Prueba de Tukey para área foliar de la lechuga (cm²)*

AREA_FOLIAR
HSD Tukey^a

TRATAMIENTOS	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
TRATAMIENTO 1	6	381,6400	
TRATAMIENTO 2	6	396,0233	
TRATAMIENTO 4	6		494,5800
TRATAMIENTO 3	6		523,8933
Sig.		,612	,087

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 6,000.

Figura 32*Prueba de Tukey para peso seco de la lechuga (gr)*

PESO_SECO
HSD Tukey^a

TRATAMIENTOS	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
TRATAMIENTO 2	5	18,6400		
TRATAMIENTO 4	5		26,9800	
TRATAMIENTO 1	5		28,3500	
TRATAMIENTO 3	5			34,2000
Sig.		1,000	,150	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 5,000.

Fotografía 1

Preparación de macetas y tierra agrícola para el experimento



Nota. Adecuación del espacio destinado al experimento, incluyendo limpieza, delimitación y acondicionamiento previo a la instalación de las unidades experimentales.

Fotografía 2

Siembra y riego de las lechugas



Nota. Proceso de establecimiento del cultivo mediante la siembra de plántulas y la aplicación inicial de riego para favorecer su adaptación.

Fotografía 3

Primera preparación de bioestimulantes



Nota. Elaboración inicial de los bioestimulantes utilizados en el experimento, siguiendo las proporciones y procedimientos establecidos.

Fotografía 4

Deshierbo de las macetas



Nota. Eliminación manual de malezas presentes en las macetas para evitar competencia por nutrientes, agua y espacio.

Fotografía 5

Aplicación de los tratamientos



Nota. Aplicación de los diferentes tratamientos experimentales según el diseño establecido, garantizando uniformidad en las dosis.

Fotografía 6

Toma de datos de las unidades experimentales



Nota. Registro sistemático de datos en cada unidad experimental para evaluar el comportamiento de las variables en estudio.

Fotografía 7

Segunda preparación de los tratamientos



Nota. Segunda elaboración de los tratamientos experimentales para su posterior aplicación durante el desarrollo del cultivo.

Fotografía 8

Toma de datos de las variables del experimento



Nota. Medición y registro de las variables definidas en el estudio, siguiendo los criterios metodológicos establecidos.

Fotografía 9

Manejo agronómico de las lechugas



Nota. Actividades de mantenimiento del cultivo, incluyendo riego, control sanitario y prácticas culturales necesarias.

Fotografía 10

Cosecha de las lechugas



Nota. Recolección de las plantas en el momento adecuado según los criterios de madurez establecidos para el experimento.

Fotografía 11

Toma de muestras finales del experimento



Nota. Selección y recolección de muestras representativas para análisis posteriores.

Fotografía 12

Registro de datos finales de las variables del experimento



Nota. Consolidación y anotación de los datos obtenidos al final del ensayo experimental.

Fotografía 13

Conteo de hojas en plantas de lechuga



Nota. Evaluación del número de hojas por planta como indicador de crecimiento vegetativo.

Fotografía 14

Ingreso de muestras de lechuga a estufa



Nota. Colocación de muestras en estufa para el proceso de secado a temperatura controlada.

Anexo 15

Determinación de materia seca



Nota. Obtención del peso seco de las muestras tras el secado, utilizada para el análisis de biomasa.