

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE HUANTA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE NEGOCIOS**

**AGRONÓMICOS Y FORESTALES**



**TESIS**

**Evaluación de cuatro bioestimulantes sobre el rendimiento y comportamiento agronómico de la espinaca (*Spinacia oleracea* L.) en condiciones de maceta, en Huanta**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

Ingeniero de Negocios Agronómicos y Forestales

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Agronomía

**PRESENTADO POR:**

Canales Humareda, Katerin Valentina

**ASESORA:**

Dra. Yzarra Aguilar, Adelfa

**HUANTA – AYACUCHO**

**2026**

## Reporte de similitud

NOMBRE DEL TRABAJO

**Evaluación de cuatro bioestimulantes sobre el rendimiento y comportamiento agronómico de la espinaca (*Spinacia oleracea* L.) en condiciones de maceta, en Huanta**

AUTOR

**Katerin Valentina Canales Humareda**

RECuento DE PALABRAS

**29101 Words**

RECuento DE CARACTERES

**164282 Characters**

RECuento DE PÁGINAS

**167 Pages**

TAMAÑO DEL ARCHIVO

**52.6MB**

FECHA DE ENTREGA

**Apr 14, 2026 8:46 AM GMT-5**

FECHA DEL INFORME

**Apr 14, 2026 8:55 AM GMT-5**

● **17% de similitud general**

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

- 12% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 14% Base de datos de trabajos entregados
- 5% 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 YZARRA AGUILAR  
Adelfa FAU  
20574653798 soft  
Fecha: 2026.04.14  
09:06:19 -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 INAF – campus Universitario - Intay de la Universidad Nacional Autónoma de Huanta, ubicado en el Av. Carlos Ch. Hiraoka s/n. - Luricocha a los 30 días del mes de abril de 2026, siendo las 10:00 am, se dio inicio al acto académico de sustentación de tesis con la presencia de los miembros del jurado calificador:

**Dr. Enderson Henry Cruz Mamani**

**Mtro. Alfredo Ozejo Lopez**

**Dra. Adelfa Yzarra Aguilar**

**Mtro. Eloy Robles Carrion**

**Presidente**

**Miembro titular 2**

**Miembro titular 3**

**Miembro suplente**

Acto seguido se procedió a dar lectura a la Resolución de Vicepresidencia Académica N° 047-2026-CO-UNAH, en la que señala fecha, hora y designación de jurado evaluador para la sustentación de tesis de la **Bach. Katerin Valentina Canales Humareda**, con la tesis titulada: **"Evaluación de cuatro bioestimulantes sobre rendimiento y comportamiento agronómico de la espinaca (spinacia oleracea L) en condiciones de macetas en Huanta"**; asesorada por la Dra. Adelfa Yzarra Aguilar, 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 la tesista. Acto seguido se procedió a calificar con el resultado siguiente:

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

Con la calificación de DIECINUEVE (19)

Siendo las 11:00am se da por finalizada el acto académico de sustentación de tesis pasando a firmar los miembros del jurado evaluador.

  
.....  
**Dr. Enderson Henry Cruz Mamani**  
Presidente

  
.....  
**Mtro. Alfredo Ozejo Lopez**  
Titular 2

  
.....  
**Mtra. Adelfa Yzarra Aguilar**  
Miembro Titular 3

**Evaluación de cuatro bioestimulantes sobre el rendimiento y comportamiento agronómico de la espinaca (*Spinacia oleracea* L.) en condiciones de maceta, en Huanta**

**TESISTA**

**Canales Humareda, Katerin Valentina**

**ASESORA**

**Dra. Yzarra Aguilar, Adelfa**

**CIP N° 74713**

## **Dedicatoria**

A Dios, por sostener mi fortaleza interior en cada etapa del camino, por brindarme serenidad en los momentos difíciles y por permitirme aprender de cada error.

A mis padres, Nelly Humareda y Máximo Báez, por ser el pilar fundamental de mi vida y de mi formación, por su apoyo incondicional, su constante sacrificio y por acompañarme en cada paso con amor y firmeza.

A mis hermanos, Kevin, Paul y Diego, por ser mi motivación permanente y el impulso para seguir adelante, con el compromiso de ser para ellos un ejemplo de perseverancia, esfuerzo y superación.

A los docentes de la Escuela Profesional de Negocios Agronómicos y Forestales, quienes a lo largo de mi formación profesional compartieron sus conocimientos, experiencias y valores, contribuyendo no solo a mi desarrollo académico, sino también a mi formación ética y profesional.

A una persona muy especial en mi vida, por su amor, apoyo y compañía incondicional durante este camino universitario; por estar presente en los momentos más importantes y ser una fuente de fortaleza y motivación para seguir adelante.

## **Agradecimiento**

A mi asesora de tesis, Dra. Adelfa Yzarra Aguilar, por su valiosa orientación académica, su permanente disposición y el acompañamiento brindado durante todo el proceso de desarrollo de esta investigación. Sus oportunas observaciones, su rigurosidad científica y su compromiso con la formación investigativa fueron fundamentales para fortalecer la calidad del presente trabajo.

Asimismo, expreso mi sincero agradecimiento a los docentes de nuestra casa de estudios, de la escuela profesional de Ingeniería de Negocios Agronómicos y Forestales, por sus importantes aportes, recomendaciones técnicas y criterios académico, los cuales contribuyeron significativamente al enfoque y consolidación de esta investigación.

Finalmente, expreso mi gratitud a la Universidad Nacional Autónoma de Huanta, por brindar los espacios académicos y las condiciones necesarias para la formación de profesionales responsables, comprometidos con la investigación y con el desarrollo sostenible de la región.

## RESUMEN

La producción sostenible de cultivos hortícolas requiere la implementación de alternativas que permitan mejorar el crecimiento y rendimiento de las plantas mediante el uso de insumos de origen natural. En este contexto, la presente investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto de cuatro bioestimulantes vegetales elaborados a partir de extractos vegetales sobre el rendimiento y el comportamiento agronómico del cultivo de espinaca (*Spinacia oleracea* L.) en condiciones de maceta en el distrito de Luricocha, provincia de Huanta, región Ayacucho. El experimento se desarrolló bajo un diseño completamente al azar (DCA) con cuatro tratamientos y seis repeticiones. Los tratamientos evaluados correspondieron a extractos vegetales aplicados de manera foliar y radicular cada diez días, evaluándose variables de crecimiento como altura de planta y área foliar, así como variables de rendimiento como peso fresco, peso seco y el número de hojas por planta. Los resultados mostraron que el tratamiento T3, conformado por extractos de ajo (*Allium sativum*), cebolla (*Allium cepa*) y ají (*Capsicum spp.*), presentó los mejores resultados en las variables evaluadas, alcanzando 36 hojas por planta, 38,43 cm de altura, 261,38 cm<sup>2</sup> de área foliar, 325,50 g de peso fresco y 23,17 de peso seco por planta. Estos resultados evidencian que los bioestimulantes vegetales a base de extractos vegetales pueden mejorar el crecimiento vegetativo y el rendimiento del cultivo de espinaca bajo las condiciones del estudio.

**Palabras clave:** *Spinacia oleracea*, bioestimulantes vegetales, extractos vegetales, hortalizas, crecimiento vegetal.

## ASBTRACT

Sustainable production of horticultural crops requires the implementation of alternatives that improve plant growth and yield through the use of natural inputs. In this context, the objective of this study was to evaluate the effect of four natural biostimulants prepared from plant extracts on the yield and agronomic performance of spinach (*Spinacia oleracea* L.) under pot conditions in the district of Luricocha, province of Huanta, Ayacucho region, Peru. The experiment was conducted using a completely randomized design (CRD) with four treatments and six replications. The evaluated treatments consisted of plant extract-based biostimulants applied both foliar and radicularly every ten days. Growth variables such as number of leaves, plant height, and leaf area were evaluated, as well as yield variables including fresh weight, dry weight, and dry matter content per plant. The results showed that treatment T3, composed of garlic (*Allium sativum*), onion (*Allium cepa*), and chili pepper (*Capsicum spp.*) extracts, produced the best agronomic performance, reaching 36 leaves per plant, 38.43 cm in plant height, 261.38 cm<sup>2</sup> of leaf area, and 325.50 g of fresh weight per plant. These findings indicate that plant-based biostimulants can enhance vegetative growth and yield of spinach under the conditions of the present study.

**Keywords:** *Spinacia oleracea*, natural biostimulants, plant extracts, horticultural crops, plant growth.

## ÍNDICE

RESUMEN.....	ix
ASBTRACT .....	x
ÍNDICE .....	xi
ÍNDICE DE TABLAS.....	xv
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xviii
ÍNDICE DE ANEXOS .....	xix
ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS.....	xx
INTRODUCCIÓN.....	21
CAPÍTULO I.....	23
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	23
1.1 Planteamiento de problema .....	23
1.1.1 Descripción del problema.....	23
1.2 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
1.4.1.1 Teórica.....	25
1.4.1.2 Práctica .....	25
1.4.1.3 Metodológica.....	25
1.4.1.4 Económica .....	26
1.4.1.5 Social.....	26
1.4.1.6 Ambiental.....	27

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	Variable independiente.....	28
1.6.2	Variable dependiente.....	28
1.7	Operacionalización de variables.....	29
CAPÍTULO II.....		30
MARCO TEÓRICO .....		30
2.1	Antecedentes de investigación .....	30
2.1.1	Internacionales .....	30
2.1.2	Nacionales .....	33
2.2	Bases teóricas .....	35
2.2.1	Cultivo de la espinaca .....	35
2.2.1.1	Cultivo de la espinaca y su importancia agronómica.....	35
2.2.1.2	Generalidades de la espinaca ( <i>Spinacia oleracea</i> L.) .....	36
2.2.1.3	Clasificación taxonómica .....	36
2.2.1.4	Características morfológicas y fisiológicas.....	37
2.2.1.4.1	Raíz.....	38
2.2.1.4.2	Tallo. ....	38
2.2.1.4.3	Hojas.....	38
2.2.1.4.4	Flores.....	39
2.2.1.5	Fenología de cultivo .....	39
2.2.1.6	Requerimientos agroecológicos del cultivo de espinaca.....	40
2.2.1.7	Variedad utilizada (Dynamite F1).....	41
2.2.1.8	Producción sostenible en la horticultura .....	41
2.2.2	Cultivo en macetas como estrategia experimental .....	42
2.2.3	Bioestimulantes en la producción agrícola.....	42
2.2.3.1	Definición de bioestimulantes.....	42
2.2.5	Calidad nutricional y sanidad del cultivo.....	46

2.2.5.1	Propiedades nutricionales.....	46
2.2.5.2	Indicadores de calidad.....	48
2.2.5.3	Plagas y enfermedades de la espinaca.....	48
2.2.5.3.1	Principales plagas de la espinaca. ....	48
2.2.5.3.2	Principales enfermedades de la espinaca. ....	49
2.3	Definición de términos.....	52
2.3.1	Bioestimulantes.....	52
2.3.3	Extracto vegetal.....	52
2.3.4	Crecimiento vegetativo.....	52
2.3.5	Rendimiento.....	52
2.3.6	Área foliar (cm <sup>2</sup> ).....	52
2.3.7	Altura de planta (cm).....	53
2.3.8	Número de hojas.....	53
2.3.9	Peso fresco (g).....	53
2.3.10	Peso seco (g).....	53
2.3.13	<i>Spinacia oleracea</i> L. ....	54
2.3.14	Estrés vegetal.....	54
2.3.15	Fotosíntesis.....	54
2.3.16	Cultivos hortícolas.....	54
2.3.17	Producción sostenible.....	54
2.3.18	Días después de la siembra (DDS).....	54
	CAPÍTULO III.....	55
	METODOLOGÍA.....	55
3.1	Tipo y nivel de investigación.....	55
3.1.1	Enfoque de la investigación.....	55
3.1.2	Tipo de investigación.....	55
3.1.3	Nivel de investigación.....	55
3.1.4	Diseño de investigación.....	56
3.1.5	Distribución experimental.....	56
3.1.6	Características del área experimental.....	56
3.1.7	Análisis estadístico de datos.....	57
3.1.9	Variables evaluadas.....	59

3.1.9.1 Evaluación vegetativa .....	59
CAPÍTULO IV .....	73
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	73
4.1. Resultados .....	73
4.2. Discusión.....	108
4.2.1. Peso fresco por planta (g).....	108
4.2.2. Peso seco por planta (g). .....	108
4.2.3. Número de hojas por planta .....	109
4.2.4. Altura de la planta (cm).....	110
4.2.5. Área foliar de la hoja (cm <sup>2</sup> ). .....	110
CAPÍTULO V .....	111
CONCLUSIONES.....	111
CAPÍTULO VI.....	112
RECOMENDACIONES .....	112
CAPÍTULO VII.....	113
REFERENCIAS .....	113
CAPÍTULO VIII .....	123
ANEXOS.....	123

## ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1</i> Matriz de operacionalización de variables .....	29
<i>Tabla 2</i> Clasificación taxonómica de la espinaca ( <i>Spinacia oleracea</i> L.) .....	37
<i>Tabla 3</i> Etapas fenológicas del cultivo de espinaca ( <i>Spinacia oleracea</i> L.).....	40
<i>Tabla 4</i> Propiedades nutricionales con aplicación de bioestimulantes .....	47
<i>Tabla 5</i> Distribución experimental utilizada en la investigación.....	56
<i>Tabla 6</i> Tratamientos utilizados en el trabajo de investigación.....	58
<i>Tabla 7</i> Características físico-químicas del material edáfico experimental.....	64
<i>Tabla 8</i> Composición de los bioestimulantes aplicados a la espinaca ( <i>Spinacia oleracea</i> L.).....	67
<i>Tabla 9</i> Cronograma de aplicación de bioestimulantes en el cultivo de espinaca .....	69
<i>Tabla 10</i> Cronograma de obtención de datos agronómicos en el cultivo de espinaca.....	70
<i>Tabla 11</i> Resultados descriptivos del peso fresco (g) de la espinaca.....	73
<i>Tabla 12</i> Prueba de normalidad (Shapiro-Wilk) para el peso fresco (g).....	75
<i>Tabla 13</i> Prueba de homogeneidad de varianzas (Levene) para el peso fresco (g) .....	75
<i>Tabla 14</i> Análisis de Varianza para el peso fresco (g).....	76
<i>Tabla 15</i> Comparación de medias Tukey para el peso fresco (g) .....	77
<i>Tabla 16</i> Resultados descriptivos del peso seco (g) de la espinaca .....	77
<i>Tabla 17</i> Prueba de normalidad (Shapiro-Wilk) para el peso seco (g) .....	79
<i>Tabla 18</i> Prueba de homogeneidad de varianzas (Levene) para el peso seco (g).....	79
<i>Tabla 19</i> Análisis de Varianza para el peso seco (g) .....	80
<i>Tabla 20</i> Comparación de medias Tukey para el peso seco (g).....	81
<i>Tabla 21</i> Resultados descriptivos del número de hojas después de la siembra (DDS).....	81
<i>Tabla 22</i> Medidas de dispersión del número de hojas en diferentes DDS .....	83
<i>Tabla 23</i> Prueba de normalidad (Shapiro-Wilk) para el número de hojas.....	84
<i>Tabla 24</i> Prueba de homogeneidad de varianzas (Levene) para el número de hojas.....	85
<i>Tabla 25</i> Análisis de Varianza para el número de hojas a los 31 (DDS).....	86

<b>Tabla 26</b> <i>Análisis de Varianza para el número de hojas a los 41 DDS</i> .....	86
<b>Tabla 27</b> <i>Comparación de medias Tukey para el número de hojas a los 41 DDS</i>	87
<b>Tabla 28</b> <i>Análisis de Varianza para el número de hojas a los 50 DDS</i> .....	88
<b>Tabla 29</b> <i>Comparación de medias Tukey para el número de hojas a los 50 (DDS)</i> .....	88
<b>Tabla 30</b> <i>Análisis de Varianza para el número de hojas a los 55 (DDS)</i> .....	89
<b>Tabla 31</b> <i>Comparación de medias Tukey para el número de hojas a los 55 DDS</i>	89
<b>Tabla 32</b> <i>Análisis de Varianza para el número de hojas a los 60 (DDS)</i> .....	90
<b>Tabla 33</b> <i>Comparación de medias Tukey para el número de hojas a los 60 (DDS)</i> .....	91
<b>Tabla 34</b> <i>Resultados descriptivos de la altura de la planta (cm) después de la siembra</i> .....	92
<b>Tabla 35</b> <i>Medidas de dispersión de la altura de la planta (cm) DDS</i> .....	94
<b>Tabla 36</b> <i>Prueba de normalidad (Shapiro-Wilk) para la altura de la planta (cm)</i> .....	95
<b>Tabla 37</b> <i>Prueba de homogeneidad de varianzas (Levene) para altura de la planta (cm)</i> .....	96
<b>Tabla 38</b> <i>Análisis de Varianza para la altura de la planta (cm) a los 31 DDS</i> ...	97
<b>Tabla 39</b> <i>Comparación de medias Tukey para la altura de la planta (cm) a los 31 DDS</i> .....	97
<b>Tabla 40</b> <i>Análisis de Varianza para la altura de la planta (cm) a los 41 DDS</i> ...	98
<b>Tabla 41</b> <i>Comparación de medias Tukey para la altura de la planta (cm) a los 41 DDS</i> .....	99
<b>Tabla 42</b> <i>Análisis de Varianza para la altura de la planta (cm) a los 50 DDS</i> ...	99
<b>Tabla 43</b> <i>Comparación de medias Tukey para la altura de la planta (cm) a los 50 DDS</i> .....	100
<b>Tabla 44</b> <i>Análisis de Varianza para la altura de la planta (cm) a los 55 DDS</i> .	101
<b>Tabla 45</b> <i>Comparación de medias Tukey para la altura de la planta (cm) a los 55 DDS</i> .....	101
<b>Tabla 46</b> <i>Análisis de Varianza para la altura de la planta (cm) a los 60 DDS</i> .	102
<b>Tabla 47</b> <i>Comparación de medias Tukey para altura de la planta (cm) a los 60 DDS</i> .....	103
<b>Tabla 48</b> <i>Resultados descriptivos del área foliar (cm<sup>2</sup>) de la espinaca</i> .....	103

<b>Tabla 49</b> Prueba de normalidad (Shapiro-Wilk) para el área foliar (cm <sup>2</sup> ).....	105
<b>Tabla 50</b> Prueba de homogeneidad de varianzas (Levene) para el área foliar (cm <sup>2</sup> ).....	106
<b>Tabla 51</b> Análisis de Varianza para el área foliar (cm <sup>2</sup> ).....	106
<b>Tabla 52</b> Comparación de medias Tukey para el área foliar (cm <sup>2</sup> ).....	107

## ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1</i> Ubicación geográfica del área experimental .....	61
<i>Figura 2</i> Distribución del peso fresco (g) de plantas de espinaca.....	74
<i>Figura 3</i> Distribución del peso seco (g) de plantas de espinaca .....	78
<i>Figura 4</i> Efecto de los tratamientos sobre la producción de hojas en el ciclo vegetativo de la espinaca (DDS).....	82
<i>Figura 5</i> Efecto de los tratamientos sobre la altura de la planta (cm) DDS .....	93
<i>Figura 6</i> Distribución del área foliar (cm <sup>2</sup> ) de las hojas de espinaca.....	104
<i>Figura 7</i> Primer registro de datos.....	126
<i>Figura 8</i> Segundo registro de datos .....	127
<i>Figura 9</i> Tercer registro de datos .....	128
<i>Figura 10</i> Cuarto registro de datos.....	129
<i>Figura 11</i> Quinto registro de datos .....	130
<i>Figura 12</i> Registro de datos del peso fresco en la cosecha .....	131
<i>Figura 13</i> Registro de datos para el área foliar de la espinaca .....	132
<i>Figura 14</i> Registro de datos para el peso seco .....	133
<i>Figura 15</i> Vista de variables en el software SPSS .....	140
<i>Figura 16</i> Determinación del área foliar en cm <sup>2</sup> .....	155
<i>Figura 17</i> Cálculo del área foliar de las hojas de espinaca .....	156

**ÍNDICE DE ANEXOS**

<i>Anexo 1</i> Matriz de consistencia.....	123
<i>Anexo 2</i> Fichas de recolección de información .....	125
<i>Anexo 3</i> Base de datos obtenidos en la recolección de datos .....	134
<i>Anexo 4</i> Cronograma de actividades del experimento.....	135
<i>Anexo 5</i> Características del material edáfico para la investigación .....	136
<i>Anexo 6</i> Características químicas de los bioestimulantes utilizados.....	137
<i>Anexo 7</i> Análisis estadísticos del experimento.....	139
<i>Anexo 8</i> Pruebas de normalidad (Shapiro-Wilk) .....	141
<i>Anexo 9</i> Pruebas de homogeneidad de varianzas (Levene).....	144
<i>Anexo 10</i> Análisis de Varianza peso fresco.....	147
<i>Anexo 11</i> Prueba de comparación múltiple Tukey.....	149

## ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

<i>Fotografía 1 Preparación de los tratamientos .....</i>	<i>138</i>
<i>Fotografía 2 Pesados de los insumos para los bioestimulantes.....</i>	<i>138</i>
<i>Fotografía 3 Cálculo del área foliar .....</i>	<i>154</i>
<i>Fotografía 4 Cálculo del porcentaje del peso seco (%).....</i>	<i>157</i>
<i>Fotografía 5 Obtención de la materia seca de las muestras de espinaca.....</i>	<i>158</i>
<i>Fotografía 6 Registro fotográfico del establecimiento del cultivo.....</i>	<i>159</i>
<i>Fotografía 7 Perforación y pintado de las macetas .....</i>	<i>159</i>
<i>Fotografía 8 Siembra de los plantines de espinaca.....</i>	<i>160</i>
<i>Fotografía 9 Evaluación de prendimiento de los plantines .....</i>	<i>160</i>
<i>Fotografía 10 Registro fotográfico de la aplicación de los tratamientos .....</i>	<i>161</i>
<i>Fotografía 11 Registro fotográfico de las evaluaciones agronómicas .....</i>	<i>161</i>
<i>Fotografía 12 Evaluación agronómicas de las variables de estudio .....</i>	<i>162</i>
<i>Fotografía 13 Cosecha de las espinacas a los 60 DDS.....</i>	<i>162</i>
<i>Fotografía 14 Registro del procesamiento de muestras.....</i>	<i>163</i>
<i>Fotografía 15 Toma de muestras para el peso seco de la espinaca.....</i>	<i>163</i>
<i>Fotografía 16 Muestras representativas de cada tratamiento .....</i>	<i>164</i>

## INTRODUCCIÓN

En muchas hortalizas, plantas ornamentales, hierbas y plantas medicinales, diversos bioestimulantes comerciales disponibles mejoran la tolerancia al estrés y la capacidad antioxidante de la planta, así como la adquisición y distribución de nutrientes dentro de la planta y el crecimiento y desarrollo de los órganos vegetativos y generativos (du Jardin, 2015). Los bioestimulantes de origen vegetal se han convertido en una herramienta importante dentro de los sistemas de producción agrícola debido a su capacidad para estimular procesos metabólicos que favorecen el crecimiento vegetal, la absorción de nutrientes y la tolerancia de las plantas a condiciones de estrés biótico y abiótico (Rouphael & Colla, 2020). Estos productos pueden elaborarse a partir de diferentes materiales de origen vegetal, los cuales contienen compuestos bioactivos como fitohormonas, aminoácidos, vitaminas y metabolitos secundarios capaces de influir positivamente en el desarrollo de los cultivos (Cozzolino et al., 2021).

Entre los cultivos hortícolas de importancia alimentaria se encuentra la espinaca (*Spinacia oleracea* L.), una especie ampliamente valorada por su alto contenido nutricional y compuestos antioxidantes beneficiosos para la salud humana, siendo un cultivo de gran interés para los horticultores, debido a su ciclo corto de producción y su adaptabilidad a diferentes condiciones agroclimáticas (FAO, 2024); sin embargo, en muchas zonas productoras el manejo del cultivo de espinaca aún depende en gran medida del uso de fertilizantes químicos, lo cual puede generar efectos negativos en el suelo y en el ambiente cuando no se emplean de manera adecuada, pudiendo permanecer en el suelo y el agua durante años, causando efectos toxicológicos en los seres humanos (Esteves et al., 2023; Teresa, 2013). La agricultura enfrenta importantes desafíos relacionados con la sostenibilidad de los sistemas productivos, el uso eficiente de los recursos naturales y la reducción del impacto ambiental generado por el uso indiscriminado de los agroquímicos y las tecnologías aplicadas en los sistemas agropecuarios están causando el deterioro de los suelos agrícolas (Hinojosa et al., 2019).

En este contexto, la búsqueda de alternativas que permitan mejorar la productividad agrícola de manera sostenible ha cobrado gran relevancia, destacándose el uso de bioinsumos como una estrategia viable para fortalecer los procesos fisiológicos de las plantas y optimizar el desarrollo de los cultivos (du Jardin, 2015).

Frente a esta situación, el uso de bioestimulantes vegetales elaborados a partir de extractos vegetales representa una alternativa prometedora para mejorar el crecimiento y rendimiento del cultivo, ya que estos productos pueden estimular diferentes procesos fisiológicos en las plantas, contribuyendo a un mejor desarrollo vegetativo y productivo (Calvo, 2018). A pesar del creciente interés en el uso de bioestimulantes en la agricultura, todavía existe limitada información sobre el efecto de bioestimulantes vegetales elaborados a partir de extractos vegetales en el cultivo de espinaca bajo condiciones de producción local, especialmente en zonas altoandinas como la provincia de Huanta, región Ayacucho.

Ciertamente urge conseguir que, la formación en conocimientos culturales locales, así como en marketing externo y comercialización, se enfoque en el rescate y valorización del potencial endógeno natural y cultural de manera imprescindible (Yzarra et al., 2021); en este sentido, resulta necesario generar información científica que permita evaluar su influencia en variables de crecimiento y rendimiento del cultivo, contribuyendo al desarrollo de alternativas sostenibles para la producción hortícola; motivo por el cual la presente investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto de cuatro bioestimulantes vegetales elaborados a partir de extractos vegetales sobre el rendimiento y el comportamiento agronómico del cultivo de espinaca (*Spinacia oleracea* L.) en condiciones de maceta en el distrito de Luricocha, provincia de Huanta.

## CAPÍTULO I

### PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

#### 1.1 Planteamiento de problema

##### 1.1.1 Descripción del problema

El cultivo de espinaca (*Spinacia oleracea* L.), presenta limitaciones productivas que afectan su desempeño agronómico, subrayándose rendimientos reducidos, escasa eficiencia en la absorción de nutrientes y respuestas negativas frente a condiciones de estrés abiótico, factores que se ven agravados por el uso de prácticas agrícolas convencionales que no siempre permiten expresar el potencial productivo del cultivo (Quina, 2024). Estudios previos reportan que los esquemas tradicionales de manejo, basados fundamentalmente en fertilización mineral y control fitosanitario, no logran optimizar variables clave como el crecimiento vegetativo, el número de hojas ni la acumulación de biomasa comercial (Teresa, 2013).

Pese al creciente interés y aplicación de bioestimulantes en diversos cultivos, la evidencia experimental específica para espinaca es aún limitada y se ha desarrollado principalmente en condiciones de campo abierto o con un solo tipo de bioestimulante (Mejía, 2024). En particular, son escasos los estudios que comparan de forma sistemática la efectividad de múltiples bioestimulantes bajo condiciones controladas de maceta en la zona de Huanta, región donde predominan limitaciones ambientales y edáficas que pueden influir significativamente en la productividad agronómica de la espinaca.

En el contexto de Huanta, se observa que el manejo del cultivo de espinaca se realiza en su mayoría, bajo prácticas empíricas, con limitada incorporación de tecnologías alternativas que optimicen el crecimiento del cultivo. Esta situación restringe la capacidad de adaptación frente a la volatilidad de precios, exigencias del consumidor, variaciones en la demanda local, regional e internacional y desafíos logísticos, situación que evidencia una brecha científica y agronómica que dificulta la

recomendación de bioestimulantes específicos para optimizar el rendimiento y comportamiento agronómico de la espinaca en Huanta. Por tanto, surge la necesidad de evaluar cuatro bioestimulantes distintos para determinar su efecto comparativo sobre los parámetros de rendimiento y comportamiento agronómico de la espinaca en condiciones de maceta, proporcionando evidencia científica útil para los productores de espinaca.

## **1.2 Formulación del problema**

### **1.2.1 Problema general**

¿Cuál es el efecto de cuatro bioestimulantes naturales elaborados con extractos vegetales sobre el rendimiento y comportamiento agronómico del cultivo de espinaca en condiciones de maceta, en Huanta?

### **1.2.2 Problemas específicos**

- ¿Cuál es el efecto de los bioestimulantes sobre el rendimiento (peso fresco, seco por planta y número de hojas) del cultivo de espinaca?
- ¿Cuál es el efecto de los bioestimulantes sobre el comportamiento agronómico (altura de planta y área foliar) del cultivo de espinaca

## **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 del cultivo de espinaca (*Spinacia oleracea* L.) en condiciones de maceta.

### **1.3.2 Objetivos específicos**

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

## **1.4 Justificación e importancia**

### **1.4.1 Justificación**

#### **1.4.1.1 Teórica**

El estudio se fundamenta en los principios de la fisiología vegetal, la ecofisiología del estrés abiótico y la nutrición mineral de cultivos de hoja, buscando comprender cómo los bioestimulantes caseros elaborados con residuos agrícolas, influyen en los procesos fisiológicos de *Spinacia oleracea*, puesto que al ser ricos en compuestos fenólicos, flavonoides, terpenos y aceites esenciales, estimulan la fotosíntesis, la absorción de nutrientes y la resistencia al estrés biótico y abiótico (García et al., 2023). Los bioestimulantes activan rutas fisiológicas que mejoran la eficiencia en la absorción y asimilación de nutrientes, además de fortalecer la tolerancia al estrés abiótico (Calvo et al., 2014), y en ese sentido, el presente estudio aporta conocimiento específico sobre la respuesta de la espinaca a extractos vegetales naturales, ampliando la base teórica existente en hortalizas de ciclo corto y contribuyendo a la comprensión científica de los mecanismos eco fisiológicos asociados al uso de bioinsumos.

#### **1.4.1.2 Práctica**

En Huanta, el cultivo de espinaca se desarrolla principalmente en sistemas de pequeña escala, donde el manejo nutricional suele basarse en prácticas empíricas y uso limitado de tecnologías alternativas. Esta investigación permitió identificar cuál de los cuatro bioestimulantes evaluados genera mejores respuestas en crecimiento y rendimiento bajo condiciones de maceta, proporcionando información técnica aplicable por productores locales. Los resultados podrán transformarse en recomendaciones claras sobre dosis, frecuencia y forma de aplicación, facilitando su adopción en huertos familiares, escolares y urbanos.

#### **1.4.1.3 Metodológica**

Metodológicamente, la investigación aporta un esquema experimental estructurado bajo un Diseño Completamente al Azar (DCA), adecuado para evaluar la relación causa efecto entre tratamientos y variables

agronómicas. La inclusión de cuatro tratamientos y repeticiones suficientes permite aplicar análisis de varianza, garantizando rigor estadístico y validez interna. Asimismo, integra mediciones cuantificables como altura de planta, número de hojas, área foliar, peso fresco y peso seco, fortaleciendo la confiabilidad de los resultados. Este enfoque constituye un modelo replicable para futuras investigaciones sobre bioestimulantes en hortalizas de hoja en condiciones similares.

#### **1.4.1.4 Económica**

El uso de extractos vegetales elaborados con insumos locales representa una alternativa económicamente accesible frente a bioestimulantes comerciales importados, cuyos costos pueden limitar su adopción por pequeños productores. La evaluación comparativa permitirá determinar la relación costo beneficio de cada tratamiento, identificando opciones viables para reducir gastos en fertilización complementaria sin comprometer el rendimiento. En contextos rurales como Huanta, donde predominan sistemas de producción de baja inversión, la validación de bioestimulantes vegetales puede contribuir a mejorar la rentabilidad del cultivo de espinaca y fortalecer emprendimientos agrícolas de pequeña escala.

#### **1.4.1.5 Social**

El estudio contribuye al fortalecimiento de la agricultura familiar y urbana mediante la promoción de tecnologías limpias y accesibles. La espinaca es una hortaliza de alto valor nutricional, fuente importante de hierro, vitaminas y antioxidantes, relevante para la seguridad alimentaria local. Al generar conocimiento técnico sobre el uso eficiente de bioestimulantes vegetales, la investigación fomenta la capacitación y el empoderamiento de productores, asociaciones y huertos escolares. Además, favorece la producción de alimentos más saludables, reduciendo la exposición a insumos químicos sintéticos y promoviendo prácticas agrícolas responsables.

#### **1.4.1.6 Ambiental**

Desde una perspectiva ambiental, el estudio promueve la reducción progresiva del uso de agroquímicos sintéticos, cuya aplicación indiscriminada puede generar degradación del suelo, contaminación hídrica y pérdida de biodiversidad edáfica. Los bioestimulantes vegetales actúan estimulando procesos fisiológicos sin incrementar la carga química del agroecosistema (Rouphael & Colla, 2020). En este sentido, la investigación impulsa un enfoque de producción hortícola sostenible, alineado con principios de agricultura regenerativa y manejo ecológico. La validación científica de estas alternativas en condiciones locales permitirá establecer protocolos ambientalmente seguros y escalables para sistemas productivos similares.

#### **1.4.2 Importancia**

La investigación es relevante porque genera sustento científico sobre el empleo de bioestimulantes vegetales en el cultivo de la espinaca (*Spinacia oleracea* L.), especie de elevado valor nutricional y presencia constante en la horticultura local. Estudios recientes indican que los bioestimulantes activan mecanismos fisiológicos asociados a la eficiencia en la absorción y asimilación de nutrientes, el desarrollo vegetativo y la resiliencia frente a factores de estrés (P. Calvo et al., 2014); no obstante, la magnitud de estos efectos está condicionada por el entorno productivo y la composición del insumo aplicado, lo que hace indispensable su evaluación bajo condiciones agroecológicas específicas en la ciudad de Huanta. Existe variabilidad en la respuesta de la espinaca frente a bioinsumos orgánicos, reforzando la necesidad de estudios comparativos con enfoque local (Pedroza & Escobar, 2023).

### **1.5 Hipótesis**

#### **1.5.1 Hipótesis general**

La aplicación de bioestimulantes naturales elaborados a partir de extractos vegetales influye significativamente en el rendimiento y comportamiento

agronómico del cultivo de espinaca (*Spinacia oleracea* L.) en condiciones de maceta en Huanta.

### 1.5.2 Hipótesis específicas

- La aplicación de los cuatro bioestimulantes influye significativamente en el rendimiento de la espinaca (peso fresco, peso seco y número de hojas por planta).
- La aplicación de los cuatro bioestimulantes influye significativamente en las variables de crecimiento de la espinaca (altura de planta y área foliar).

## 1.6 Variables y dimensiones

### 1.6.1 Variable independiente: Bioestimulante

**Dimensión 1:** Tipo

**Dimensión 2:** Composición de origen

**Dimensión 3:** Forma de aplicación

**Dimensión 4:** Concentración / Dilución

**Dimensión 5:** Frecuencia de aplicación

### 1.6.2 Variable dependiente: Espinaca (*Spinacia oleracea* L)

**Dimensión 1:** Rendimiento

**Indicadores:**

- Peso fresco por planta (g)
- Peso seco por planta (g)
- Número de hojas (unidades)

**Dimensión 2:** Comportamiento agronómico

**Indicadores:**

- Altura de la planta (cm)
- Área foliar ( $cm^2$ )

## 1.7 Operacionalización de variables

**Tabla 1**

*Matriz de operacionalización de variables*

Variable	Definición conceptual	Definición operativa	Dimensión	Indicador
Bio-estimulante casero elaborado con residuos agrícolas	Sustancias o extractos de origen vegetal que estimulan el crecimiento, desarrollo y productividad de los cultivos (du Jardin, 2015)	Solución líquida de origen orgánico elaborada a partir de residuos agrícolas (cáscaras de frutas, follaje de leguminosas, ceniza de madera, restos vegetales fermentados)	Tipo	Extracto de eucalipto + romero
				Extracto de ortiga + cola de caballo
				Extracto de ajo + cebolla + ají
				Extracto de ruda ( <i>Ruta graveolens</i> )
			Composición de origen	Hojas de arbustos
				Follaje de yerbas
				Jugos de verduras
			Forma de aplicación	Restos vegetales
Foliar				
Concentración / dilución	Radicular			
	Combinado			
Frecuencia de aplicación	ml/L o L/10 L de agua			
	10 días			
Espinaca	Cultivo hortícola de ciclo corto, perteneciente a la familia Amaranthaceae, cultivado por la producción de hojas comestibles y por su rápido crecimiento y alto rendimiento agronómico. (Mejía, 2024; Yañez, 2017).	Planta hortícola cultivada en maceta bajo condiciones controladas, cuya respuesta al tratamiento con bioestimulantes se mide a través de indicadores agronómicos.	Rendimiento	Peso fresco
				Peso seco
				Número de hojas por planta
			Comportamiento agronómico	Altura de planta
Área foliar				

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Antecedentes de investigación

##### 2.1.1 Internacionales

Díaz (2015), realizó la investigación titulada “Efecto de la aplicación de tres bioestimulantes en el cultivo de espinaca (*Spinacia oleracea* L.) en la zona de Izamba, provincia de Tungurahua” en Ecuador, con el objetivo de evaluar el efecto de tres bioestimulantes y sus dosis sobre el crecimiento, rendimiento y rentabilidad del cultivo de espinaca, así como identificar el tratamiento más eficiente. La investigación fue de tipo experimental y se desarrolló bajo un diseño de bloques completamente al azar con arreglo factorial  $3 \times 3 + 1$ , considerando tres bioestimulantes, tres dosis y un testigo absoluto, con cuatro repeticiones. Para el análisis estadístico se utilizó el análisis de varianza y pruebas de comparación de medias, evaluándose variables agronómicas como longitud de follaje, número de hojas por planta, longitud de hoja, días a cosecha, rendimiento por parcela y rendimiento por hectárea, además de realizarse un análisis económico mediante costos de producción, ingresos y relación beneficio-costo. Los resultados evidenciaron que el bioestimulante Wuxal Doble, aplicado en una dosis de  $2 \text{ L ha}^{-1}$ , presentó el mejor comportamiento agronómico, alcanzando 23,98 hojas por planta, 22,12 cm de longitud de follaje y un rendimiento de  $15,79 \text{ t ha}^{-1}$ , además de generar el mayor beneficio económico dentro de los tratamientos evaluados. El bioestimulante utilizado contiene nutrientes esenciales como nitrógeno, fósforo, potasio y microelementos (azufre, boro, hierro, manganeso, cobre, zinc, molibdeno y cobalto), los cuales contribuyen al metabolismo vegetal y al desarrollo foliar. Se concluyó que la aplicación adecuada de bioestimulantes mejora significativamente el crecimiento vegetativo y el rendimiento del cultivo de espinaca, constituyendo una alternativa eficiente para incrementar la productividad en sistemas hortícolas.

Mendoza (2019), desarrolló la investigación titulada “Efecto de la aplicación de biofertilizantes y un bioestimulante vegetal en el cultivo de espinaca (*Spinacia oleracea* L.)”, realizada en México, con el objetivo de evaluar la influencia de diferentes fuentes nutricionales orgánicas y un bioestimulante sobre el rendimiento y la calidad del cultivo de espinaca de corte en condiciones controladas. La investigación fue de tipo experimental y se estableció bajo un diseño de bloques completamente al azar con diez tratamientos y cuatro repeticiones, iniciándose las aplicaciones a los 21 días después de la siembra (DDS) y repitiéndose semanalmente hasta completar cinco aplicaciones.

Las variables evaluadas incluyeron largo y ancho de hoja, peso fresco por planta, peso fresco por metro cuadrado y parámetros asociados a la calidad comercial del cultivo. Los resultados mostraron que la combinación de biofertilizantes Guanofol, ácidos húmicos (Humistar) y nitrato de potasio ( $\text{KNO}_3$ ) presentó el mejor comportamiento productivo, registrando aproximadamente 180 g por planta en el primer corte, 225 g en el segundo corte y 135 g en el tercer corte, lo cual evidencia un incremento significativo en la producción de biomasa fresca en comparación con otros tratamientos evaluados. Se concluyó que la integración de biofertilizantes orgánicos y fertilización mineral contribuye a mejorar el crecimiento vegetativo y el rendimiento del cultivo de espinaca, favoreciendo además la calidad comercial de las hojas.

Riaño et al. (2019), publicaron en Colombia el artículo “Cambios en los niveles de nutrientes en solución hidropónica de espinaca baby (*Spinacia oleracea* L.), para su futura aplicación en acuaponía” cuyo objetivo fue definir los cambios de niveles de nutrientes en la solución hidropónica en espinaca baby. Se utilizaron 24 plantines de espinaca bajo el sistema de “hidroponía de cama flotante” usando solución “La Molina” en tanques de 50 L, realizándose cinco repeticiones y tres réplicas, cosechándose cada tres semanas para cada réplica, bajo un registro semanal de variables fisicoquímicas de la solución; así mismo, se hizo un muestreo al inicio y final de cada réplica, evaluando las siguientes variables: número y longitud de hojas,

área foliar, peso fresco y seco de la parte aérea. Durante el ciclo de cultivo el pH de la solución osciló entre 6.00-6.97, de tal manera que, este estudio revela que esta planta podría tener buenos rendimientos en un sistema acuapónico, especialmente por los requerimientos de N, Ca<sup>2+</sup>>P, no obstante, se deberían adicionar bajas cantidades de algunos micronutrientes, que suelen ser escasos en los sistemas acuapónicos.

Vaca (2023), en su investigación titulada “Comparación de dos soluciones nutritivas orgánicas en la producción de espinaca (*Spinacia oleracea* L.) mediante un sistema aeropónico, cantón Guayaquil”, tuvo como objetivo evaluar el efecto de dos soluciones nutritivas orgánicas (biol y humus líquido) sobre el crecimiento y desarrollo del cultivo de espinaca en un sistema aeropónico. El estudio se desarrolló bajo un enfoque experimental, evaluando variables como altura de planta, número de hojas y área foliar en diferentes momentos del crecimiento (15, 30 y 45 días después del trasplante).

Los resultados evidenciaron que, en etapas iniciales, se presentaron diferencias significativas en altura de planta, siendo el tratamiento con biol el de mayor respuesta; sin embargo, en evaluaciones posteriores no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos para la mayoría de variables. En cuanto al número de hojas, ambos tratamientos mostraron comportamientos similares durante todo el ciclo del cultivo. Respecto al área foliar, se observaron diferencias significativas en fases tempranas, aunque estas tendieron a disminuir conforme avanzó el desarrollo del cultivo. El estudio concluye que ambas soluciones nutritivas orgánicas presentan efectos positivos en el crecimiento de la espinaca en sistemas aeropónicos, aunque sin diferencias marcadas en etapas avanzadas, lo que sugiere que el tipo de solución nutritiva puede influir principalmente en fases iniciales del desarrollo vegetal.

### 2.1.2 Nacionales

Mejía (2024), realizó la tesis titulada “Efecto de la aplicación de 4 bioestimulantes sobre el rendimiento del cultivo de espinaca (*Spinacia oleracea* L.), en Cajamarca”, donde se tuvo como objetivo evaluar la influencia de cuatro bioestimulantes (Acadian, Bayfolan Aktivator, Fertiplan y Apu Bio) aplicados en dos dosis sobre el rendimiento y variables agronómicas del cultivo de espinaca. La investigación se desarrolló bajo un diseño de bloques completamente al azar con arreglo factorial  $2 \times 4$  más un testigo absoluto, empleando el análisis de varianza y pruebas de comparación de medias (Dunnett, Duncan y Tukey al 95 %). Las variables evaluadas fueron rendimiento ( $t\ ha^{-1}$ ), altura de planta, número de hojas por planta y longitud de hoja, además de analizarse la interacción entre bioestimulantes y dosis. Los resultados evidenciaron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos con bioestimulantes respecto al testigo, destacando la aplicación de 20 mL del bioestimulante Apu Bio, el cual permitió alcanzar un promedio de 12,18 hojas por planta, mientras que la mayor altura de planta se obtuvo con el bioestimulante Bayfolan Aktivator, registrándose 42,77 cm. Asimismo, se reportaron rendimientos promedio de hasta  $13,20\ t\ ha^{-1}$ , superiores al testigo. Sin embargo, no se detectaron diferencias significativas entre las dosis evaluadas ni interacción entre los factores estudiados, indicando respuestas similares entre bioestimulantes en las condiciones del estudio. Se concluyó que la aplicación de bioestimulantes mejora significativamente el rendimiento y el comportamiento agronómico del cultivo de espinaca, constituyendo una alternativa tecnológica para incrementar la productividad en sistemas hortícolas.

Pedroza & Escobar (2023), desarrollaron la investigación titulada “Aplicación de biol y biosol en la producción de espinaca (*Spinacia oleracea* L.) en condiciones de invernadero en Acobamba, Huancavelica”, con el objetivo de determinar el efecto de bioinsumos orgánicos sobre el crecimiento y rendimiento del cultivo de espinaca. La investigación fue de tipo experimental y se estableció bajo un diseño completamente al azar con siete tratamientos, evaluándose diferentes dosis de biol y

biosol obtenidos mediante fermentación de estiércol, orina, leguminosas, melaza y microorganismos eficientes. Las aplicaciones se realizaron mediante *drench* al sustrato (arena) a los 13 DDS y posteriormente cada 10 días. Las variables evaluadas fueron número de hojas por planta, peso fresco por planta y peso seco por planta, analizándose los datos mediante Análisis de Varianza y pruebas de comparación de medias. Los resultados evidenciaron que el tratamiento T6 (300 mL de biol aplicado al 5 %) presentó el mejor comportamiento agronómico, alcanzando aproximadamente 12 hojas por planta, 20,37 g de peso fresco y 2,78 g de peso seco por planta a los 45 DDS, superando significativamente al resto de tratamientos evaluados. Se concluyó que la aplicación de bioinsumos orgánicos como el biol mejora el crecimiento vegetativo y la acumulación de biomasa en el cultivo de espinaca, constituyendo una alternativa sostenible para la producción hortícola.

Valenzuela (2016), realizó la investigación titulada “Evaluación del efecto de abonos orgánicos en el cultivo de espinaca (*Spinacia oleracea* L.) variedades Viroflay y Dash en invernadero del Centro de Investigación y Producción Santo Tomás – Abancay”, con el objetivo de evaluar el efecto de la gallinaza y el guano de isla sobre el crecimiento y rendimiento del cultivo de espinaca. La investigación fue de tipo experimental y se desarrolló mediante un diseño de bloques completamente al azar con arreglo factorial, considerando dos variedades y tres tratamientos de fertilización. Se evaluaron variables como porcentaje de germinación, altura de planta, número de hojas, área foliar, peso por planta y rendimiento, empleándose el análisis de varianza y pruebas de comparación de medias de Duncan al 1 % y 5 % de significancia.

Los resultados evidenciaron que la aplicación de gallinaza en la variedad Dash presentó el mejor comportamiento agronómico, alcanzando 33,0 cm de altura de planta, además de mejorar el peso por planta y el rendimiento del cultivo en comparación con los demás tratamientos. Se concluyó que los abonos orgánicos influyen positivamente en el crecimiento vegetativo y la productividad del cultivo de espinaca.

Calvo (2018), realizó la investigación titulada “Adaptabilidad y potencial de rendimiento de tres variedades de espinaca (*Spinacia oleracea* L.) en el distrito de Lamas”, con el objetivo de evaluar la adaptabilidad y el potencial productivo de las variedades Viroflay, Bolero y Skokum bajo diferentes densidades de siembra, además de determinar la densidad más eficiente para el cultivo. La investigación fue de tipo aplicada y nivel experimental, utilizando un diseño de bloques completamente al azar con arreglo factorial, conformado por tres bloques, seis tratamientos y dieciocho unidades experimentales. Se evaluaron variables agronómicas como longitud de planta, número de hojas, área foliar, diámetro del cuello, peso por planta y rendimiento por hectárea, además de realizarse un análisis económico del cultivo. Los resultados mostraron que la densidad de siembra de  $20 \times 20$  cm favoreció el desarrollo vegetativo del cultivo, registrándose un área foliar promedio de  $53,15 \text{ cm}^2$  por hoja, además de un adecuado crecimiento en las variedades evaluadas. Se concluyó que la elección adecuada de la variedad y la densidad de siembra influye significativamente en el desarrollo vegetativo y el rendimiento del cultivo de espinaca.

## **2.2 Bases teóricas**

### **2.2.1 Cultivo de la espinaca**

#### **2.2.1.1 Cultivo de la espinaca y su importancia agronómica**

El cultivo de la espinaca (*Spinacia oleracea* L.) representa una alternativa hortícola de alta importancia agronómica debido a su rápido ciclo productivo, elevado valor nutricional y creciente demanda en mercados de consumo fresco e industrial (Mondino et al., 2017). En los últimos años, el incremento del costo de fertilizantes sintéticos como la urea y fosfato diamónico ha generado dificultades en la producción agrícola, promoviendo la búsqueda de tecnologías sostenibles que reduzcan costos sin afectar el rendimiento (Astete, 2024). En este contexto, la espinaca adquiere relevancia por su capacidad de adaptación a diferentes sistemas de producción y su potencial respuesta a insumos alternativos, como los bioestimulantes, que permiten optimizar el crecimiento vegetal y la eficiencia en el uso de nutrientes.

Desde el punto de vista agronómico, la espinaca es una planta herbácea anual cuyo órgano de interés comercial son las hojas, las cuales dependen directamente de procesos fisiológicos como la fotosíntesis, absorción mineral y acumulación de biomasa. En este sentido, el estudio de bioestimulantes se fundamenta en su capacidad de estimular procesos metabólicos, favorecer el desarrollo radicular y mejorar la producción foliar, aspectos clave para incrementar la productividad de la espinaca bajo enfoques sostenibles y económicamente viables.

### **2.2.1.2 Generalidades de la espinaca (*Spinacia oleracea* L.)**

Según Sangay (2022), la espinaca (*Spinacia oleracea* L.) es una planta anual perteneciente a la familia Amaranthaceae, cultivada principalmente por sus hojas comestibles de alto valor nutricional. Su origen se sitúa en el suroeste asiático, desde donde fue difundida hacia Europa por los árabes durante la Edad Media, estableciéndose progresivamente como un cultivo hortícola importante en diversas regiones. Posteriormente, su expansión permitió su adaptación a diferentes condiciones climáticas, lo que favoreció su cultivo en múltiples sistemas de producción agrícola (Astete, 2024).

En la actualidad, la espinaca se produce ampliamente a nivel mundial, destacando países como China, Estados Unidos y Japón entre los principales productores, debido a la elevada demanda tanto para consumo fresco como para procesamiento industrial (Mondino et al., 2017).

Este cultivo presenta un ciclo vegetativo relativamente corto y una alta capacidad de adaptación, características que lo convierten en una especie adecuada para estudios agronómicos relacionados con la nutrición vegetal y el uso de bioinsumos, como los bioestimulantes, orientados a mejorar el crecimiento, el rendimiento y la calidad del producto (Mendoza, 2019).

### **2.2.1.3 Clasificación taxonómica**

La espinaca (*Spinacia oleracea* L.) pertenece al Reino Plantae, división Magnoliophyta, clase Magnoliopsida, orden Caryophyllales y familia

Amaranthaceae, grupo que históricamente incluyó a Chenopodiaceae como subfamilia, según evidencias moleculares basadas en secuencias matK y rbcL (Kadereit et al., 2003; Muller & Borsch, 2005). Los análisis filogenéticos han confirmado que el género *Spinacia* se integra en el clado Chenopodioideae dentro de Amaranthaceae, caracterizado por adaptaciones anatómicas y fisiológicas asociadas a ambientes templados y cierta tolerancia a salinidad (Brockington et al., 2009). Desde el punto de vista taxonómico, *S. oleracea* se distingue por ser una especie anual dioica, con hojas pecioladas y sistema radical pivotante, rasgos morfoanatómicos relevantes para su identificación y manejo agronómico (Ribera, 2019).

**Tabla 2**

*Clasificación taxonómica de la espinaca (Spinacia oleracea L.).*

<b>Taxonomía de la espinaca</b>	
Reino:	Plantae
Subreino:	Tracheobionta
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Subclase:	Caryophyllidae
Orden:	Caryophyllales
Familia:	Amaranthaceae
Subfamilia:	Chenopodioideae
Género:	<i>Spinacia</i>
Especie:	<i>Spinacia oleracea</i> L.

*Nota:* (Hernández et al., (2015); Ogundipe & Chase, (2009).

#### **2.2.1.4 Características morfológicas y fisiológicas**

La estructura vegetal de la espinaca responde a un patrón de crecimiento en roseta durante la fase vegetativa, seguido de elongación reproductiva bajo estímulos fotoperiódicos, lo que condiciona la acumulación de biomasa foliar, variable central en estudios de bioestimulación (Ribera, 2019). Desde el punto de vista fisiológico, presenta alta tasa fotosintética en condiciones de clima templado y eficiente uso de nitrógeno, elementos determinantes para el rendimiento comercial (Kumar & Jatav, 2023).

#### **2.2.1.4.1 Raíz**

El sistema radical es pivotante, con una raíz principal bien desarrollada y abundantes raíces secundarias superficiales que favorecen la absorción eficiente de agua y nutrientes en suelos francos y bien drenados (Ribera, 2019). Anatómicamente, presenta tejidos vasculares organizados que permiten una rápida conducción de solutos, aspecto relevante para la respuesta a bioestimulantes radiculares. La plasticidad del sistema radical en Amaranthaceae se asocia a mecanismos de tolerancia a estrés salino y osmótico, regulados por ajustes fisiológicos en la absorción iónica (Sukhorukov & Zhang, 2013).

#### **2.2.1.4.2 Tallo.**

El tallo es corto y comprimido durante la fase vegetativa, formando una roseta basal; posteriormente se alarga en la etapa reproductiva por efecto del fotoperiodo largo, proceso conocido como espigado (Kumar & Jatav, 2023). Fisiológicamente, la elongación del tallo implica redistribución de fotoasimilados y cambios hormonales, principalmente en giberelinas, lo que afecta la calidad comercial del cultivo. Su estructura herbácea presenta haces vasculares colaterales que facilitan el transporte eficiente de nutrientes, característica común dentro del subfamilia Chenopodioideae (Hernández et al., 2015).

#### **2.2.1.4.3 Hojas.**

Las hojas constituyen el órgano de interés económico, siendo simples, pecioladas y de limbo ovalado a triangular, con disposición alterna (Kumar & Jatav, 2023). Poseen abundantes cloroplastos en el mesófilo, lo que explica su elevada actividad fotosintética y acumulación de biomasa verde. Desde el punto de vista fisiológico, la especie presenta metabolismo C3 y alta capacidad de asimilación de nitratos, lo cual se relaciona directamente con su rendimiento y respuesta a bioestimulantes (Das, 2023). La anatomía foliar muestra adaptaciones a climas templados, incluyendo cutícula moderadamente desarrollada y estomas funcionales que regulan la transpiración (Brockington et al., 2009).

#### **2.2.1.4.4 Flores.**

*Spinacia oleracea* es predominantemente dioica, presentando flores masculinas y femeninas en plantas separadas, aunque existen formas monoicas en algunos cultivares (Ribera, 2019). Las flores son pequeñas, verdosas y poco vistosas, adaptadas a polinización anemófila, característica típica de varios miembros de Amaranthaceae (Kadereit et al., 2003). El desarrollo floral está regulado por factores genéticos y ambientales, especialmente el fotoperiodo, que induce la transición reproductiva y afecta el rendimiento foliar cuando ocurre prematuramente (Uotila et al., 2021). La morfología del fruto y semilla, descrita dentro del complejo Chenopodiaceae-Amaranthaceae, influye en la calidad de germinación y establecimiento del cultivo (Sukhorukov & Zhang, 2013).

#### **2.2.1.5 Fenología de cultivo**

La fenología de la espinaca (*Spinacia oleracea* L.) en condiciones andinas se caracteriza por un ciclo corto que oscila entre 45 y 65 días, dependiendo de la altitud y temperatura. En estudios desarrollados en Perú y Bolivia, se describe una fase de germinación que ocurre entre 4 y 7 DDS; posteriormente, la etapa de plántula se extiende hasta los 15 días, donde se consolidan las primeras hojas verdaderas (Mejía, 2024; Pedroza & Escobar, 2023). La fase de crecimiento vegetativo o formación de roseta comprende aproximadamente de los 15 a 35 días, periodo en el cual se intensifica la expansión foliar y la acumulación de biomasa, constituyendo la etapa de mayor demanda nutricional. Finalmente, la fase de prefloración o inicio de espigado puede presentarse entre los 40 y 60 días, influenciada por temperaturas elevadas y fotoperiodos largos, lo que marca el límite del rendimiento comercial (Olano, 2022).

En el contexto de la evaluación de bioestimulantes, la identificación precisa de estas etapas fenológicas permite definir momentos estratégicos de aplicación para optimizar el rendimiento y el comportamiento agronómico. Investigaciones peruanas reportan que aplicaciones durante la fase vegetativa temprana (15–25 días) favorecen el incremento del número de hojas y área foliar, mientras que intervenciones cercanas

a los 30 - 40 días mejoran el peso fresco y retrasan el espigado (Valenzuela, 2016; Yauri, 2025). De esta manera, la variable fenológica se relaciona directamente con la respuesta fisiológica del cultivo, ya que cada fase presenta distinta sensibilidad a estímulos hormonales y nutricionales, condicionando la productividad final en sistemas hortícolas andinos (Molina, 2025).

**Tabla 3**

*Etapas fenológicas del cultivo de espinaca (Spinacia oleracea L.)*

<b>Etapas fenológicas</b>	<b>DDS</b>	<b>Descripción</b>
Emergencia	7	Aparición de las primeras plántulas
Desarrollo vegetativo	21	Formación de hojas verdaderas
Crecimiento vegetativo	31–50	Incremento del número de hojas
Desarrollo foliar	55	Mayor expansión de hojas
Cosecha	60	Recolección de plantas

*Nota.* DDS = días después de la siembra. Las etapas fenológicas corresponden al desarrollo del cultivo desde la emergencia hasta la cosecha (Molina, 2025).

### **2.2.1.6 Requerimientos agroecológicos del cultivo de espinaca**

La espinaca (*Spinacia oleracea* L.) es un cultivo hortícola de clima templado que se adapta a condiciones frescas y suelos bien drenados. Su desarrollo óptimo se presenta en temperaturas que oscilan entre 15 y 20 °C, mientras que temperaturas superiores pueden inducir la floración prematura, reduciendo la producción de hojas. En cuanto al suelo, la espinaca requiere suelos francos o franco-arenosos, con buen contenido de materia orgánica y un pH entre 6,0 y 7,5, condiciones que favorecen la disponibilidad de nutrientes y el crecimiento vegetativo (Pulido & Rincón, 2024), aunado a las condiciones climáticas y edáficas adecuadas, el cultivo de espinaca requiere un manejo agronómico que garantice una adecuada disponibilidad de agua y nutrientes durante su ciclo vegetativo.

La espinaca es sensible a suelos compactados o con mal drenaje, ya que estas condiciones pueden afectar el desarrollo radicular y limitar la absorción de nutrientes. Asimismo, una adecuada fertilización y manejo del riego favorecen la producción de hojas de mayor tamaño y calidad, lo cual es fundamental en cultivos destinados al consumo fresco (Olano, 2022).

#### **2.2.1.7 Variedad utilizada (Dynamite F1)**

La variedad Dynamite F1 corresponde a un híbrido comercial de alto rendimiento, caracterizado por vigor vegetativo, hojas gruesas de color verde oscuro y tolerancia genética a enfermedades foliares como *Peronospora effusa* (El Nakhel et al., 2022). Estudios recientes sobre híbridos F1 en espinaca señalan que estos presentan mayor uniformidad fenotípica, eficiencia fotosintética y mejor adaptación a distintos sistemas de cultivo, lo que favorece incrementos significativos en rendimiento y calidad comercial (Kumar & Jatav, 2023; Reyna, 2025). Fisiológicamente, Dynamite F1 muestra rápida emergencia y desarrollo radicular vigoroso, atributos que potencian la absorción de nutrientes y optimizan la respuesta a bioestimulantes, variable clave en la presente investigación (Di Mola et al., 2020). La estabilidad genética propia de los híbridos F1 asegura homogeneidad en variables agronómicas evaluadas, facilitando el análisis estadístico del comportamiento productivo bajo tratamientos bioestimulantes (Molina, 2025).

#### **2.2.1.8 Producción sostenible en la horticultura**

La producción sostenible en horticultura busca optimizar el rendimiento de los cultivos mediante prácticas que reduzcan el impacto ambiental y promuevan el uso eficiente de los recursos naturales. Este enfoque integra estrategias como el uso de bioinsumos, bioestimulantes y prácticas de manejo agronómico que favorezcan la fertilidad del suelo, la biodiversidad y la resiliencia de los sistemas productivos. La adopción de estas prácticas contribuye a garantizar la seguridad alimentaria y la sostenibilidad de los sistemas agrícolas a largo plazo (Yauri, 2025).

En los sistemas hortícolas modernos, la producción sostenible busca integrar prácticas que permitan mantener la productividad de los cultivos sin comprometer la salud del suelo ni el equilibrio del ecosistema. El uso de bioestimulantes, biofertilizantes y otras tecnologías biológicas representa una alternativa viable para mejorar el rendimiento de los cultivos y reducir el impacto ambiental de la agricultura convencional. Estas estrategias contribuyen a fortalecer la resiliencia de los sistemas productivos y a promover una agricultura más responsable con el medio ambiente (Cochea, 2025).

### **2.2.2 Cultivo en macetas como estrategia experimental**

El cultivo en macetas constituye una metodología experimental ampliamente utilizada en investigaciones agronómicas en América Latina debido a su capacidad para controlar variables edáficas, hídricas y nutricionales bajo condiciones controladas. En estudios desarrollados en Perú y Colombia, se ha demostrado que los ensayos en maceta permiten reducir la variabilidad ambiental propia del campo, facilitando una evaluación más precisa del efecto de fertilizantes y bioinsumos sobre el crecimiento y rendimiento de cultivos hortícolas (Yu et al., 2020). Asimismo, esta estrategia posibilita la estandarización del sustrato, el monitoreo del desarrollo radicular y la aplicación exacta de tratamientos, aspectos fundamentales cuando se evalúan bioestimulantes cuyo efecto puede verse influenciado por factores externos no controlados.

### **2.2.3 Bioestimulantes en la producción agrícola**

#### **2.2.3.1 Definición de bioestimulantes**

Los bioestimulantes agrícolas son sustancias o microorganismos que, aplicados a las plantas o al suelo, estimulan procesos fisiológicos naturales que mejoran la eficiencia en el uso de nutrientes, la tolerancia al estrés y el rendimiento del cultivo (Bulgari et al., 2019). Su mecanismo de acción involucra la activación hormonal (auxinas, citoquininas y giberelinas), el incremento de la actividad enzimática y la estimulación del desarrollo radicular, lo que favorece mayor absorción

de agua y nutrientes (Franzoni et al., 2022). En espinaca, su aplicación ha demostrado aumentar biomasa foliar, contenido de clorofila y acumulación de compuestos antioxidantes, impactando positivamente el comportamiento agronómico y la productividad (Cozzolino et al., 2021; López et al., 2026). En investigaciones experimentales, la respuesta depende de la fase fenológica, dosis y tipo de bioestimulante, siendo más eficiente durante el crecimiento vegetativo activo (El Nakhel et al., 2022).

### **2.2.3.2 Importancia agronómica de los bioestimulantes**

Los bioestimulantes han adquirido gran relevancia en la agricultura moderna debido a su capacidad para mejorar el crecimiento y la productividad de los cultivos sin incrementar significativamente el uso de fertilizantes químicos. Estas sustancias o extractos naturales estimulan procesos fisiológicos en las plantas, favoreciendo la absorción de nutrientes, la eficiencia metabólica y la tolerancia frente a condiciones de estrés ambiental. Su uso contribuye a mejorar el rendimiento de los cultivos y promueve prácticas agrícolas más sostenibles, reduciendo el impacto ambiental asociado al uso excesivo de agroquímicos (du Jardin, 2015).

En la actualidad, los bioestimulantes representan una herramienta clave dentro de los sistemas de producción agrícola sostenible, debido a que contribuyen a mejorar la eficiencia en el uso de nutrientes y a optimizar el crecimiento de los cultivos. Su aplicación permite reducir parcialmente la dependencia de fertilizantes químicos y otros insumos sintéticos, favoreciendo prácticas agrícolas más amigables con el ambiente. Asimismo, estos productos pueden mejorar la calidad de los cultivos y aumentar su rendimiento bajo diferentes condiciones de manejo (Sangay, 2022).

### **2.2.3.3 Mecanismos de acción de los bioestimulantes en la horticultura**

En los cultivos hortícolas, los bioestimulantes actúan estimulando diversos procesos fisiológicos que favorecen el crecimiento y desarrollo de las plantas. Entre los principales mecanismos se encuentran la estimulación de la actividad fotosintética, el incremento en la absorción y movilización de nutrientes y la mejora

en la actividad enzimática relacionada con el metabolismo vegetal. Asimismo, pueden contribuir a fortalecer los sistemas antioxidantes de las plantas, lo que mejora su capacidad para enfrentar condiciones adversas como sequía, salinidad o estrés térmico (Calvo et al., 2014).

En los cultivos hortícolas, los bioestimulantes pueden influir positivamente en el desarrollo vegetativo al estimular la actividad metabólica de las plantas y favorecer la producción de compuestos orgánicos esenciales para su crecimiento. Estos productos también pueden promover el desarrollo del sistema radicular, lo cual mejora la absorción de agua y nutrientes del suelo. Como resultado, se observa un incremento en parámetros agronómicos como altura de planta, número de hojas y biomasa vegetal (Mendoza, 2019).

#### **2.2.3.4 Estrés vegetal y respuesta de las plantas**

Las plantas están constantemente expuestas a diferentes tipos de estrés ambiental, como déficit hídrico, altas temperaturas, salinidad o deficiencias nutricionales, factores que pueden alterar su metabolismo y limitar su crecimiento y productividad. Frente a estas condiciones adversas, las plantas desarrollan diversos mecanismos fisiológicos y bioquímicos que les permiten adaptarse, tales como la activación de sistemas antioxidantes, la regulación hormonal y la síntesis de compuestos protectores que contribuyen a mantener la integridad celular (Mendoza, 2019).

En este contexto, los bioestimulantes desempeñan un papel importante en la mitigación del estrés vegetal, ya que pueden activar mecanismos de defensa y mejorar la eficiencia fisiológica de las plantas. Diversos estudios han demostrado que la aplicación de bioestimulantes favorece la absorción de nutrientes, incrementa la actividad fotosintética y fortalece los sistemas antioxidantes, lo que permite a las plantas tolerar mejores condiciones ambientales desfavorables y mantener su crecimiento y desarrollo (Rouphael & Colla, 2020).

## **2.2.4 Variables agronómicas evaluadas en el cultivo de espinaca**

La evaluación de variables agronómicas constituye una herramienta fundamental para analizar la respuesta fisiológica y productiva de los cultivos frente a diferentes tratamientos agronómicos. En el caso de la espinaca (*Spinacia oleracea* L.), la medición de parámetros como altura de planta, número de hojas, área foliar y acumulación de biomasa permite determinar el comportamiento vegetativo y el rendimiento del cultivo bajo distintas condiciones de manejo (Mondino et al., 2017). Estas variables reflejan la capacidad de la planta para interceptar radiación solar, realizar procesos fotosintéticos y transformar los nutrientes absorbidos en biomasa vegetal, aspectos que influyen directamente en la productividad del cultivo (Di Mola et al., 2020).

### **2.2.4.1 Altura de la planta (cm)**

La altura de planta es una variable morfológica ampliamente utilizada en estudios agronómicos para evaluar el vigor y crecimiento del cultivo. Este parámetro refleja la capacidad de la planta para desarrollar su estructura vegetativa como resultado de la interacción entre factores genéticos, nutricionales y ambientales (Colorado et al., 2013). En cultivos hortícolas de hojas como la espinaca, una mayor altura suele estar asociada con un crecimiento vegetativo más vigoroso y una mayor capacidad de interceptación de luz, lo que favorece la producción de biomasa foliar.

### **2.2.4.2 Número de hojas**

El número de hojas constituye un indicador importante del crecimiento vegetativo, ya que refleja la capacidad de la planta para producir superficie fotosintética activa. En cultivos de espinaca, esta variable está estrechamente relacionada con el rendimiento comercial, debido a que las hojas representan el principal órgano de cosecha (Mondino et al., 2017). Un mayor número de hojas generalmente indica una mayor capacidad fotosintética y, por tanto, una mayor acumulación de biomasa vegetal.

### **2.2.4.3 Área foliar ( $cm^2$ )**

El área foliar representa la superficie total de hojas desarrolladas por la planta y constituye un indicador clave de la capacidad fotosintética del cultivo. Este parámetro permite estimar la eficiencia con la que la planta intercepta la radiación solar y la transforma en energía química mediante el proceso fotosintético (Franzoni et al., 2022). En la espinaca, el desarrollo de una mayor área foliar se relaciona con incrementos en la producción de biomasa y en el rendimiento final del cultivo.

### **2.2.4.4 Peso fresco (g)**

El peso fresco corresponde a la biomasa total de la planta en el momento de la cosecha, incluyendo el contenido de agua presente en los tejidos vegetales. Esta variable es ampliamente utilizada en estudios agronómicos para evaluar el rendimiento de cultivos hortícolas de hojas, debido a que refleja el crecimiento y la acumulación de tejido vegetal durante el ciclo del cultivo (Riaño et al., 2019).

### **2.2.4.5 Peso seco (g)**

El peso seco representa la cantidad de biomasa vegetal obtenida después de eliminar el contenido de agua de los tejidos mediante procesos de secado. Esta variable permite evaluar con mayor precisión la acumulación real de materia orgánica producida por la planta durante su desarrollo, constituyendo un indicador del crecimiento fisiológico del cultivo (Bulgari et al., 2019).

## **2.2.5 Calidad nutricional y sanidad del cultivo**

### **2.2.5.1 Propiedades nutricionales**

La espinaca (*Spinacia oleracea* L.) constituye una hortaliza de elevada densidad nutricional debido a su considerable aporte de minerales esenciales como hierro, calcio, magnesio y potasio, así como vitaminas liposolubles e hidrosolubles, entre ellas A, C y K, además de compuestos bioactivos con capacidad antioxidante como carotenoides, luteína y flavonoides (Bulgari et al., 2019; Voutsinos et al., 2024). La concentración de estos nutrientes está estrechamente vinculada con la dinámica de absorción de agua y elementos minerales por el sistema radicular, la actividad

fotosintética y la síntesis de metabolitos secundarios que se intensifican durante el crecimiento vegetativo activo, etapa en la que se produce mayor acumulación de biomasa foliar (Franzoni et al., 2022).

Diversas investigaciones reportan que prácticas de manejo adecuadas, incluyendo la incorporación de bioestimulantes, favorecen la eficiencia en el uso de nutrientes, incrementan el contenido de clorofila y estimulan la producción de compuestos antioxidantes, repercutiendo positivamente tanto en el rendimiento como en la calidad nutricional del producto cosechado (Cozzolino et al., 2021).

A partir del estudio reciente de El Nakhel et al. (2022), quienes evaluaron el efecto de bioestimulantes en espinaca bajo condiciones de estrés salino, se reportaron cambios significativos en la composición nutricional y bioquímica de las hojas. Con base en sus resultados, de tal manera que la Tabla 4 muestra una síntesis de las propiedades nutricionales de la espinaca con aplicación de bioestimulantes.

**Tabla 4**

*Propiedades nutricionales con aplicación de bioestimulantes*

Componente	Unidad	Sin bioestimulante	Con bioestimulante
Clorofila total	mg g <sup>-1</sup> peso fresco	1.62	1.95
Vitamina C (Ácido ascórbico)	mg 100 g <sup>-1</sup> PF	28.4	34.7
Fenoles totales	mg GAE g <sup>-1</sup> PF	1.85	2.31
Actividad antioxidante (DPPH)	% inhibición	41.3	52.6
Nitrógeno foliar	% MS	3.4	3.9
Peso fresco de hojas	g planta <sup>-1</sup>	72.5	89.8

*Nota.* PW = peso fresco; GAE = equivalentes de ácido gálico; TE = equivalentes de Trolox. Los valores corresponden a hojas de *Spinacia oleracea* L. Adaptado de El Nakhel et al. (2022).

### 2.2.5.2 Indicadores de calidad

En hortalizas de hoja, la calidad comercial está asociada a características visuales y estructurales que determinan su aceptación en el mercado (Reyna, 2025). Entre los principales indicadores destacan:

- ✓ Color verde intenso y uniforme, relacionado con el contenido de clorofila.
- ✓ Turgencia y firmeza de hojas, indicativas de frescura.
- ✓ Ausencia de daños mecánicos o fitosanitarios.
- ✓ Uniformidad en tamaño y forma.

### 2.2.5.3 Plagas y enfermedades de la espinaca

La espinaca, por ser un cultivo de crecimiento rápido y follaje tierno, es susceptible al ataque de insectos y patógenos que afectan tanto la etapa de establecimiento como el desarrollo vegetativo. La incidencia de estos problemas fitosanitarios está estrechamente relacionada con factores ambientales, especialmente la humedad y la temperatura, así como con prácticas inadecuadas de manejo agronómico. Según Benito (2020) y la INIA (2001, 2002); las principales plagas y enfermedades de la *Spinacia oleracea* son las siguientes:

#### 2.2.5.3.1 Principales plagas de la espinaca.

Durante las primeras fases del cultivo, la espinaca puede ser afectada por larvas de lepidópteros del suelo, principalmente de los géneros *Feltia* y *Agrotis*. Estos insectos actúan cortando el tallo de las plántulas a ras del suelo o consumiendo tejido foliar joven, lo que ocasiona pérdidas en la densidad de plantas y des uniformidad en el desarrollo del cultivo. Su presencia suele incrementarse en suelos con abundante materia orgánica o con preparación inadecuada. Otra plaga relevante es la mosca minadora (*Liriomyza huidobrensis*), cuyo ciclo biológico incluye una fase larval que se desarrolla dentro del tejido foliar. Las galerías formadas en las hojas reducen la superficie fotosintética y afectan la calidad comercial del producto.

### **2.2.5.3.2 Principales enfermedades de la espinaca.**

Entre las enfermedades que afectan la etapa de establecimiento se encuentra el complejo conocido como “chupadera” o mal del almácigo, asociado a hongos del suelo como *Rhizoctonia solani* y especies de *Fusarium*. Estos patógenos provocan necrosis en la base del tallo, debilitamiento estructural y caída de las plántulas. Las condiciones de humedad excesiva y drenaje deficiente favorecen su desarrollo. El mildiu, causado por *Peronospora effusa*, es una enfermedad foliar que se presenta con mayor intensidad en ambientes húmedos y temperaturas bajas. Se caracteriza por la aparición de áreas amarillentas en la parte superior de la hoja y una esporulación grisácea en el envés. Por su parte, la *cercosporiosis*, originada por *Cercospora beticola*, se desarrolla en condiciones cálidas y húmedas. Produce lesiones circulares bien delimitadas que pueden confluir y ocasionar caída prematura del follaje.

### **2.2.6 Sustento científico de los bioestimulantes vegetales evaluados**

#### **2.2.6.1 T1: Extracto de Eucalipto (*Eucalyptus globulus*) + Romero (*Rosmarinus officinalis*).**

El extracto de eucalipto presenta un sustento técnico relevante como bioestimulante vegetal debido a la presencia de metabolitos secundarios con actividad fisiológica comprobada, está señalado que los extractos de eucalipto estimulan el crecimiento y fortalecen la resistencia de las plantas frente a agentes bióticos (Yañez, 2017). Desde el punto de vista químico, el eucalipto constituye uno de los compuestos predominantes, que pueden ejercer efectos moduladores sobre el metabolismo vegetal. Estos compuestos estimulan el crecimiento de las plantas, fortalecen sus defensas naturales y ayudan a disminuir los efectos negativos del estrés (Steffen et al., 2013). Por esta razón, es una alternativa viable que busca una producción más sostenible y con menor dependencia de insumos químicos.

Mientras tanto, extractos de romero favorecen procesos fisiológicos relacionados con la nutrición y el crecimiento vegetal (Giulia & Ferrante, 2019). La

incorporación en prácticas agrícolas mejora la eficiencia en el aprovechamiento de nutrientes y contribuye al vigor de las plantas (Cortez, 2025).

#### **2.2.6.2 T2: Extracto de Ortiga (*Urtica dioica*) + Cola de caballo (*Equisetum arvense*).**

Los extractos de (*Urtica dioica*) se consideran una alternativa relevante en agricultura sostenible debido a su aporte de minerales, compuestos fenólicos y metabolitos con actividad fisiológica. Su aplicación contribuye a mejorar la fertilidad del suelo, fortalecer los tejidos vegetales y favorecer un desarrollo más vigoroso, reduciendo la necesidad de insumos químicos (Murillo & Haro, 2024). Además, se les atribuye un efecto protector frente a patógenos y factores de estrés ambiental, lo que incrementa la resiliencia de los cultivos (Maričić et al., 2022).

Diversas investigaciones reportan que el extracto de ortiga estimula el crecimiento en especies hortícolas, incrementando biomasa y parámetros vegetativos, posiblemente por su contenido de auxinas y nitrógeno orgánico (Vega et al., 2015). Del mismo modo, la cola de caballo es rica en minerales como el silicio y contiene compuestos con acción antifúngica. Su uso fortalece las paredes celulares de las plantas, ayudando a prevenir la entrada de patógenos desde la germinación y durante su crecimiento (Farias, 2019).

#### **2.2.6.3 T3: Extracto de ajo (*Allium sativum*) + Cebolla (*Allium cepa*) + Ají (*Capsicum spp.*).**

La aplicación de extractos acuosos derivados de especies del género *Allium*, especialmente ajo y cebolla, ha demostrado efectos positivos en el crecimiento y desarrollo de plantas hortícolas, evidenciándose incrementos en altura, área foliar, diámetro de tallo y biomasa fresca y seca cuando se emplean mediante pulverización foliar o fertirrigación (Falcón, 2024). Estos efectos se atribuyen a la presencia de compuestos bioactivos como vitaminas, flavonoides, compuestos fenólicos, carbohidratos y, principalmente, compuestos organosulfurados generados tras la ruptura de los tejidos vegetales, los cuales participan en mecanismos de defensa y estimulación fisiológica (Hayat et al., 2018). Asimismo, se ha reportado que los

extractos de ajo pueden mejorar el rendimiento y la calidad de los cultivos, además de activar sistemas antioxidantes en las plantas, relacionados con enzimas, que intervienen en procesos de resistencia a estrés y fortalecimiento estructural (Ali et al., 2019).

No obstante, existe escasa evidencia científica sobre el uso del ají (*Capsicum spp.*) como bioestimulante vegetal, pese a que en la práctica agrícola tradicional suele incorporarse en preparados. Los agricultores lo emplean por su contenido en compuestos bioactivos, asociados de manera empírica con efectos protectores y estimulantes en los cultivos, lo que evidencia la necesidad de investigaciones que validen su eficacia bajo condiciones controladas.

#### **2.2.6.4 T4: Extracto de Ruda (*Ruta graveolens*).**

La planta (*Ruta graveolens*) contiene una amplia diversidad de compuestos bioactivos, entre los que destacan alcaloides, cumarinas, flavonoides y aceites esenciales, asociados con propiedades antifúngicas y antimicrobianas. Estos metabolitos pueden interferir en la germinación y el crecimiento de organismos patógenos, además de ejercer efectos repelentes sobre plagas, lo que favorece la sanidad vegetal (Reyes et al., 2014).

Asimismo, se ha reportado que formulaciones elaboradas con extractos de ruda pueden contribuir al desarrollo de las plantas y a la mejora de las condiciones del suelo, evidenciando un potencial relevante en la elaboración de bioinsumos agrícolas sostenibles (Guarnizo et al., 2024). En particular, extractos hidroalcohólicos de sus hojas han mostrado eficacia insecticida significativa, comparable a productos químicos convencionales, lo que respalda su posible aplicación como alternativa ecológica en sistemas productivos (Suárez, 2025).

## **2.3 Definición de términos**

### **2.3.1 Bioestimulantes**

Los bioestimulantes son sustancias o microorganismos aplicados a las plantas con el propósito de estimular procesos fisiológicos naturales, mejorar la absorción de nutrientes y aumentar la tolerancia al estrés, independientemente de su contenido nutricional (du Jardin, 2015).

### **2.3.2 Tratamiento**

El tratamiento se refiere a cada condición o manejo aplicado dentro de un experimento para evaluar su efecto sobre las variables estudiadas y comparar sus resultados mediante análisis estadístico (Hernández & Mendoza, 2019).

### **2.3.3 Extracto vegetal**

Preparación obtenida a partir de tejidos de plantas mediante procesos de maceración, fermentación o lixiviación, con el fin de extraer compuestos bioactivos que influyrn en el crecimiento y desarrollo de cultivos (Suárez, 2025).

### **2.3.4 Crecimiento vegetativo**

El crecimiento vegetativo corresponde al incremento en tamaño y desarrollo de los órganos vegetativos de la planta, como hojas y tallos, producto de procesos fisiológicos de división y expansión celular (Voutsinos et al., 2024).

### **2.3.5 Rendimiento**

Se define como la cantidad de biomasa o producto cosechado obtenido por planta o por unidad de superficie al final del ciclo del cultivo (FAO, 2024).

### **2.3.6 Área foliar ( $cm^2$ )**

El área foliar es la superficie total de las hojas de una planta, la cual está directamente relacionada con la capacidad fotosintética y la producción de biomasa (Muller & Borsch, 2005).

### **2.3.7 Altura de planta (cm)**

Parámetro agronómico que mide la distancia desde la base del tallo hasta el ápice de la planta y se utiliza como indicador del crecimiento vegetativo (Astete, 2024).

### **2.3.8 Número de hojas**

Corresponde a la cantidad total de hojas desarrolladas por una planta en una etapa determinada del crecimiento, indicador que refleja el vigor y desarrollo vegetativo del cultivo (Muller & Borsch, 2005).

### **2.3.9 Peso fresco (g)**

Se refiere al peso de la biomasa vegetal inmediatamente después de la cosecha, incluyendo contenido de agua presente en tejidos de la planta (Sangay, 2022).

### **2.3.10 Peso seco (g)**

Corresponde al peso de la materia vegetal después de eliminar el contenido de agua mediante procesos de secado, permitiendo determinar la acumulación real de biomasa (Alanya, 2024).

### **2.3.11 Aplicación foliar**

Técnica agronómica que consiste en aplicar nutrientes o bioestimulantes directamente sobre las hojas para favorecer su absorción y estimular procesos fisiológicos del crecimiento vegetal (du Jardin, 2015).

### **2.3.12 Maceta**

Recipiente que contiene el sustrato donde se desarrolla el sistema radicular de la planta, utilizado en experimentos agrícolas para controlar condiciones de crecimiento y evaluar tratamientos de manera precisa (Valenzuela, 2016).

### **2.3.13 *Spinacia oleracea* L.**

La espinaca es una planta hortícola anual cultivada por sus hojas comestibles, rica en vitaminas, minerales y compuestos antioxidantes, ampliamente utilizada en la alimentación humana (Rouphael & Colla, 2020).

### **2.3.14 Estrés vegetal**

Condición fisiológica que ocurre cuando las plantas son expuestas a factores ambientales adversos como sequía, salinidad, temperaturas extremas o deficiencias nutricionales, afectando su crecimiento y metabolismo (Riaño et al., 2019).

### **2.3.15 Fotosíntesis**

Proceso fisiológico mediante el cual las plantas convierten la energía luminosa en energía química, produciendo compuestos orgánicos a partir de dióxido de carbono y agua (Pulido & Rincón, 2024).

### **2.3.16 Cultivos hortícolas**

Plantas cultivadas intensivamente para la producción de alimentos, principalmente hortalizas, frutas y plantas aromáticas destinadas al consumo humano (Quispe, 2025).

### **2.3.17 Producción sostenible**

Sistema de producción agrícola que busca satisfacer las necesidades alimentarias actuales sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones, utilizando prácticas que conservan los recursos naturales (Cortez, 2025).

### **2.3.18 Días después de la siembra (DDS)**

Representan la unidad de tiempo utilizada en investigaciones agronómicas para indicar el desarrollo cronológico del cultivo desde la siembra hasta las diferentes etapas de evaluación (Mendoza, 2019).

## CAPÍTULO III

### METODOLOGÍA

#### 3.1 Tipo y nivel de investigación

##### 3.1.1 Enfoque de la investigación

La investigación presenta un enfoque cuantitativo, debido a que se basa en la medición de variables agronómicas del cultivo de espinaca (*Spinacia oleracea* L.), tales como altura de planta (cm), número de hojas, área foliar ( $cm^2$ ), peso fresco (g) y el peso seco (g), cuyos datos fueron analizados mediante procedimientos estadísticos para determinar diferencias entre tratamientos (Hernández & Mendoza, 2019).

##### 3.1.2 Tipo de investigación

La investigación es de tipo aplicada, ya que busca generar conocimientos orientados a la solución de un problema específico relacionado con la mejora del rendimiento y comportamiento agronómico del cultivo de espinaca mediante el uso de bioestimulantes de origen vegetal. Este tipo de investigación se caracteriza por aplicar principios científicos para resolver problemas prácticos en contextos productivos (Hernández & Mendoza, 2019).

##### 3.1.3 Nivel de investigación

El estudio corresponde a un nivel explicativo/experimental, debido a que pretende determinar el efecto de diferentes bioestimulantes sobre el crecimiento y comportamiento agronómico del cultivo de espinaca. Las investigaciones explicativas buscan establecer relaciones de causa y efecto entre variables mediante la manipulación controlada de factores experimentales (Ato et al., 2013).

### 3.1.4 Diseño de investigación

Se utilizó un Diseño Completamente al Azar (DCA), en el cual las unidades experimentales fueron asignadas aleatoriamente a los tratamientos, garantizando igualdad de condiciones y minimizando la influencia de factores externos (Ato et al., 2013). La Tabla 5 muestra la distribución de los tratamientos con las repeticiones utilizadas en la investigación y en la Tabla 6 los tratamientos utilizados.

### 3.1.5 Distribución experimental

**Tabla 5**

*Distribución experimental utilizada en la investigación*

Tratamientos					
T4	T2	T3	T1	T2	T1
T1	T3	T4	T2	T4	T3
T2	T4	T1	T3	T2	T1
T3	T1	T2	T4	T4	T3

*Nota.* El experimento se estableció con 4 tratamientos (T1, T2, T3 y T4) y 6 repeticiones por tratamiento, bajo un Diseño Completamente al Azar (DCA), garantizando la validez estadística del estudio.

### 3.1.6 Características del área experimental

El experimento se realizó en condiciones de maceta en la localidad de Huanta, bajo condiciones que permitieron el adecuado establecimiento y desarrollo del cultivo de espinaca (*Spinacia oleracea* L.). El ensayo se condujo considerando un distanciamiento adecuado entre plantas y una distribución experimental acorde al

diseño completamente al azar. Las principales características del área experimental se presentan a continuación:

Número de plantas/maceta:	1
Número de plantas a evaluar:	24
Número de tratamientos:	4
Número de repeticiones:	6

### 3.1.7 Análisis estadístico de datos

Los datos obtenidos durante las evaluaciones fueron registrados y organizados en tablas para su posterior análisis estadístico. Para determinar el efecto de los tratamientos sobre las variables evaluadas se aplicó un Diseño Completamente al Azar (DCA), debido a que las unidades experimentales presentaron condiciones homogéneas y los tratamientos fueron asignados aleatoriamente.

El análisis de los datos se realizó mediante Análisis de Varianza con el propósito de identificar diferencias significativas entre los tratamientos evaluados. Cuando se detectaron diferencias estadísticas, se aplicaron pruebas de comparación de medias Tukey al nivel de significancia al 0.05, para establecer la diferencia entre tratamientos.

El modelo aditivo lineal correspondiente al Diseño Completamente al Azar se expresa de la siguiente manera:

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

Donde:

$y_{ij}$  = observación de la  $j$ -ésima repetición del tratamiento  $i$

$\mu$  = media general poblacional (constante).

$\tau_i$  = efecto del  $i$ -ésimo tratamiento ( $i = 1..4$ ). Es la desviación de la media general debida al tratamiento  $i$

$\varepsilon_{ij}$  = error experimental aleatorio asociado a la observación  $y_{ij}$ .

### 3.1.8 Composición de los bioestimulantes evaluados en el experimento.

**Tabla 6**

*Tratamientos utilizados en el trabajo de investigación*

TRATAMIENTOS	DESCRIPCIÓN
<p><b>T1</b> = Extracto de Eucalipto (<i>Eucalyptus globulus</i>) + Romero (<i>Rosmarinus officinalis</i>)</p>	<p><b>Ingredientes:</b> 200 g de hojas frescas de eucalipto, 200 g de hojas frescas de romero, 2 litros de agua limpia (no clorada), 20 ml de jabón potásico o neutro (coadyuvante); <b>Dosis:</b> 100 ml/L de agua para aspersión foliar; <b>Frecuencia:</b> cada 10 días.</p>
<p><b>T2</b> = Extracto de Ortiga (<i>Urtica dioica</i>) + Cola de caballo (<i>Equisetum arvense</i>)</p>	<p><b>Ingredientes:</b> 500 g de hojas frescas de ortiga, 300 g de tallos frescos de cola de caballo, 10 litros de agua no clorada, 50 g de melaza o azúcar rubia (fuente de C para fermentación); <b>Dosis:</b> 75 ml/L de agua; <b>Frecuencia:</b> cada 10 días.</p>
<p><b>T3</b> = Extracto de Ajo (<i>Allium sativum</i>) + Cebolla (<i>Allium cepa</i>) + Ají (<i>Capsicum spp.</i>)</p>	<p><b>Ingredientes:</b> 200 g de ajo pelado, 200 g de cebolla, 50 g de ají picante (rocoto o cayena), 1 litro de agua, 50 ml de alcohol etílico o vinagre (extractante); <b>Dosis:</b> 100 ml/L de agua (foliar). <b>Frecuencia:</b> cada 10 días.</p>
<p><b>T4</b> = Extracto de Ruda (<i>Ruta graveolens</i>)</p>	<p><b>Ingredientes:</b> 300 g de hojas frescas de ruda, 1 litro de agua, 100 ml de alcohol al 30% o vinagre de manzana, 1 cucharadita (5 ml) de jabón neutro (opcional, como adherente); <b>Dosis:</b> 75 ml/L de agua; <b>Frecuencia:</b> cada 10 días.</p>

### 3.1.9 Variables evaluadas

#### 3.1.9.1 Evaluación vegetativa

Para determinar el efecto de los bioestimulantes en el crecimiento del cultivo de espinaca (*Spinacia oleracea* L.), se evaluaron diferentes variables vegetativas relacionadas con el desarrollo de la planta.

**Número de hojas por planta:** Se realizó el conteo directo del número total de hojas completamente desarrolladas en cada planta evaluada. Las evaluaciones se efectuaron en cinco momentos del ciclo del cultivo: a los 31, 41, 50, 55 y 60 DDS, registrándose un total de 24 datos correspondientes a las plantas evaluadas.

**Altura de la planta (cm):** La altura de planta se midió desde la base del tallo, a nivel del sustrato, hasta el ápice de la hoja de mayor longitud. Para esta medición se utilizó una regla milimétrica, registrándose los datos en centímetros (cm). Las evaluaciones se realizaron en las mismas fechas establecidas para el número de hojas (31, 41, 50, 55 y 60 DDS).

#### 3.1.9.2 Evaluación del rendimiento

Para determinar la productividad del cultivo de espinaca (*Spinacia oleracea* L.) se evaluaron variables relacionadas con la producción de biomasa al momento de la cosecha.

**Peso fresco por planta (g):** El peso fresco se determinó en el momento de la cosecha, realizada el 14 de enero del 2026 a los 60 DDS. Cada planta fue cosechada en estado comercial y pesada utilizando una balanza digital de precisión, registrándose los datos en gramos por planta ( $\text{g planta}^{-1}$ ).

#### 3.1.9.3 Evaluación postcosecha

**Área foliar ( $\text{cm}^2$ ):** El área foliar se determinó mediante análisis digital utilizando el software ImageJ (<https://imagej.net/ij/>). Para ello, se recolectaron hojas representativas de cada unidad experimental, las cuales fueron fotografiadas sobre una superficie plana con una escala de referencia. Posteriormente, las imágenes

fueron procesadas en el software para calcular el área foliar, expresándose los resultados en centímetros cuadrados (cm<sup>2</sup>).

**Peso seco (g):** Para determinar el peso seco, las muestras vegetales fueron colocadas en una estufa de secado a 70 °C durante 48 horas, hasta alcanzar peso constante, procedimiento adecuado para hortalizas de hoja (Colorado et al., 2013). Posteriormente, las muestras fueron pesadas en una balanza digital, registrándose los resultados en gramos.

## **3.2 Ámbito temporal y espacial**

### **3.2.1 Ámbito temporal**

La presente investigación se desarrolló durante la campaña experimental 2025–2026, con una duración total de seis meses (157 días), iniciando en el mes de octubre y culminando en el mes de marzo. Durante este periodo se ejecutaron las diferentes etapas del estudio, comprendiendo la instalación del experimento, siembra del cultivo, manejo agronómico, aplicación de los bioestimulantes, cosecha, evaluación de las variables agronómicas, así como el procesamiento, análisis e interpretación de los datos obtenidos en gabinete.

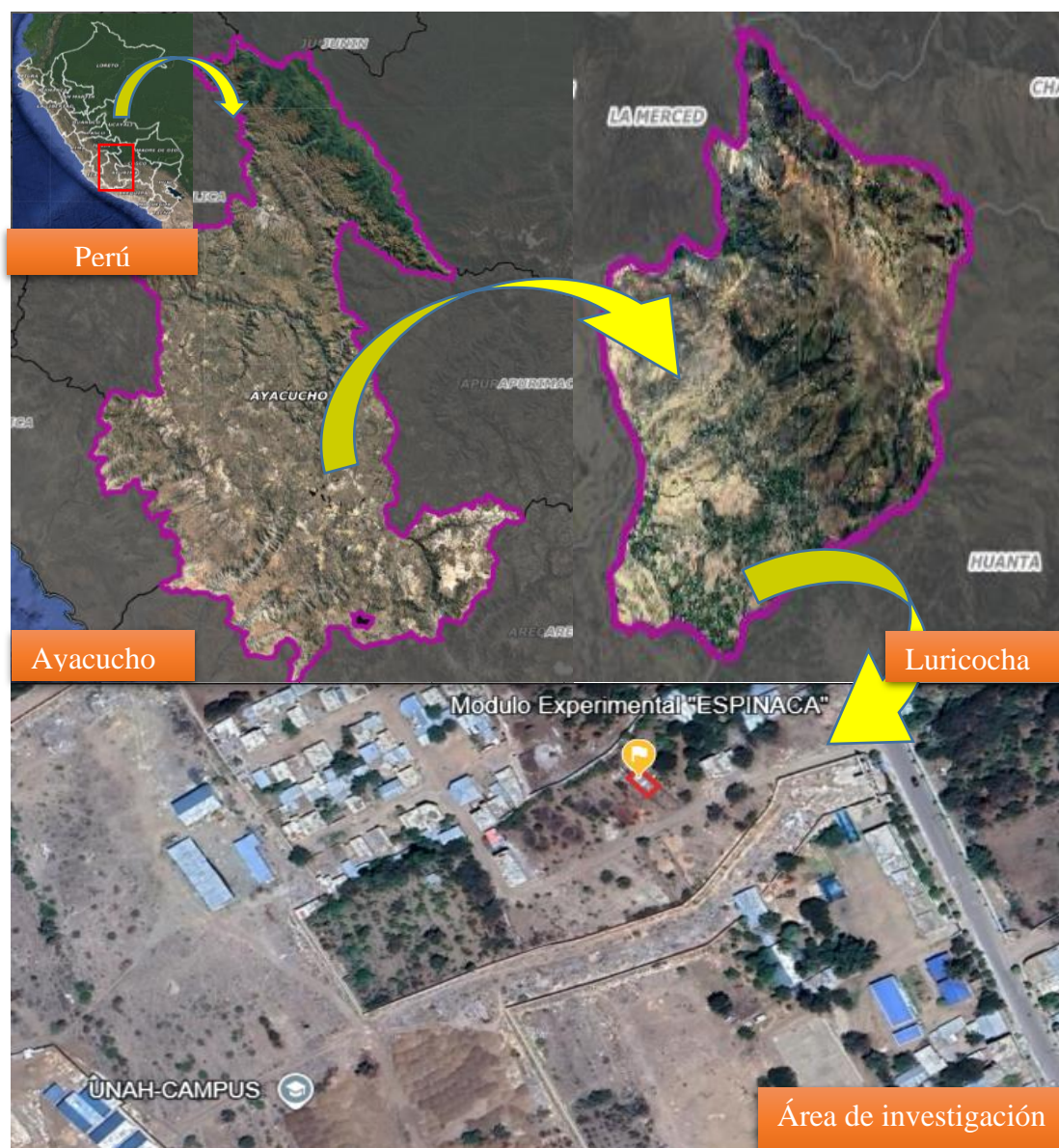
### **3.2.2 Ámbito espacial**

La presente investigación se desarrolló en el distrito de Luricocha, provincia de Huanta, región Ayacucho, Perú, específicamente en un ambiente controlado destinado a la conducción del cultivo en condiciones de maceta. El área experimental se localiza en las coordenadas geográficas 12°54'22.46" de latitud Sur y 74°16'19.33" de longitud Oeste, registradas mediante el sistema de georreferenciación "Google Earth", a una altitud aproximada de 2 578,77 msnm Evidenciando la ubicación del estudio en la Figura 1.

El lugar de estudio presenta condiciones agroclimáticas propias de la zona interandina, con temperaturas promedio que oscilan entre 17 y 22 °C, favorables para el desarrollo del cultivo de espinaca (*Spinacia oleracea* L.).

**Figura 1**

*Ubicación geográfica del área experimental*



*Nota:* Obtenido de GeoPerú y Gogle Earth.

### 3.3 Población y muestra

#### 3.3.1 Población

El experimento estuvo conformado por 24 unidades experimentales compuestas por 2 plantas de espinaca (*Spinacia oleracea* L.). con un total de 48 plantas de espinaca, las cuales fueron consideradas para la evaluación de las variables agronómicas.

### 3.3.2 Muestra

Se evaluaron las 48 plantas de espinaca por toda el área experimental.

### 3.3.3 Muestreo

Se empleó un muestreo no probabilístico de tipo censal, debido a que se evaluó la totalidad de las unidades experimentales disponibles en el estudio.

### 3.3.4 Técnica de recolección de datos

Rendimiento:

- Peso fresco (g) = balanza analítica
- Peso seco (g) = balanza analítica
- Número de hojas = conteo

Comportamiento agronómico:

- Altura planta (cm) = regla milimétrica
- Área foliar (cm<sup>2</sup>) = software Imagej

## 3.4 Instrumentos

Para la ejecución del experimento se emplearon diversos materiales, insumos, equipos e instrumentos necesarios para la instalación, manejo agronómico y evaluación de las variables fenológicas y productivas del cultivo de espinaca bajo condiciones controladas.

### 3.4.1 Materiales

- ✓ Macetas plásticas con capacidad aproximada de 20 L
- ✓ Baldes de 5 L y 12 L para los tratamientos
- ✓ Etiquetas plásticas para identificación de tratamientos
- ✓ Regla milimétrica
- ✓ Balanza digital
- ✓ Regaderas manuales
- ✓ Cuaderno de campo para registro de datos

- ✓ Marcadores indelebles
- ✓ Lapiceros
- ✓ Wincha métrica

### **3.4.2 Material genético**

- ✓ Semillas de Espinaca (*Spinacia oleracea* L.), variedad Dinamyte F1.

### **3.4.3 Insumos de campo**

- ✓ Extracto de eucalipto + romero
- ✓ Extracto de ortiga + cola de caballo
- ✓ Extracto de ajo + cebolla + ají
- ✓ Extracto de ruda (*Ruta graveolens*)
- ✓ Jabón neutro (adherente)
- ✓ Melaza (azúcar)
- ✓ Vinagre de manzana
- ✓ Agua no clorada (agua de lluvia)

### **3.4.4 Equipos de gabinete**

- ✓ Laptop
- ✓ Impresora
- ✓ Anillados
- ✓ Folders manila
- ✓ Cámara
- ✓ Estufa

## **3.5 Procedimientos**

### **3.5.1 Análisis de suelo**

Previo a la instalación del experimento, se realizó el análisis físico-químico del suelo empleado como sustrato en las unidades experimentales establecidas en condición de maceta. El suelo fue recolectado de un área abierta representativa del sector Intay, distrito de Luricocha, provincia de Huanta, seleccionándose un sitio

libre de contaminación y residuos superficiales, con el propósito de asegurar uniformidad del material edáfico utilizado. Posteriormente, fue secado al ambiente, homogenizado y tamizado para eliminar materiales gruesos, obteniéndose una muestra compuesta representativa que fue enviada al laboratorio del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) para la determinación de sus propiedades físico-químicas, tales como pH, conductividad eléctrica, materia orgánica, nitrógeno, fósforo y potasio disponible. Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 7, constituyendo la base para la evaluación del efecto de los bioestimulantes aplicados durante el desarrollo experimental.

**Tabla 7**

*Características físico-químicas del material edáfico experimental*

<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Resultado</b>
pH	—	8.1
Conductividad eléctrica	mS/m	18.6
Materia orgánica	%	1.8
Nitrógeno total	%	0.09
Fósforo disponible (Olsen)	mg/kg	6.4
Potasio disponible	mg/kg	885.6
Arena	%	39.33
Limo	%	31.86
Arcilla	%	28.81
Clase textural	—	Franco arcilloso

*Nota.* Análisis de suelo realizado por el Laboratorio de Suelos y Aguas – LABSAF Canaán, Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), 2026.

El material edáfico empleado como medio de cultivo en las unidades experimentales presentó textura franco arcillosa, reacción ligeramente alcalina (pH 8.1), bajo contenido de materia orgánica y niveles moderados de fósforo disponible, así como elevada concentración de potasio, constituyendo estas características el estado nutricional inicial del sustrato utilizado en condiciones de maceta. Considerando la naturaleza alcalina del suelo y con el propósito de mejorar sus propiedades físicas, químicas y biológicas, se incorporó estiércol de cuy previamente descompuesto como fuente de materia orgánica, favoreciendo la

disponibilidad de nutrientes y la actividad microbiana del medio de cultivo sin generar incrementos significativos del pH.

Posteriormente, se realizó la mezcla homogénea del material edáfico con estiércol de cuy en una proporción aproximada de 3:1 (75 % suelo y 25 % estiércol), proporción recomendada por ATTRA (2007), para mejorar la estructura, porosidad y retención de humedad del sustrato en cultivos hortícolas establecidos en maceta. Labor que se realizó el 5 al 7 de noviembre del 2025.

### **3.5.2 Elección del área experimental**

La selección del área experimental se realizó el 23 de octubre del 2025, considerando criterios de accesibilidad, disponibilidad de espacio, fue seleccionada considerando condiciones que permitieran el desarrollo del cultivo bajo manejo controlado en condición de maceta. El ensayo se estableció en el sector Intay, distrito de Luricocha, provincia de Huanta, región Ayacucho, específicamente en el techo de una vivienda, el cual presentó facilidad de acceso para el monitoreo permanente del experimento.

La elección de este espacio permitió implementar el cultivo de espinaca (*Spinacia oleracea* L.) en macetas dentro de un ambiente controlado, reduciendo la influencia de factores edáficos propios del campo abierto y asegurando uniformidad en las condiciones de crecimiento de todas las unidades experimentales. Asimismo, esta ubicación favoreció el manejo agronómico eficiente y la correcta aplicación de los tratamientos evaluados.

### **3.5.3 Preparación del área experimental**

La preparación del área experimental se realizó mediante el acondicionamiento del techo destinado a la instalación del ensayo en condiciones de maceta. Inicialmente, se efectuó el trabajo desde el 24 y 25 de octubre del 2025 comenzando con la limpieza adecuada para la distribución de las unidades experimentales.

Posteriormente, se construyó una estructura de protección utilizando columnas elaboradas con palos de madera resistentes, las cuales fueron fijadas mediante alambres y clavos para asegurar su estabilidad. Sobre esta estructura se

instaló malla Raschel, con la finalidad de regular la incidencia directa de la radiación solar, disminuir el impacto de precipitaciones y proteger las macetas frente a variaciones climáticas externas. Las macetas fueron distribuidas según el Diseño Completamente al Azar (DCA), manteniendo distancias uniformes entre unidades experimentales para evitar dificultad en las labores de manejo, evaluación y recolección de datos durante el desarrollo del cultivo.

#### **3.5.4 Instalación**

La instalación del experimento se llevó a cabo entre el 26 de octubre y el 11 de noviembre del 2025, periodo durante el cual se realizó la adecuación del área experimental ubicada en condición de techo, así como la preparación de las unidades experimentales en macetas de 20 L de capacidad. Durante esta etapa se efectuó la perforación de los baldes, pintado para una adecuada uniformización, así como también, la colocación de una capa basal de piedras pequeñas con la finalidad de mejorar la aireación y facilitar el drenaje del agua.

#### **3.5.5 Siembra**

La siembra se realizó el 15 de noviembre del 2025, mediante el trasplante de plántulas de la variedad Dynamite F1 previamente germinadas, las cuales presentaban 14 días de desarrollo vegetativo y adecuado vigor fisiológico. En cada unidad experimental se habilitaron dos orificios de siembra, estableciendo un distanciamiento de 20 cm entre plantas, con la finalidad de asegurar suficiente espacio para el crecimiento foliar y adecuado aprovechamiento de luz, agua y nutrientes. En cada orificio se colocaron dos plántulas, garantizando uniformidad poblacional dentro de las macetas experimentales. Posteriormente, se efectuó una ligera compactación del material edáfico para favorecer el contacto suelo-raíz y reducir el estrés postrasplante. El distanciamiento empleado se encuentra dentro de los rangos recomendados para el cultivo de espinaca en sistemas intensivos, donde separaciones entre 15 y 25 cm permiten un óptimo desarrollo vegetativo y rendimiento del cultivo, según (Mejía, 2024).

#### **3.5.6 Riego**

El riego se inició inmediatamente después de la siembra, efectuándose los días 15 y 16 de noviembre del 2025 con la finalidad de asegurar la humedad óptima

del medio de cultivo y favorecer el proceso de germinación. La aplicación del agua se realizó de manera manual en forma de lluvia fina con la finalidad de evitar encharcamientos y favoreciendo una adecuada aireación radicular, evitando excesos hídricos que pudieran generar lixiviación de nutrientes o condiciones de saturación. Posteriormente, el riego fue manejado interdiario en horas de la mañana.

### 3.5.7 Preparación de los bioestimulantes vegetales

La preparación de los bioestimulantes se efectuó el 5 de diciembre del 2025 mediante la elaboración de extractos vegetales obtenidos a partir de especies seleccionadas con propiedades nutricionales propias para un bioestimulantes. El proceso consistió en la recolección, selección y trituración del material vegetal, seguido de su fermentación controlada de 24 y 48 horas y el tratamiento 2 con hasta 10 días de fermentación, colocados en recipientes herméticos con agua previamente hervida, permitiendo la liberación de compuestos orgánicos, minerales y metabolitos secundarios. Posteriormente, los extractos fueron filtrados y almacenados en condiciones adecuadas hasta su aplicación en el cultivo, garantizando la estabilidad y efectividad de los bioinsumos empleados en el experimento.

Las dosis aplicadas se establecieron considerando rangos reportados en investigaciones previas sobre bioestimulantes en cultivos hortícolas (Incio, 2019). En la Tabla 8 se detalla la composición de los bioestimulantes utilizados en el experimento.

**Tabla 8**

*Composición de los bioestimulantes aplicados a la espinaca (*Spinacia oleracea* L.)*

Tratamientos	Extractos / Ingredientes	Dosis de aplicación	Frecuencia
<b>T1</b>	Eucalipto (200 g) + Romero (200 g) + 2 L agua + 20 ml jabón neutro	100 ml/L de agua (radicular y foliar)	10 días
<b>T2</b>	Ortiga (500 g) + Cola de caballo (300 g) + 10 L agua + 50 g melaza	75 ml/L de agua (radicular y foliar)	10 días

<b>Tratamientos</b>	<b>Extractos / Ingredientes</b>	<b>Dosis de aplicación</b>	<b>Frecuencia</b>
<b>T3</b>	Ajo (200 g) + Cebolla (200 g) + Ají (50 g) + 1 L agua + 50 ml alcohol o vinagre	100 ml/L de agua (radicular y foliar)	10 días
<b>T4</b>	Ruda (300 g) + 1 L agua + 100 ml alcohol 30% o vinagre + 5 ml jabón neutro (opcional)	75 ml/L de agua (radicular y foliar)	10 días

*Nota.* Bioestimulantes enviados a un análisis físico-químico en el laboratorio del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), 2026; previo a su aplicación en el cultivo de espinaca en condiciones de maceta.

### **Interpretación de los análisis realizados**

- ❖ **Potencial de hidrógeno (pH):** El análisis de pH permitió determinar el grado de acidez o alcalinidad de los bioestimulantes evaluados, registrándose valores comprendidos entre 4,0 y 6,7, lo que evidencia soluciones de carácter ácido a ligeramente ácido. Es importante precisar que los valores reportados corresponden a los extractos vegetales en estado concentrado; sin embargo, previo a su aplicación, estos fueron diluidos en agua no clorada según la dosis establecida, lo cual generó una modificación del pH final de la solución aplicada, acercándolo a condiciones más próximas a la neutralidad y evitando posibles efectos adversos sobre el cultivo de espinaca establecido en maceta.
- ❖ **Conductividad eléctrica (C.E.):** La conductividad eléctrica evaluó la concentración de sales solubles presentes en los extractos vegetales. Los valores registrados fueron bajos a moderados, indicando que los bioestimulantes no representan riesgo de salinidad para el cultivo de espinaca, permitiendo su aplicación sin generar estrés osmótico en el sistema radicular.
- ❖ **Contenido de nitrógeno total (N):** El nitrógeno se presentó en concentraciones reducidas pero funcionales, propias de bioestimulantes de origen vegetal. Este elemento participa principalmente en la síntesis de proteínas y en el crecimiento vegetativo, favoreciendo la formación de hojas en cultivos de ciclo corto como la espinaca.

- ❖ Fósforo disponible (P): Los resultados evidenciaron variabilidad en el contenido de fósforo entre tratamientos, destacando el extracto de ajo, cebolla y ají con mayor concentración. El fósforo cumple un rol fundamental en el desarrollo radicular y en los procesos energéticos celulares.
- ❖ Potasio (K): Todos los bioestimulantes presentaron concentraciones importantes de potasio, sobresaliendo el extracto de cola de caballo y ortiga. Este nutriente contribuye a la regulación hídrica, apertura estomática y resistencia fisiológica de las plantas frente a condiciones ambientales adversas.

### 3.5.8 Aplicación de bioestimulantes

La aplicación de los bioestimulantes se realizó el día 06 de diciembre del 2025, empleando las dosis establecidas para cada tratamiento experimental. La aplicación se efectuó cada 10 días con la primera aplicación el 6 de diciembre a los 21 días (DDS); segunda aplicación el 16 de diciembre a los 31 días (DDS), tercera aplicación el 26 de diciembre a los 41 días (DDS), finalizando con la cuarta aplicación el 5 de enero a los 51 días (DDS), mediante riego dirigido en forma de lluvia fina, utilizando regadera manual, con la finalidad de garantizar una distribución homogénea del producto en el sustrato, evitando el exceso de humedad y la compactación del suelo en condiciones de cultivo en maceta.

La aplicación de los bioestimulantes se realizó mediante aspersión foliar siguiendo las dosis y frecuencias establecidas para el experimento. En la Tabla 9 se presenta el esquema de aplicación de los bioestimulantes evaluados.

**Tabla 9**

*Cronograma de aplicación de bioestimulantes en el cultivo de espinaca*

Nº de aplicación	Fecha de aplicación	(DDS)
1	06 de diciembre de 2025	21
2	16 de diciembre de 2025	31
3	26 de diciembre de 2025	41

<b>Nº de aplicación</b>	<b>Fecha de aplicación</b>	<b>(DDS)</b>
4	05 de enero de 2026	51

*Nota.* Las aplicaciones se realizaron cada 10 días utilizando regadera manual, con el objetivo de lograr una distribución uniforme del bioestimulante en el sustrato y evitar el exceso de humedad en el cultivo de espinaca bajo condiciones de maceta.

### **3.5.9 Control de malezas**

El control de malezas se efectuó el 09 de diciembre del 2025 hasta la cosecha, mediante deshierbo manual selectivo en cada unidad experimental, eliminando especies competidoras presentes en las macetas. Esta actividad permitió reducir la competencia por agua, luz y nutrientes, favoreciendo el adecuado crecimiento y desarrollo del cultivo de espinaca.

### **3.5.10 Obtención de datos**

La recolección de datos agronómicos se realizó desde el 16 de diciembre del 2025 hasta el 14 de enero del 2026, contando con 5 registros de datos; iniciando el 16 de diciembre a los 31 DDS, segundo registro el 26 de diciembre a los 41 DDS, tercer registro el 4 de enero del 2026 a los 50 DDS, el cuarto registro el 9 de enero a los 55 DDS y como ultimo registro se realizó en la cosecha el 14 de enero a los 60 DDS; periodo durante el cual se evaluaron las variables fenológicas y productivas del cultivo, siguiendo el cronograma experimental establecido. Las mediciones fueron efectuadas de manera periódica y uniforme en todas las unidades experimentales para garantizar la confiabilidad de los resultados.

El registro de datos se realizó en diferentes momentos del desarrollo del cultivo con el fin de evaluar las variables agronómicas. El detalle de las fechas y DDS se muestra en la Tabla 10

**Tabla 10**

*Cronograma de obtención de datos agronómicos en el cultivo de espinaca*

<b>Nº de registro</b>	<b>Fecha de evaluación</b>	<b>DDS</b>
1	16 de diciembre de 2025	31
2	26 de diciembre de 2025	41

Nº de registro	Fecha de evaluación	DDS
3	04 de enero de 2026	50
4	09 de enero de 2026	55
5	14 de enero de 2026	60

*Nota.* Durante estas evaluaciones se registraron variables fenológicas del cultivo de espinaca (*Spinacia oleracea* L.), siguiendo el cronograma experimental establecido para el estudio.

### 3.5.11 Control de plagas

El control de plagas se inició el 26 de diciembre, debido a la presencia del insecto conocido como falso medidor, larva defoliadora que ocasiona daños en las hojas del cultivo de espinaca. El manejo se realizó mediante un control integrado, combinando métodos manuales y biológicos. Inicialmente, se efectuó la recolección manual de larvas, reduciendo la población infestante sin alterar el equilibrio del sistema experimental. Complementariamente, se aplicó un biopreparado natural (50 g de ajo fresco triturado + 25 g de ají picante molido + 1/2 litro de agua no clorada + 10 ml de jabón neutro biodegradable), utilizando un rociador manual para su distribución foliar.

La mezcla fue macerada durante 24 horas, posteriormente filtrada y diluida en 10 litros de agua, aplicándose mediante aspersión foliar en horas de baja radiación solar (INIA, 2010).

### 3.5.12 Cosecha del cultivo de espinaca

Se realizó el 14 de enero a los 60 DDS, siguiendo los criterios para registrar los datos de las variables. Durante este proceso, se recolectaron cuidadosamente las hojas de cada unidad experimental para evaluar el área foliar de los cuatro tratamientos. Se registró el estado de desarrollo de cada tratamiento, considerando parámetros como altura de planta (cm), número de hojas, peso fresco (g) y área foliar ( $cm^2$ ), posteriormente llevada 16 muestras de espinaca, 4 muestras de cada tratamiento para el secado en estufa el 15 de enero del 2026, un día después de la cosecha con el objetivo de evaluar los efectos de los cuatro bioestimulantes.

### **3.5.13 Análisis de datos**

El análisis de los datos se llevó a cabo el 28 de febrero, empleando las herramientas estadísticas SPSS, el programa Excel y el software Imagej, que fueron adecuadas para un diseño completamente al azar. Se organizaron y depuraron los datos obtenidos durante el desarrollo del cultivo, incluyendo variables agronómicas y de rendimiento de espinaca. Posteriormente, se aplicaron pruebas de comparación de medias y Análisis de Varianza, utilizando software estadístico SPSS, para determinar diferencias significativas entre los tratamientos de bioestimulantes con la prueba Tukey 5%. Este procedimiento permitió evaluar de manera objetiva el efecto de cada bioestimulante sobre el crecimiento y rendimiento de las plantas, garantizando la validez y confiabilidad de los resultados obtenidos.

### **3.5.14 Método y técnicas para la presentación y análisis de datos**

Inicialmente se verificó la normalidad de los mismos utilizando la prueba de Shapiro-Wilk. Posteriormente, se evaluó la homogeneidad de varianzas mediante la prueba de Levene, asegurando que los supuestos necesarios para aplicar el Análisis de Varianza se cumplieran. Una vez confirmadas estas condiciones, se realizó un Análisis de Varianza para determinar la existencia de diferencias significativas entre los tratamientos de bioestimulantes sobre las variables agronómicas y de rendimiento de la espinaca (*Spinacia oleracea* L.). Finalmente, se aplicó la prueba de Tukey al 5% para identificar cuáles tratamientos presentaban diferencias entre sí, respaldando así la interpretación de los resultados y la validación de las hipótesis planteadas.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. Resultados

##### 4.1.1. En respuesta al objetivo general

Evaluar el efecto de cuatro bioestimulantes caseros elaborados con residuos agrícolas sobre el rendimiento y comportamiento agronómico del cultivo de espinaca (*Spinacia oleracea* L) en condiciones de maceta.

##### 4.1.2. En respuesta a los objetivos específicos

###### 4.1.2.1. Objetivo específico 1

Determinar el efecto de los bioestimulantes sobre el rendimiento (peso fresco, peso seco y número de hojas por planta) del cultivo de espinaca (*Spinacia oleracea* L) en condiciones de maceta

###### a) Análisis e interpretación para la variable: peso fresco (g)

La Tabla 11 muestra variaciones en el peso fresco de las plantas de espinaca entre los tratamientos evaluados a los 60 DDS.

**Tabla 11**

*Resultados descriptivos del peso fresco (g) de la espinaca*

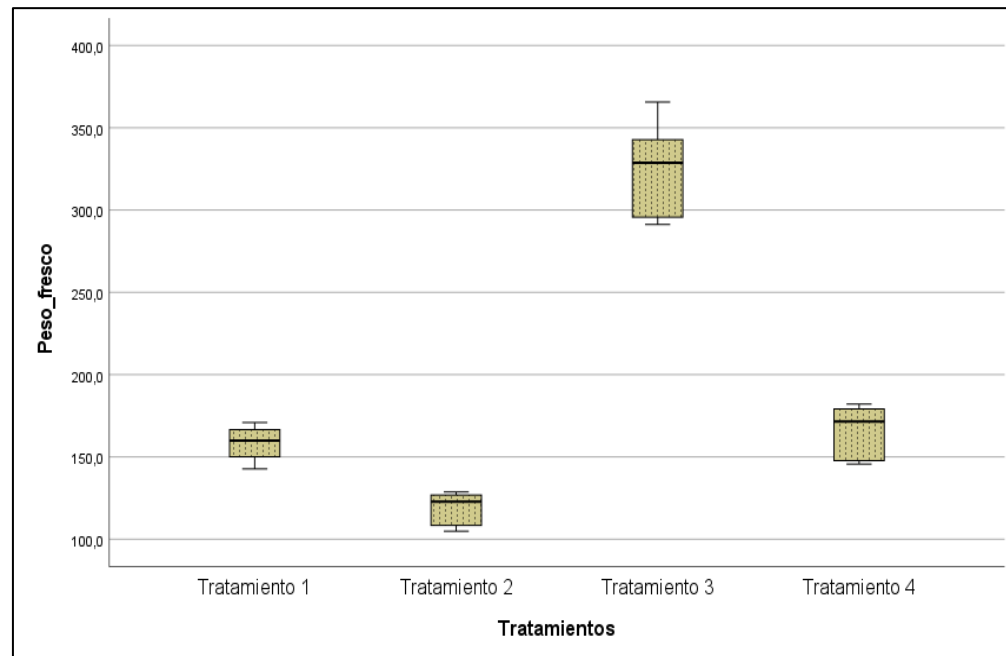
Tratamiento	Media (g)	Desviación estándar	Mínimo (g)	Máximo (g)
T1	158,383	10,4498	142,8	170,9
T2	119,100	10,2084	104,9	128,7
T3	325,500	28,3095	291,3	365,7
T4	166,300	15,9716	145,7	182,1

El T3 presentó el mayor promedio con 325,50 g, mientras T2 registró el

menor valor con 119,10 g. Por su parte, T1 (158,38 g) y T4 (166,30 g) mostraron valores intermedios. Asimismo, los datos evidencian cierta variabilidad entre tratamientos, observándose valores que oscilaron entre 104,9 g y 365,7 g, lo que refleja diferencias en la acumulación de biomasa fresca del cultivo.

## Figura 2

*Distribución del peso fresco (g) de plantas de espinaca*



En la Figura 2, el diagrama de cajas del peso fresco de las plantas de espinaca evidencia diferencias claras entre los tratamientos evaluados. El T3 presenta los valores más altos, mostrando una mediana superior y un rango intercuartílico más amplio en comparación con los demás tratamientos, lo que indica una mayor acumulación de biomasa fresca en las plantas sometidas a este tratamiento. Por su parte, T4 muestra valores intermedios, mientras que T1 presenta un comportamiento moderado con menor dispersión de los datos. En contraste, T2 registra los valores más bajos de peso fresco, evidenciando un menor desarrollo de biomasa. En general, la distribución observada en el gráfico confirma que T3 favoreció significativamente el crecimiento y rendimiento del cultivo de espinaca, mientras que T2 presentó el menor desempeño productivo.

En la Tabla 12 se presentan los resultados de la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk aplicada a los datos del peso fresco de las plantas de espinaca para los tratamientos evaluados.

**Tabla 12**

*Prueba de normalidad (Shapiro-Wilk) para el peso fresco (g)*

<b>Tratamiento</b>	<b>W</b>	<b>gl</b>	<b>Sig.</b>
T1	0.968	6	0.879
T2	0.855	6	0.172
T3	0.944	6	0.693
T4	0.854	6	0.168

Los valores de significancia (Sig.) obtenidos para todos los tratamientos (T1, T2, T3 y T4) fueron mayores a 0,05, lo que indica que los datos presentan una distribución normal. En consecuencia, se acepta la hipótesis nula de normalidad, cumpliéndose el supuesto estadístico requerido para la aplicación de pruebas paramétricas, como el Análisis de Varianza. Esto confirma que los datos del peso fresco son adecuados para realizar comparaciones estadísticas entre los tratamientos evaluados.

En la Tabla 13 se presentan los resultados de la prueba de homogeneidad de varianzas de Levene aplicada a los datos del peso fresco de las plantas de espinaca.

**Tabla 13**

*Prueba de homogeneidad de varianzas (Levene) para el peso fresco (g)*

<b>Variable</b>	<b>Estadístico de Levene</b>	<b>gl1</b>	<b>gl2</b>	<b>Sig.</b>
Peso fresco	2,577	3	20	0.082

El valor de significancia obtenido ( $p = 0,082$ ) es mayor al nivel de significancia establecido ( $\alpha = 0,05$ ), lo que indica que no existen diferencias

significativas entre las varianzas de los tratamientos evaluados. En consecuencia, se acepta la hipótesis de igualdad de varianzas, evidenciando que los datos presentan homogeneidad de varianzas. Este resultado confirma que se cumple uno de los supuestos estadísticos necesarios para la aplicación del Análisis de Varianza en la comparación de los tratamientos evaluados.

En la Tabla 14 se presentan los resultados del Análisis de Varianza para el peso fresco de las plantas de espinaca bajo los tratamientos evaluados.

**Tabla 14**

Análisis de Varianza *para el peso fresco (g)*

<b>Fuente de variación</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>gl</b>	<b>Media cuadrática</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>
Tratamientos	149560,911	3	49853,637	157,028	0.001
Error	6349,648	20	317,482		
Total	155910,560	23			

El análisis evidenció diferencias altamente significativas entre los tratamientos, debido a que el valor de significancia ( $p < 0,001$ ) es menor al nivel de significancia establecido ( $\alpha = 0,05$ ). Asimismo, el valor de F calculado (157,028) indica que la variación observada entre las medias de los tratamientos es considerablemente mayor que la variabilidad atribuida al error experimental. Estos resultados evidencian diferencias significativas entre los tratamientos en el peso fresco de las plantas, lo que refleja un efecto importante en la producción de biomasa.

En la Tabla 15 se presentan los resultados de la prueba de comparación múltiple de Tukey ( $\alpha = 0,05$ ) para el peso fresco de las plantas de espinaca bajo los tratamientos evaluados.

**Tabla 15***Comparación de medias Tukey para el peso fresco (g)*

<b>Tratamiento</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Grupo</b>
T2	6	119,100	a
T1	6	158,383	b
T4	6	166,300	b
T3	6	325,500	c

Los resultados muestran que T3 registró el mayor promedio de peso fresco (325,50 g), ubicándose en el grupo estadístico “c”, lo que indica una diferencia significativa respecto a los demás tratamientos. Por su parte, T1 (158,38 g) y T4 (166,30 g) se agruparon en el grupo “b”, evidenciando que no presentan diferencias significativas entre sí, aunque muestran valores superiores a T2. En contraste, T2 presentó el menor promedio de peso fresco (119,10 g), ubicándose en el grupo “a”. Estos resultados evidencian que T3 favoreció significativamente la producción de biomasa fresca en las plantas de espinaca, reflejando un mayor rendimiento productivo del cultivo.

#### **b) Análisis e interpretación para la variable: peso seco (g)**

En la Tabla 16 los resultados descriptivos del peso seco después de la cosecha evidencian variaciones entre los tratamientos evaluados.

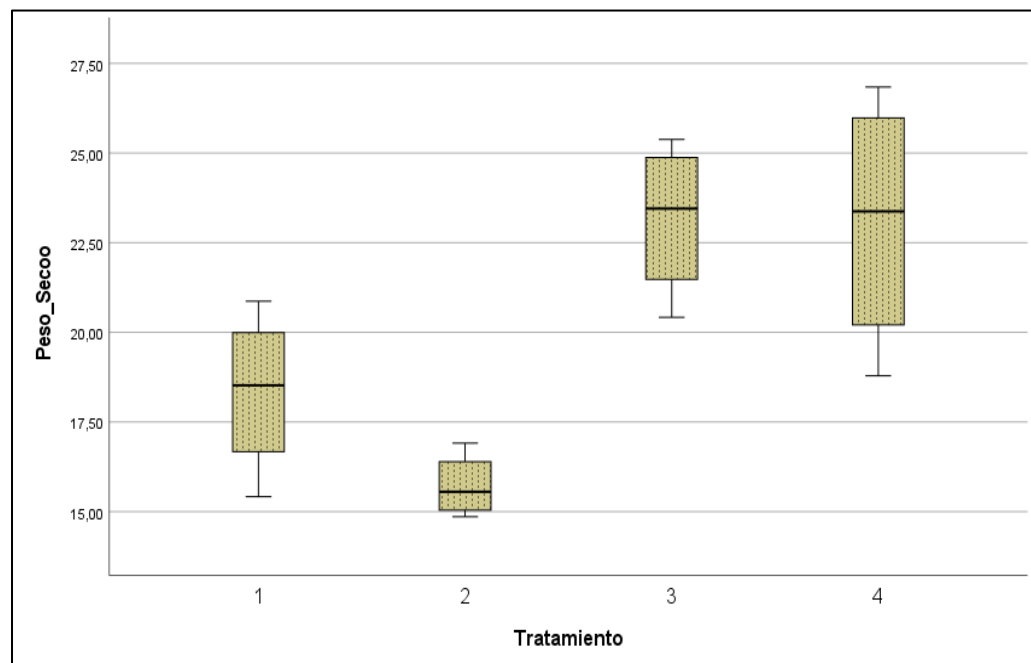
**Tabla 16***Resultados descriptivos del peso seco (g) de la espinaca*

<b>Tratamiento</b>	<b>Media (g)</b>	<b>Desviación estándar</b>	<b>Mínimo (g)</b>	<b>Máximo (g)</b>
T1	18,34	2,29	15,42	20,87
T2	15,72	0,89	14,86	16,91
T3	23,18	2,18	20,42	25,38
T4	23,09	3,59	18,79	26,84

El tratamiento T3 presentó el mayor promedio de peso seco (23,18 g), seguido muy de cerca por T4 (23,09 g), lo que indica una mayor acumulación de biomasa seca o materia estructural en los tejidos vegetales. El tratamiento T1 registró un valor intermedio (18,34 g), mientras que T2 presentó el menor promedio (15,72 g). En cuanto a la variabilidad de los datos, T4 mostró la mayor dispersión, mientras que T2 presentó valores más homogéneos, reflejado en su menor desviación estándar. Desde el punto de vista agronómico, el peso seco es un indicador del crecimiento real de la planta, ya que representa la acumulación de compuestos orgánicos formados durante el desarrollo del cultivo, lo cual permite evaluar la capacidad de los tratamientos para favorecer la acumulación de biomasa estructural.

### Figura 3

*Distribución del peso seco (g) de plantas de espinaca*



La Figura 3, presenta el diagrama de cajas del peso seco de las plantas de espinaca según los tratamientos evaluados. Se observa que el tratamiento T3 presenta los valores más altos de peso seco, evidenciado por una mayor mediana y una distribución de datos ubicada en rangos superiores respecto a los demás

tratamientos. De manera similar, el tratamiento T4 también muestra valores elevados, aunque con una mayor dispersión en los datos. Por su parte, el tratamiento T1 presenta valores intermedios, mientras que el tratamiento T2 registra los valores más bajos de peso seco, indicando una menor acumulación de biomasa seca, lo que agronómicamente se asocia con un mayor desarrollo estructural del cultivo. En la Tabla 17 se presentan los resultados de la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk aplicada a los datos del peso seco de las plantas de espinaca para los tratamientos evaluados.

**Tabla 17**

*Prueba de normalidad (Shapiro-Wilk) para el peso seco (g)*

<b>Tratamiento</b>	<b>W</b>	<b>gl</b>	<b>Sig.</b>
T1	0,990	4	0,959
T2	0,950	4	0,719
T3	0,965	4	0,812
T4	0,963	4	0,798

Los valores de significancia (Sig.) obtenidos para todos los tratamientos (T1, T2, T3 y T4) fueron mayores a 0,05, lo que indica que los datos presentan una distribución normal. En consecuencia, se acepta la hipótesis nula de normalidad, cumpliéndose el supuesto estadístico requerido para la aplicación de pruebas paramétricas, como el Análisis de Varianza. Esto confirma que los datos del peso seco son adecuados para realizar comparaciones estadísticas entre los tratamientos evaluados.

En la Tabla 18 se presentan los resultados de la prueba de homogeneidad de varianzas de Levene aplicada a los datos del peso seco de las plantas de espinaca.

**Tabla 18**

*Prueba de homogeneidad de varianzas (Levene) para el peso seco (g)*

<b>Variable</b>	<b>Estadístico de Levene</b>	<b>gl1</b>	<b>gl2</b>	<b>Sig.</b>
Peso seco	2,897	3	12	0.079

El valor de significancia obtenido ( $p = 0,079$ ) es mayor al nivel de significancia establecido ( $\alpha = 0,05$ ), lo que indica que no existen diferencias significativas entre las varianzas de los tratamientos evaluados, evidenciando homogeneidad de varianzas. Este resultado confirma que se cumple uno de los supuestos estadísticos necesarios para la aplicación del Análisis de Varianza en la comparación de los tratamientos evaluados.

En la Tabla 19 el Análisis de Varianza realizado para el peso seco de las plantas de espinaca

**Tabla 19**

Análisis de Varianza *para el peso seco (g)*

<b>Fuente de variación</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>gl</b>	<b>Media cuadrática</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>
Tratamientos	162,957	3	54,319	9,153	0.002
Error	71,213	12	5,934		
Total	234,171	15			

Existen diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos evaluados, debido a que el valor de significancia obtenido ( $p = 0,002$ ) es menor que el nivel de significancia establecido ( $\alpha = 0,05$ ). Asimismo, el valor del estadístico F calculado (9,153) indica que la variación observada entre tratamientos es mayor que la variación atribuida al error experimental.

En la Tabla 20 se presentan los resultados de la prueba de comparación múltiple de Tukey ( $\alpha = 0,05$ ) para el peso seco de las plantas de espinaca

**Tabla 20***Comparación de medias Tukey para el peso seco (g)*

<b>Tratamiento</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Grupo</b>	
Tratamiento 2	4	15,720	a	
Tratamiento 1	4	18,335	a	b
Tratamiento 4	4	23,095	b	
Tratamiento 3	4	23,177	b	

Los resultados muestran que los tratamientos T3 (23,18 g) y T4 (23,10 g) se ubicaron en el grupo estadístico “b”, presentando los mayores valores de peso seco, lo que indica una mayor acumulación de biomasa estructural en las plantas. Por su parte, el tratamiento T2 registró el menor promedio (15,72 g), ubicándose en el grupo “a”. El tratamiento T1 (18,34 g) se posicionó en el grupo intermedio “ab”, lo que indica que no presenta diferencias significativas ni con el grupo “a” ni con el grupo “b”.

### c) Análisis e interpretación para la variable: número de hojas

**Tabla 21***Resultados descriptivos del número de hojas después de la siembra (DDS)*

<b>DDS</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>
31	12,00	12,67	13,17	12,17
41	15,50	15,67	16,17	14,33
50	20,50	21,00	22,83	21,17
55	21,83	20,83	25,50	22,67
60	25,33	23,17	35,67	30,67

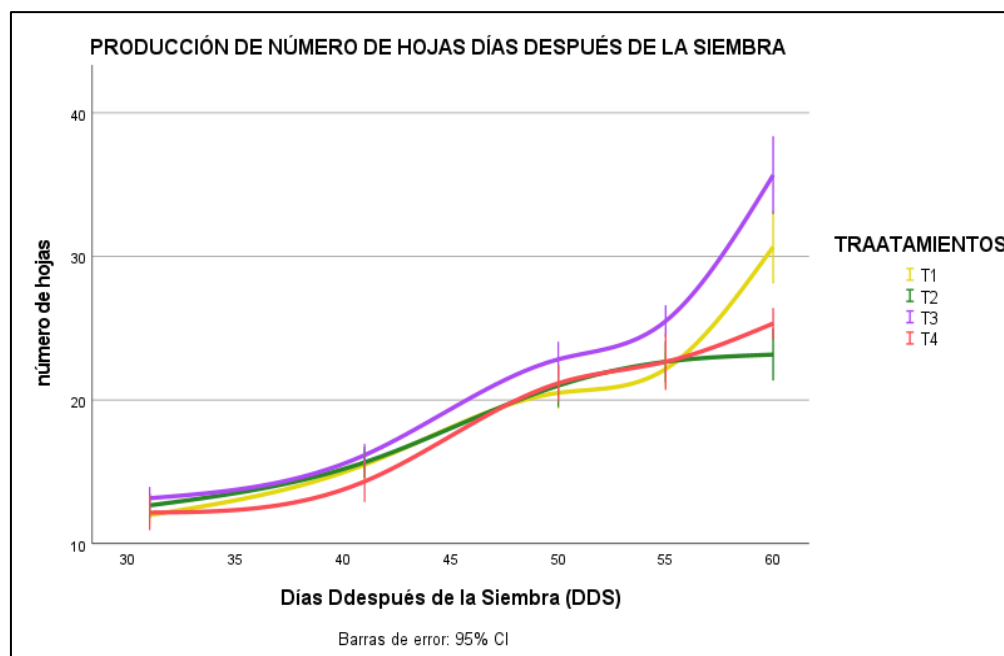
Los resultados presentados en la Tabla 21 muestran un incremento progresivo en el número de hojas de las plantas de espinaca conforme avanzan los DDS en todos los tratamientos evaluados. Durante las primeras

evaluaciones, comprendidas entre los 31 y 50 DDS, los valores registrados fueron relativamente similares entre tratamientos, observándose una ligera superioridad de T3.

A partir de los 55 DDS se evidencia una mayor diferenciación entre los tratamientos, destacándose nuevamente el T3 con los valores más altos en el número de hojas. Finalmente, a los 60 DDS, el T3 registró el mayor promedio (35,67 hojas), seguido por el tratamiento T4 (30,67 hojas), mientras que T1 y T2 presentaron valores inferiores. Estos resultados evidencian un mayor desarrollo foliar en el tratamiento T3 durante el ciclo de crecimiento del cultivo.

#### Figura 4

*Número de hojas días después de la siembra durante el ciclo vegetativo*



En la Figura 4 se observa una tendencia creciente en el número de hojas conforme avanzan los DDS. El T3 presenta los valores más altos durante todo el periodo de evaluación, mientras que T1, T2 y T4 muestran un comportamiento inferior, evidenciando una menor producción foliar. En general, todos los tratamientos presentaron un incremento progresivo conforme avanzaron los DDS. No obstante, a partir de los 45 DDS se observa una diferenciación más marcada entre los tratamientos evaluados.

El tratamiento T3 presentó el mayor incremento en el número de hojas, alcanzando un promedio cercano a 36 hojas al finalizar el ciclo del cultivo. Por su parte, T2 y T4 mostraron una tendencia de crecimiento más moderada después de los 50 DDS, mientras que T1 presentó un incremento gradual durante las últimas evaluaciones. En conjunto, los resultados muestran una mayor producción foliar en T3 en comparación con los demás tratamientos.

**Tabla 22**

*Medidas de dispersión del número de hojas en diferentes DDS*

<b>DDS</b>	<b>Tratamiento</b>	<b>Desviación estándar</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>
31	T1	0,632	11	13
	T2	0,816	12	14
	T3	0,753	12	14
	T4	1,169	11	14
41	T1	1,049	14	17
	T2	1,033	14	17
	T3	0,753	15	17
	T4	1,366	12	16
50	T1	1,049	19	22
	T2	1,414	19	23
	T3	1,169	21	24
	T4	1,169	20	23
55	T1	1,169	20	23
	T2	1,472	19	23
	T3	1,049	24	27
	T4	1,862	20	25
60	T1	1,033	24	27
	T2	1,722	21	26
	T3	2,582	32	39
	T4	2,422	27	34

La Tabla 22 presenta las medidas de dispersión del número de hojas registradas durante las diferentes evaluaciones del cultivo. En las primeras etapas de desarrollo (31 y 41 DDS) se observaron valores bajos de desviación estándar, lo que indica una distribución relativamente homogénea de los datos entre las unidades experimentales.

A medida que avanzó el ciclo del cultivo, particularmente a partir de los 55 y 60 DDS, se registró un ligero incremento en la variabilidad de los datos, destacando T3 que presentó los valores máximos más elevados, alcanzando hasta 39 hojas por planta. Asimismo, los valores mínimos y máximos registrados reflejan un incremento progresivo del desarrollo foliar conforme avanzó el crecimiento del cultivo. En la Tabla 23 se presentan los resultados de la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk aplicada a los datos del número de hojas de las plantas de espinaca en las diferentes evaluaciones realizadas.

**Tabla 23**

*Prueba de normalidad (Shapiro-Wilk) para el número de hojas*

<b>DDS</b>	<b>Tratamiento</b>	<b>W</b>	<b>gl</b>	<b>Sig.</b>
31	T1	0.827	6	0.101
	T2	0.822	6	0.091
	T3	0.866	6	0.212
	T4	0.908	6	0.421
41	T1	0.960	6	0.820
	T2	0.915	6	0.473
	T3	0.866	6	0.212
	T4	0.927	6	0.554
50	T1	0.960	6	0.820
	T2	0.982	6	0.960
	T3	0.908	6	0.421
	T4	0.908	6	0.421
55	T1	0.908	6	0.421
	T2	0.958	6	0.804
	T3	0.960	6	0.820
	T4	0.950	6	0.737
60	T1	0.915	6	0.473
	T2	0.961	6	0.830
	T3	0.979	6	0.945
	T4	0.973	6	0.913

Los valores de significancia obtenidos para todos los tratamientos y fechas de evaluación fueron superiores a 0,05, lo que indica que los datos presentan una distribución normal. En consecuencia, se acepta la hipótesis nula de normalidad, cumpliéndose uno de los supuestos estadísticos necesarios para la aplicación de pruebas paramétricas como el Análisis de Varianza. Por lo tanto, los datos del número de hojas registrados a los 31, 41, 50, 55 y 60 DDS cumplen con el supuesto de normalidad requerido para continuar con el análisis estadístico correspondiente.

En la Tabla 24 se presentan los resultados de la prueba de homogeneidad de varianzas de Levene aplicada a los datos del número de hojas de las plantas de espinaca.

**Tabla 24**

*Prueba de homogeneidad de varianzas (Levene) para el número de hojas*

<b>DDS</b>	<b>Estadístico de Levene</b>	<b>gl1</b>	<b>gl2</b>	<b>Sig.</b>
31	1.265	3	20	0.313
41	0.550	3	20	0.654
50	0.062	3	20	0.979
55	0.872	3	20	0.472
60	1.340	3	20	0.290

Los valores de significancia obtenidos para todas las fechas de evaluación (31, 41, 50, 55 y 60 DDS) fueron mayores a 0,05, lo que indica que no existen diferencias significativas entre las varianzas de los tratamientos evaluados. En consecuencia, se acepta la hipótesis de igualdad de varianzas, evidenciándose que los datos presentan homogeneidad de varianzas. Este resultado confirma el cumplimiento de uno de los supuestos estadísticos requeridos para la aplicación del Análisis de Varianza en la comparación de los tratamientos evaluados.

En la Tabla 25 se presentan los resultados del Análisis de Varianza para el número de hojas de las plantas de espinaca evaluadas a los 31 DDS.

**Tabla 25**Análisis de Varianza *para el número de hojas a los 31 DDS*

<b>Fuente de variación</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>gl</b>	<b>Media cuadrática</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>
Tratamientos	5.000	3	1.667	2.222	0.117
Error	15.000	20	0.750		
Total	20.000	23			

El análisis estadístico indicó que no existen diferencias significativas entre los tratamientos evaluados, debido a que el valor de significancia obtenido ( $p = 0,117$ ) es mayor que el nivel de significancia establecido ( $\alpha = 0,05$ ).

Asimismo, el valor del estadístico F calculado (2,222) indica que la variación entre tratamientos no supera la variación atribuida al error experimental. Estos resultados sugieren que, durante esta etapa inicial del cultivo, los tratamientos evaluados no generaron diferencias estadísticas en el número de hojas de las plantas de espinaca.

**Tabla 26**Análisis de Varianza *para el número de hojas a los 41 DDS*

<b>Fuente de variación</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>gl</b>	<b>Media cuadrática</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>
Tratamientos	10.833	3	3.611	3.140	0.048
Error	23.000	20	1.150		
Total	33.833	23			

Los resultados del Análisis de Varianza presentados en la Tabla 26 evidencian diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos evaluados, debido a que el valor de significancia obtenido ( $p = 0,048$ ) es menor que el nivel de significancia establecido ( $\alpha = 0,05$ ). Asimismo, el valor del estadístico F calculado (3,140) indica que la variación entre tratamientos es

mayor que la variación atribuida al error experimental. Estos resultados evidencian la existencia de diferencias en el número de hojas entre los tratamientos evaluados en esta etapa del desarrollo del cultivo, por lo que se procedió a realizar la prueba de comparación múltiple de medias de Tukey.

En la Tabla 27 se presentan los resultados de la prueba de comparación múltiple de Tukey ( $\alpha = 0,05$ ) para el número de hojas de las plantas de espinaca a los 41 DDS

**Tabla 27**

*Comparación de medias Tukey para el número de hojas a los 41 DDS*

<b>Tratamiento</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Grupo</b>	
T2	6	14,33	a	
T1	6	15,50	a	b
T4	6	15,67	a	b
T3	6	16,17		b

Los resultados muestran que el tratamiento T3 registró el mayor promedio de hojas (16,17), ubicándose en el grupo estadístico “b”, lo que indica una diferencia significativa respecto a T2 (14,33), el cual se ubicó en el grupo “a”. Por su parte, T1 y T4 se agruparon en el grupo intermedio “ab”, evidenciando que no presentan diferencias significativas con los tratamientos de los grupos “a” ni “b”. Por su parte, T1 (15,50) y T4 (15,67) se ubicaron en un grupo intermedio (ab), lo que indica que no presentan diferencias significativas ni con el grupo “a” ni con el grupo “b”. Estos resultados evidencian una tendencia de mayor producción de hojas en T3, aunque algunos tratamientos presentan comportamientos estadísticamente similares en esta etapa del desarrollo del cultivo.

En la Tabla 28 se presentan los resultados del Análisis de Varianza para el número de hojas de las plantas de espinaca a los 50 DDS.

**Tabla 28**

Análisis de Varianza *para el número de hojas a los 50 DDS*

<b>Fuente de variación</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>gl</b>	<b>Media cuadrática</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>
Tratamientos	18.458	3	6.153	4.219	0.018
Error	29.167	20	1.458		
Total	47.625	23			

El análisis evidenció diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos evaluados, debido a que el valor de significancia obtenido ( $p = 0,018$ ) es menor al nivel de significancia establecido ( $\alpha = 0,05$ ). Asimismo, el valor de F calculado (4,219) indica que la variación entre tratamientos es mayor que la variación atribuida al error experimental. Estos resultados indican que existen diferencias significativas entre los tratamientos evaluados en el número de hojas.

En la Tabla 29 se presentan los resultados de la prueba de comparación múltiple de Tukey ( $\alpha = 0,05$ ) para el número de hojas de las plantas de espinaca a los 50 DDS.

**Tabla 29**

*Comparación de medias Tukey para el número de hojas a los 50 DDS*

<b>Tratamiento</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Grupo</b>	
Tratamiento 2	6	20,50	a	
Tratamiento 1	6	21,00	a	b
Tratamiento 4	6	21,17	a	b
Tratamiento 3	6	22,83		c

Los resultados evidencian diferencias entre algunos tratamientos evaluados. El tratamiento 3 registró el mayor promedio de hojas (22,83), ubicándose en el grupo estadístico “c”, lo que indica una superioridad

significativa respecto a los demás tratamientos. Por su parte, los tratamientos 1 (21,00) y 4 (21,17) se ubicaron en el grupo intermedio (ab), lo que indica que no presentan diferencias significativas con los tratamientos de los grupos “a” y “c”. En contraste, el tratamiento 2 presentó el menor promedio (20,50), perteneciendo al grupo “a”, sin diferencias significativas con los tratamientos ubicados en el grupo intermedio. Estos resultados sugieren que el tratamiento 3 favoreció en mayor medida la producción de hojas en esta etapa del desarrollo del cultivo.

En la Tabla 30 se presentan los resultados del Análisis de Varianza para el número de hojas de las plantas de espinaca a los 55 DDS.

**Tabla 30**

Análisis de Varianza *para el número de hojas a los 55 (DDS)*

<b>Fuente de variación</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>gl</b>	<b>Media cuadrática</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>
Tratamientos	72,458	3	24,153	11,927	0.001
Error	40.500	20	2,025		
Total	112.958	23			

El análisis evidenció diferencias altamente significativas entre los tratamientos evaluados, ya que el valor de significancia obtenido ( $p < 0,001$ ) es menor al nivel de significancia establecido ( $\alpha = 0,05$ ). Asimismo, el valor de F calculado (11,927) indica que la variación entre tratamientos es considerablemente mayor que la variación atribuida al error experimental. Los resultados obtenidos muestran una influencia significativa de los tratamientos en el crecimiento foliar de la espinaca.

En la Tabla 31 se presentan los resultados de la prueba de comparación múltiple de Tukey ( $\alpha = 0,05$ ) para el número de hojas a los 55 DDS.

**Tabla 31**

*Comparación de medias Tukey para el número de hojas a los 55 DDS*

<b>Tratamiento</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Grupo</b>
T2	6	20,83	a
T1	6	21,83	a
T4	6	22,67	a
T3	6	25,50	b

Los resultados muestran que el tratamiento 3 registró el mayor promedio de hojas (25,50), ubicándose en el grupo estadístico “b”, lo que indica una diferencia significativa respecto a los demás tratamientos. Por otro lado, los tratamientos 1 (21,83), 2 (20,83) y 4 (22,67) se agruparon en el grupo “a”, lo que indica que no presentan diferencias estadísticas significativas entre sí. Estos resultados evidencian que el tratamiento 3 favoreció significativamente la producción de hojas en las plantas de espinaca en esta etapa del desarrollo del cultivo, mientras que los demás tratamientos mostraron un comportamiento similar.

En la Tabla 32 se presentan los resultados del Análisis de Varianza para el número de hojas de las plantas de espinaca a los 60 DDS.

**Tabla 32**

*Análisis de Varianza para el número de hojas a los 60 DDS*

<b>Fuente de variación</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>gl</b>	<b>Media cuadrática</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>
Tratamientos	566.125	3	188.708	45.563	0.001
Error	82.833	20	4.142		
Total	648.958	23			

El análisis evidenció diferencias altamente significativas entre los tratamientos evaluados, ya que el valor de significancia obtenido ( $p < 0,001$ ) es menor al nivel de significancia establecido ( $\alpha = 0,05$ ). Asimismo, el valor de F

calculado (45,563) indica que la variación observada entre las medias de los tratamientos es considerablemente mayor que la variabilidad atribuida al error experimental. Estos resultados evidencian diferencias significativas entre tratamientos al final del ciclo del cultivo.

**Tabla 33**

*Comparación de medias Tukey para el número de hojas a los 60 DDS*

<b>Tratamiento</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Grupo</b>
T2	6	23,17	a
T1	6	25,33	a
T4	6	30,67	b
T3	6	35,67	c

En la Tabla 33 se presentan los resultados de la prueba de comparación múltiple de Tukey ( $\alpha = 0,05$ ) para el número de hojas de las plantas de espinaca a los 60 DDS. Los resultados evidencian diferencias significativas entre los tratamientos evaluados. El T3 registró el mayor promedio de hojas (35,67), ubicándose en el grupo estadístico “c”, lo que indica una superioridad significativa respecto a los demás tratamientos. El T4 presentó un valor intermedio (30,67), perteneciendo al grupo “b”, mostrando diferencias significativas con los tratamientos del grupo “a”. Por su parte, los tratamientos 1 (25,33) y 2 (23,17) se ubicaron en el grupo “a”, sin presentar diferencias estadísticas significativas entre sí. Estos resultados indican que T3 favoreció significativamente la producción de hojas en el cultivo de espinaca al final del ciclo de crecimiento, seguido por T4.

#### **4.1.2.2. Objetivo específico 2**

Determinar el efecto de los bioestimulantes sobre el comportamiento agronómico (altura de planta, área foliar) del cultivo de espinaca (*Spinacia oleracea* L) en condiciones de maceta.

**a. Análisis e interpretación para la variable: altura de la planta (cm)**

En la Tabla 34 se presentan los promedios de altura de planta de espinaca en diferentes DDS para los tratamientos evaluados.

**Tabla 34**

*Resultados descriptivos de la altura de la planta (cm) después de la siembra*

<b>DDS</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>
31	14,150	13,76	15,50	15,43
41	19,91	19,65	21,71	21,45
50	23,05	22,01	26,55	23,23
55	26,75	25,85	29,46	27,10
60	33,21	32,46	38,43	33,58

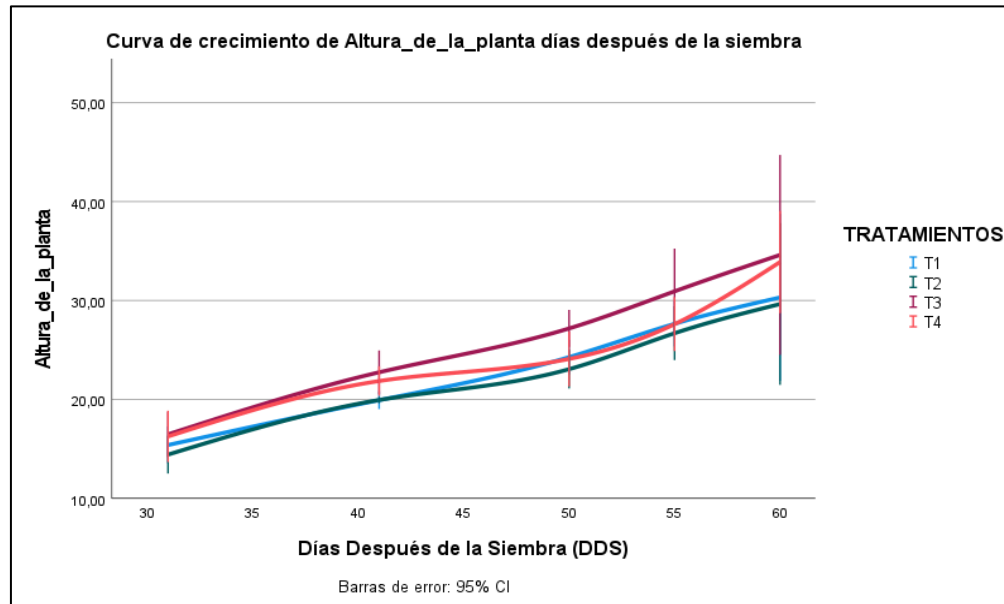
Los resultados muestran una tendencia creciente en la altura de las plantas a medida que avanza el desarrollo del cultivo en todos los tratamientos. Desde las primeras evaluaciones, el tratamiento T3 presentó los mayores valores de altura, registrando 15,50 cm a los 31 DDS y alcanzando 38,43 cm a los 60 DDS, lo que evidencia un mayor crecimiento vegetativo en comparación con los demás tratamientos.

Por su parte, T1 y T4 mostraron valores intermedios, mientras que T2 presentó los promedios más bajos de altura en la mayoría de las evaluaciones, resultados que sugieren que los bioestimulantes aplicados influyeron la altura de planta, destacándose T3 por favorecer un mayor desarrollo vegetativo durante el ciclo del cultivo.

La Figura 5, muestra la curva de crecimiento de la altura de las plantas de espinaca en función de los DDS para los tratamientos evaluados.

**Figura 5**

*Efecto de los tratamientos sobre la altura de la planta (cm) DDS*



Todos los tratamientos presentan un incremento progresivo en la altura de las plantas a lo largo del ciclo del cultivo, lo que refleja el desarrollo vegetativo normal de la espinaca. No obstante, T3 destaca por presentar los mayores valores de altura durante todas las evaluaciones, alcanzando aproximadamente 38 cm a los 60 DDS, lo que evidencia un mayor efecto en la estimulación del crecimiento. Por su parte, T1 y T4 mostraron un comportamiento intermedio, mientras que T2 presentó los valores más bajos de altura en la mayoría de las evaluaciones. En conjunto, la tendencia observada en la figura sugiere que los bioestimulantes influyeron en el crecimiento de la planta, siendo T3 el que favoreció un mayor desarrollo en altura durante el ciclo del cultivo.

En la Tabla 35 se presentan las medidas de dispersión de la altura de la planta de espinaca en diferentes DDS, considerando la desviación estándar, así como los valores mínimos y máximos registrados en cada tratamiento.

**Tabla 35***Medidas de dispersión de la altura de la planta (cm) DDS*

<b>DDS</b>	<b>Tratamiento</b>	<b>Desviación estándar</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>
31	T1	1,69	11,1	15,8
	T2	0,37	13,2	14,2
	T3	1,21	14,3	17,3
	T4	0,64	14,3	16,2
41	T1	0,88	18,6	20,9
	T2	0,81	18,1	20,4
	T3	1,23	20,3	23,1
	T4	1,11	20,1	23,4
50	T1	2,54	18,7	26,3
	T2	1,46	19,9	23,8
	T3	0,91	25,2	27,8
	T4	1,22	21,1	24,5
55	T1	1,12	25,7	28,5
	T2	1,28	24,6	28,2
	T3	1,03	27,9	30,7
	T4	1,70	24,3	28,9
60	T1	1,49	31,2	34,7
	T2	2,26	28,7	34,7
	T3	3,34	33,9	44,2
	T4	3,80	28,7	39,7

En general, los resultados muestran que la variabilidad de los datos fue relativamente baja en las primeras evaluaciones (31 y 41 DDS), lo que indica una mayor uniformidad en el crecimiento de las plantas entre las unidades experimentales. A medida que avanzó el desarrollo del cultivo, especialmente a partir de los 50 y 60 DDS, se observa un incremento en la dispersión de los datos, destacando T3 y T4, que presentaron las mayores desviaciones estándar

en la última evaluación. Asimismo, los valores máximos de altura se registraron principalmente en T3, alcanzando 44,2 cm a los 60 DDS, lo que evidencia un mayor potencial de crecimiento en comparación con los demás tratamientos.

En la Tabla 36 se presentan los resultados de la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk aplicada a los datos de altura de la planta de espinaca en diferentes DDS.

**Tabla 36**

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

<b>DDS</b>	<b>Tratamiento</b>	<b>W</b>	<b>gl</b>	<b>Sig.</b>
31	T1	0,881	6	0,275
	T2	0,964	6	0,847
	T3	0,910	6	0,433
	T4	0,927	6	0,557
41	T1	0,953	6	0,763
	T2	0,831	6	0,110
	T3	0,861	6	0,193
	T4	0,934	6	0,607
50	T1	0,950	6	0,742
	T2	0,947	6	0,713
	T3	0,992	6	0,993
	T4	0,918	6	0,493
55	T1	0,824	6	0,096
	T2	0,881	6	0,275
	T3	0,971	6	0,902
	T4	0,934	6	0,614
60	T1	0,851	6	0,160
	T2	0,923	6	0,527
	T3	0,919	6	0,500
	T4	0,937	6	0,637

Los valores de significancia (Sig.) obtenidos para todos los tratamientos en cada una de las evaluaciones (31, 41, 50, 55 y 60 DDS) fueron mayores a 0,05, lo que indica que los datos presentan una distribución normal. En consecuencia, se acepta la hipótesis nula de normalidad, cumpliéndose el supuesto estadístico necesario para la aplicación de pruebas paramétricas como el Análisis de Varianza. Estos resultados confirman que los datos de altura de planta son adecuados para continuar con el análisis estadístico comparativo entre los tratamientos evaluados.

En la Tabla 37 se presentan los resultados de la prueba de homogeneidad de varianzas de Levene aplicada a los datos de altura de planta en diferentes DDS.

**Tabla 37**

*Prueba de homogeneidad de varianzas (Levene) para altura de la planta (cm)*

<b>DDS</b>	<b>Estadístico de Levene</b>	<b>gl1</b>	<b>gl2</b>	<b>Sig.</b>
31	2,447	3	20	0,094
41	1,074	3	20	0,382
50	1,275	3	20	0,310
55	0,366	3	20	0,778
60	0,945	3	20	0,458

Los valores de significancia (Sig.) obtenidos en todas las evaluaciones (31, 41, 50, 55 y 60 DDS) fueron mayores a 0,05, lo que indica que no existen diferencias significativas entre las varianzas de los tratamientos evaluados. En consecuencia, se acepta la hipótesis de igualdad de varianzas, evidenciando que los datos presentan homogeneidad de varianzas. Este resultado confirma el cumplimiento de uno de los supuestos estadísticos necesarios para la aplicación del Análisis de Varianza en la comparación de los tratamientos.

La Tabla 38 muestra los resultados del Análisis de Varianza para altura de planta a los 31 DDS.

**Tabla 38**

Análisis de Varianza *para la altura de la planta (cm) a los 31 DDS*

<b>Fuente de variación</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>gl</b>	<b>Media cuadrática</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>
Tratamientos	14,105	3	4,702	3,822	0,026
Error	24,602	20	1,230		
Total	38,706	23			

El análisis mostró que existen diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos evaluados, ya que el valor de significancia obtenido ( $p = 0,026$ ) es menor al nivel de significancia establecido ( $\alpha = 0,05$ ). Asimismo, el valor de F calculado (3,822) indica que la variación observada entre las medias de los tratamientos es mayor que la variabilidad atribuida al error experimental. Estos resultados sugieren que la aplicación de los bioestimulantes influyó significativamente en la altura de las plantas de espinaca en esta etapa inicial del desarrollo del cultivo, por lo que se realizó la prueba de medias de Tukey para identificar diferencias específicas entre tratamientos.

En la Tabla 39 se presentan los resultados de la prueba de comparación múltiple de Tukey ( $\alpha = 0,05$ ) para la altura de planta a los 31 DDS.

**Tabla 39**

*Comparación de medias Tukey para la altura de la planta (cm) a los 31 DDS*

<b>Tratamiento</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Grupo</b>
T2	6	13,767	a
T1	6	14,150	a
T4	6	15,433	a
T3	6	15,500	a

Todos los tratamientos evaluados se ubican dentro del mismo grupo estadístico (“a”), lo que indica que no existen diferencias significativas entre ellos en esta etapa del cultivo. Aunque el tratamiento T3 presentó el mayor promedio de altura (15,50 cm), seguido por T4 (15,43 cm), mientras que T1 (14,15 cm) y T2 (13,77 cm) registraron valores ligeramente menores, estas variaciones no fueron estadísticamente significativas. Esto evidencia que, durante los primeros días de desarrollo del cultivo, la aplicación de los bioestimulantes no generó diferencias significativas en la altura de planta.

En la Tabla 40 se presentan los resultados del Análisis de Varianza para la altura de las plantas de espinaca a los 41 DDS.

**Tabla 40**

*Análisis de Varianza para la altura de la planta (cm) a los 41 DDS*

<b>Fuente de variación</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>gl</b>	<b>Media cuadrática</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>
Tratamientos	19,867	3	6,622	6,287	0,004
Error	21,067	20	1,053		
Total	40,933	23			

Se evidenció diferencias estadísticas significativas entre tratamientos, ya que el valor de significancia obtenido ( $p = 0,004$ ) es menor al nivel de significancia establecido ( $\alpha = 0,05$ ). El valor de F calculado (6,287) indica que la variación observada entre las medias de los tratamientos es mayor que la variabilidad atribuida al error experimental. Estos resultados sugieren que los bioestimulantes aplicados influyeron significativamente en la altura de las plantas de espinaca en esta etapa del desarrollo del cultivo, por lo que se realizó la prueba de medias de Tukey para identificar diferencias específicas entre tratamientos.

En la Tabla 41 se presentan los resultados de la prueba de comparación múltiple de Tukey ( $\alpha = 0,05$ ) para la altura de planta a los 41 DDS.

**Tabla 41**

*Comparación de medias Tukey para la altura de la planta (cm) a los 41 DDS*

<b>Tratamiento</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Grupo</b>	
T2	6	19,650	a	
T1	6	19,917	a	b
T4	6	21,450	b	c
T3	6	21,717		c

El T3 registró el mayor promedio de altura (21,72 cm), ubicándose en el grupo estadístico “c”, lo que indica diferencias respecto a los tratamientos con menor altura. El T4 (21,45 cm) se ubicó en el grupo intermedio “bc”, mostrando un comportamiento cercano a T3. Por su parte, T1 (19,92 cm) y T2 (19,65 cm) se agruparon en los grupos “ab” y “a”, respectivamente, presentando los valores más bajos.

En la Tabla 42 se presentan los resultados del Análisis de Varianza para la altura de las plantas de espinaca a los 50 DDS.

**Tabla 42**

*Análisis de Varianza para la altura de la planta (cm) a los 50 DDS*

<b>Fuente de variación</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>gl</b>	<b>Media cuadrática</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>
Tratamientos	69,575	3	23,192	8,447	0,001
Error	54,912	20	2,746		
Total	124,486	23			

El análisis evidenció diferencias altamente significativas entre los tratamientos evaluados, ya que el valor de significancia ( $p < 0,001$ ) es menor al

nivel de significancia establecido ( $\alpha = 0,05$ ). Asimismo, el valor de F calculado (8,447) indica que la variación entre las medias de los tratamientos es mayor que la variabilidad del error experimental. Estos resultados sugieren que los bioestimulantes aplicados influyeron significativamente en el crecimiento en altura de las plantas en esta etapa del cultivo.

En la Tabla 43 se presentan los resultados de la prueba de comparación múltiple de Tukey ( $\alpha = 0,05$ ) para la altura de planta a los 50 DDS.

**Tabla 43**

*Comparación de medias Tukey para la altura de la planta (cm) a los 50 DDS*

<b>Tratamiento</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Grupo</b>
T2	6	22,017	a
T1	6	23,050	a
T4	6	23,233	a
T3	6	26,550	b

Los resultados muestran que el tratamiento T3 registró el mayor promedio de altura (26,55 cm), ubicándose en el grupo estadístico “b”, lo que indica una diferencia significativa respecto a los demás tratamientos. Por su parte, los tratamientos T1 (23,05 cm), T2 (22,02 cm) y T4 (23,23 cm) se agruparon en el grupo “a”, lo que evidencia que no presentan diferencias significativas entre sí. Estos resultados indican que el tratamiento T3 favoreció significativamente el crecimiento en altura de las plantas de espinaca en esta etapa del desarrollo del cultivo.

En la Tabla 44 se presentan los resultados del Análisis de Varianza para la altura de las plantas de espinaca a los 55 DDS.

**Tabla 44**

Análisis de Varianza *para la altura de la planta (cm) a los 55 DDS*

<b>Fuente de variación</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>gl</b>	<b>Media cuadrática</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>
Tratamientos	42,835	3	14,278	8,286	0,001
Error	34,463	20	1,723		
Total	77,298	23			

El análisis evidenció diferencias altamente significativas entre los tratamientos evaluados, debido a que el valor de significancia ( $p < 0,001$ ) es menor al nivel de significancia establecido ( $\alpha = 0,05$ ). Asimismo, el valor de F calculado (8,286) indica que la variación observada entre las medias de los tratamientos es mayor que la variabilidad atribuida al error experimental. Estos resultados sugieren que los bioestimulantes aplicados influyeron significativamente en el crecimiento en altura de las plantas en esta etapa del cultivo, por lo que se justifica la aplicación de una prueba de comparación múltiple de medias (Tukey) para identificar las diferencias entre tratamientos.

En la Tabla 45 se presentan los resultados de la prueba de comparación múltiple de Tukey ( $\alpha = 0,05$ ) para la altura de las plantas de espinaca a los 55 DDS.

**Tabla 45**

*Comparación de medias Tukey para la altura de la planta (cm) a los 55 DDS*

<b>Tratamiento</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Grupo</b>
T2	6	25,850	a
T1	6	26,750	a
T4	6	27,100	a
T3	6	29,467	b

Los resultados muestran que T3 registró el mayor promedio de altura (29,47 cm), ubicándose en el grupo estadístico “b”, lo que indica una diferencia significativa respecto a los demás tratamientos. Por su parte, T1 (26,75 cm), T2 (25,85 cm) y T4 (27,10 cm) se agruparon en el grupo “a”, evidenciando que no presentan diferencias significativas entre sí. Estos resultados sugieren que T3 favoreció significativamente el crecimiento en altura de las plantas de espinaca en esta etapa del desarrollo del cultivo.

En la Tabla 46 se presentan los resultados del Análisis de Varianza para la altura de las plantas de espinaca a los 60 DDS.

**Tabla 46**

Análisis de Varianza *para la altura de la planta (cm) a los 60 DDS*

<b>Fuente de variación</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>gl</b>	<b>Media cuadrática</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>
Tratamientos	132,422	3	44,141	5,342	0,007
Error	165,263	20	8,263		
Total	297,685	23			

El análisis evidenció diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos evaluados, debido a que el valor de significancia ( $p = 0,007$ ) es menor al nivel de significancia establecido ( $\alpha = 0,05$ ). Asimismo, el valor de F calculado (5,342) indica que la variación entre tratamientos es mayor que la variación atribuida al error experimental. Estos resultados sugieren que los bioestimulantes aplicados influyeron significativamente en el crecimiento en altura de las plantas de espinaca al final del ciclo del cultivo, por lo que se justifica la aplicación de una prueba de comparación múltiple de medias (Tukey) para identificar las diferencias entre tratamientos.

La Tabla 47 muestra los resultados de la prueba de comparación múltiple de Tukey ( $\alpha = 0,05$ ) para altura de plantas a los 60 DDS.

**Tabla 47***Comparación de medias Tukey para altura de la planta (cm) a los 60 DDS*

<b>Tratamiento</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Grupo</b>
T2	6	32,467	a
T1	6	33,217	a
T4	6	33,583	a
T3	6	38,433	b

Los resultados muestran que T3 registró el mayor promedio de altura (38,43 cm), ubicándose en el grupo estadístico “b”, lo que indica una diferencia significativa respecto a los demás tratamientos. Por su parte, T1 (33,22 cm), T2 (32,47 cm) y T4 (33,58 cm) se agruparon en el grupo “a”, evidenciando que no presentan diferencias significativas entre sí. Estos resultados indican que T3 favoreció significativamente el crecimiento en altura de las plantas de espinaca al final del ciclo del cultivo.

**b. Análisis e interpretación para la variable: área foliar ( $cm^2$ )**

En la Tabla 48 se presentan los resultados descriptivos del área foliar de las plantas de espinaca para los tratamientos evaluados.

**Tabla 48***Resultados descriptivos del área foliar ( $cm^2$ ) de la espinaca*

<b>Tratamiento</b>	<b>Media (g)</b>	<b>Desviación estándar</b>	<b>Mínimo (g)</b>	<b>Máximo (g)</b>
T1	193,7900	9,86451	180,73	204,28
T2	193,2410	12,94884	175,62	209,09
T3	261,3780	14,96918	240,46	275,28
T4	256,2003	7,41156	248,86	268,78

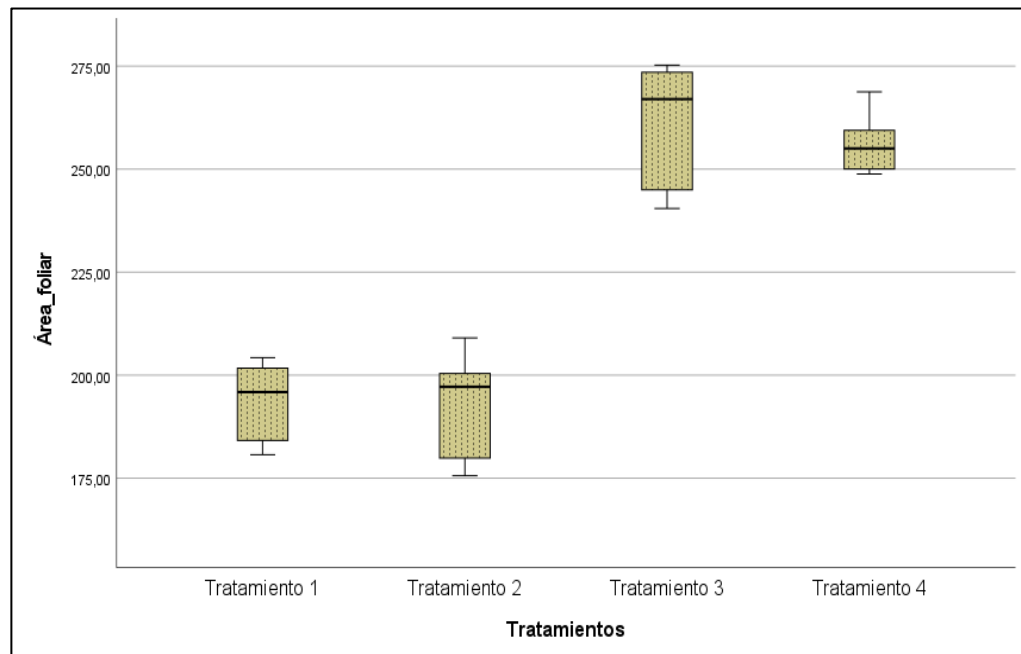
Los resultados muestran que T3 registró el mayor promedio de área foliar (261,38), seguido por el tratamiento T4 (256,20), lo que indica un mayor desarrollo del área de las hojas en comparación con los demás tratamientos. Por su parte, T1 (193,79) y T2 (193,24) presentaron los valores promedio más bajos y muy similares entre sí. En cuanto a la variabilidad de los datos, T3 mostró la mayor dispersión, mientras que T4 presentó mayor uniformidad, reflejada en su menor desviación estándar.

Desde el punto de vista fisiológico, una mayor área foliar favorece la capacidad fotosintética de la planta, lo que puede contribuir a un mayor crecimiento y desarrollo del cultivo, lo que puede contribuir a un mejor crecimiento y desarrollo del cultivo.

La Figura 6, presenta el diagrama de cajas del área foliar de las plantas de espinaca para los tratamientos evaluados.

**Figura 6**

*Distribución del área foliar ( $\text{cm}^2$ ) de las hojas de espinaca*



Se observa que T3 presenta los valores más altos de área foliar, evidenciado por una mayor mediana y un rango intercuartílico superior en comparación con los demás tratamientos, lo que indica un mayor desarrollo de la superficie foliar; T4 también muestra valores elevados, aunque ligeramente menores que T3, reflejando un buen desarrollo del área de las hojas. Por su parte, T1 y T2 presentan valores más bajos y relativamente similares, lo que sugiere un menor desarrollo foliar. En general, la distribución de los datos confirma que T3 y T4 presentaron los mayores valores de área foliar, lo que sugiere un mayor desarrollo de la superficie fotosintética de las plantas en comparación con los demás tratamientos evaluados.

La Tabla 49 muestra resultados de la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk aplicada a los datos del área foliar de las plantas de espinaca para los tratamientos evaluados.

**Tabla 49**

*Prueba de normalidad (Shapiro-Wilk) para el área foliar (cm<sup>2</sup>)*

<b>Tratamiento</b>	<b>W</b>	<b>gl</b>	<b>Sig.</b>
T1	0,895	6	0,347
T2	0,920	6	0,508
T3	0,846	6	0,147
T4	0,916	6	0,480

Los valores de significancia (Sig.) obtenidos para todos los tratamientos (T1, T2, T3 y T4) fueron mayores a 0,05, lo que indica que los datos siguen una distribución normal, por lo que se aceptó la hipótesis nula de normalidad, cumpliéndose uno de los supuestos estadísticos necesarios para la aplicación de pruebas paramétricas como el Análisis de Varianza. Esto confirma que los datos del área foliar son adecuados para realizar comparaciones estadísticas entre los tratamientos evaluados.

En la Tabla 50 se presentan los resultados de la prueba de homogeneidad de varianzas de Levene aplicada a los datos del área foliar de las plantas de espinaca.

**Tabla 50**

*Prueba de homogeneidad de varianzas (Levene) para el área foliar (cm<sup>2</sup>)*

<b>Variable</b>	<b>Estadístico de Levene</b>	<b>gl1</b>	<b>gl2</b>	<b>Sig.</b>
Área foliar	1,837	3	20	0,173

El valor de significancia obtenido ( $p = 0,173$ ) es mayor al nivel de significancia establecido ( $\alpha = 0,05$ ), lo que indica que no existen diferencias significativas entre las varianzas de los tratamientos evaluados. En consecuencia, se acepta la hipótesis de igualdad de varianzas, evidenciando que los datos presentan homogeneidad de varianzas. Este resultado confirma que se cumple uno de los supuestos estadísticos necesarios para la aplicación del Análisis de Varianza en la comparación de los tratamientos.

En la Tabla 51 se presentan los resultados del Análisis de Varianza para el área foliar de las plantas de espinaca bajo los tratamientos evaluados.

**Tabla 51**

*Análisis de Varianza para el área foliar (cm<sup>2</sup>)*

<b>Fuente de variación</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>gl</b>	<b>Media cuadrática</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>
Tratamientos	25645,238	3	8548,413	62,857	0.001
Error	2719,942	20	135,997		
Total	28365,181	23			

El análisis evidenció diferencias altamente significativas entre los tratamientos, ya que el valor de significancia obtenido ( $p < 0,001$ ) es menor al nivel de significancia establecido ( $\alpha = 0,05$ ). Asimismo, el valor de F calculado (62,857) indica que la variación observada entre las medias de los tratamientos es considerablemente mayor que la variabilidad atribuida al error experimental. Lo anterior evidencia un efecto significativo de los tratamientos sobre el desarrollo del área foliar. En consecuencia, se justifica la aplicación de una prueba de comparación múltiple de medias (Tukey) para identificar las diferencias específicas entre los tratamientos evaluados.

En la Tabla 52 se presentan los resultados de la prueba de comparación múltiple de Tukey ( $\alpha = 0,05$ ) para el área foliar de las plantas de espinaca bajo los tratamientos evaluados.

**Tabla 52**

*Comparación de medias Tukey para el área foliar ( $cm^2$ )*

<b>Tratamiento</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Grupo</b>
T2	6	193,2410	a
T1	6	193,7900	a
T4	6	256,2003	b
T3	6	261,3780	b

Los resultados muestran que los tratamientos T3 (261,38) y T4 (256,20) se ubicaron en el grupo estadístico “b”, presentando los mayores valores de área foliar y mostrando diferencias significativas respecto a los demás tratamientos. Por su parte, los tratamientos T1 (193,79) y T2 (193,24) se agruparon en el grupo “a”, lo que indica que no presentan diferencias significativas entre sí y registraron los menores valores de área foliar. Estos resultados evidencian que los tratamientos T3 y T4 favorecieron significativamente el desarrollo del área foliar en las plantas de espinaca, lo cual puede contribuir a una mayor capacidad fotosintética y desarrollo vegetativo del cultivo.

## **4.2 Discusión**

### **4.2.1. Peso fresco por planta (g).**

Uno de los principales indicadores de rendimiento en cultivos hortícolas de hoja, debido a que refleja la acumulación total de biomasa vegetal en condiciones de cosecha. En el presente estudio, el tratamiento T3 registró el mayor valor con 325,50 g, superando a los demás tratamientos, resultados que son superiores a lo reportado por Pedroza y Escobar (2023), quienes obtuvieron 20,37 g por planta, así como a los valores reportados por Mendoza (2019), quien registró rendimientos entre 135 y 225 g por planta en el cultivo de espinaca bajo aplicación de biofertilizantes y bioestimulantes. La mayor producción observada en el presente estudio podría estar asociada a una mayor eficiencia en la acumulación de biomasa vegetal bajo las condiciones experimentales evaluadas.

Las diferencias observadas pueden atribuirse a la acción fisiológica de los extractos vegetales utilizados como bioestimulantes, los cuales contienen metabolitos secundarios y compuestos bioactivos capaces de estimular procesos metabólicos en las plantas, favoreciendo la fotosíntesis, la absorción de nutrientes y la expansión celular, evidenciándose que la aplicación de bioestimulantes influye significativamente en el peso fresco por planta, lo que indica que se acepta la hipótesis planteada, al demostrarse que los tratamientos evaluados generan diferencias significativas en el rendimiento del cultivo de espinaca.

### **4.2.2. Peso seco por planta (g).**

El peso seco representa la biomasa estructural acumulada por la planta, constituyendo un indicador más preciso del crecimiento real del cultivo al excluir el contenido de agua presente en los tejidos vegetales. En el presente estudio, el tratamiento T3 registró el mayor valor con 23,18 g por planta, seguido muy de cerca por el tratamiento T4 con 23,09 g por planta.

Estos valores superan ampliamente los reportados por Pedroza & Escobar (2023), quienes registraron un peso seco máximo de 2,78 g por planta, así como los valores obtenidos por Riaño et al. (2019), quienes reportaron un promedio de 1,69 g de peso seco en espinaca. La mayor acumulación de biomasa seca observada en el presente estudio sugiere una respuesta fisiológica favorable del cultivo frente a los bioestimulantes aplicados. Las diferencias observadas pueden atribuirse a variaciones en el tipo de bioestimulante empleado, las condiciones experimentales y el manejo agronómico del cultivo, factores que influyen directamente en la acumulación de materia seca, en consecuencia, los resultados obtenidos demuestran que los bioestimulantes influyen significativamente en el peso seco por planta; por lo tanto, se acepta la hipótesis planteada, al comprobarse que la aplicación de bioestimulantes genera diferencias significativas.

#### **4.2.3. Número de hojas por planta**

Constituye un indicador fundamental del crecimiento vegetativo en el cultivo, debido a su relación directa con la superficie fotosintética disponible y la capacidad de producción de biomasa. El tratamiento T3 presentó el mayor número de hojas, alcanzando 35,67 hojas por planta a los 60 DDS, superando a los demás tratamientos, resultados superiores a los reportados por Mejía (2024), quien obtuvo un promedio de 12,18 hojas por planta mediante la aplicación de bioestimulantes comerciales, coincidiendo con Pedroza & Escobar (2023) quienes reportaron 12 hojas promedio por planta con aplicación de bio; mientras que Díaz (2015) registró 23,98 hojas por planta con el bioestimulante Wuxal Doble. Estas diferencias podrían atribuirse al tipo de bioestimulante, ya que los extractos vegetales utilizados en el presente estudio contienen compuestos bioactivos capaces de estimular procesos fisiológicos como la división celular, la expansión foliar y la formación de nuevos tejidos vegetales, en consecuencia, los resultados obtenidos demuestran que la aplicación de bioestimulantes influye significativamente en el número de hojas por planta, lo que permite aceptar la hipótesis planteada, al evidenciarse diferencias entre los tratamientos evaluados.

#### **4.2.4. Altura de la planta (cm).**

Constituye un indicador del vigor vegetativo y del desarrollo fisiológico del cultivo. En el presente estudio, el tratamiento T3 registró la mayor altura con 38,43 cm, superando a los tratamientos T1 (33,21 cm), T2 (32,46 cm) y T4 (33,58 cm). Resultados similares fueron reportados por Valenzuela (2016), quien obtuvo una altura promedio de 33,0 cm en espinaca bajo fertilización orgánica. Sin embargo, Vaca (2023) reportó valores inferiores, alcanzando 15,69 cm a los 45 DDT, sin encontrar diferencias significativas entre tratamientos. La mayor altura observada sugiere un efecto positivo de los bioestimulantes en los procesos de elongación celular y crecimiento vegetativo. Este efecto puede estar asociado a la activación de fitohormonas como auxinas y giberelinas, así como a una mayor absorción de nutrientes por el sistema radicular, por lo tanto, los resultados evidencian que la aplicación de bioestimulantes influye significativamente en la altura de planta, permitiendo aceptar la hipótesis planteada para esta variable de crecimiento vegetativo.

#### **4.2.5. Área foliar de la hoja ( $cm^2$ ).**

Constituye una variable clave en el análisis del crecimiento vegetal, ya que determina la capacidad fotosintética del cultivo y su potencial de producción de biomasa. El tratamiento T3 registró el mayor valor con 261,38  $cm^2$ , seguido de T4 con 256,20  $cm^2$ . Estos valores superan ampliamente los reportados por Calvo (2018), quien obtuvo un promedio de 53,15  $cm^2$  por hoja en el cultivo de espinaca bajo condiciones de densidad de siembra de  $20 \times 20$  cm. El incremento observado en el presente estudio puede explicarse por una mayor expansión celular y una mayor actividad fotosintética inducida por los bioestimulantes aplicados; en ese sentido, los resultados evidencian que la aplicación de bioestimulantes influye significativamente en el área foliar del cultivo, lo que permite aceptar la hipótesis planteada, al observarse diferencias claras entre los tratamientos evaluados.

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES

- Los bioestimulantes elaborados a partir de extractos vegetales (T3: *Allium sativum*, *Allium cepa* y *Capsicum spp.* y T4: *Ruta graveolens*) influyen significativamente en el rendimiento y comportamiento agronómico del cultivo de *Spinacia oleracea* L., en condiciones de maceta en Huanta, evidenciándose que el tratamiento T3 presenta el mejor desempeño general frente a los demás tratamientos evaluados.
- Los bioestimulantes naturales influyeron en las variables de rendimiento del cultivo. El tratamiento T3 registró el mayor peso fresco por planta, mientras que los mayores valores de peso seco correspondieron a los tratamientos T3 y T4. Presentando de igual forma los mayores valores en número de hojas por planta.
- En el crecimiento vegetativo del cultivo de espinaca, el tratamiento T3 presentó los mayores valores en altura de planta y el área foliar, superando a los demás tratamientos evaluados, como T1 y T2, cuyos valores fueron inferiores en dichas variables. Estos resultados reflejan un mayor desarrollo vegetativo de las plantas tratadas con la combinación de extractos de ajo, cebolla y ají, lo que favoreció la expansión foliar y el crecimiento de la planta.

## CAPÍTULO VI

### RECOMENDACIONES

- A los productores agrícolas de la provincia de Huanta y de zonas con condiciones agroecológicas similares utilizar el bioestimulante correspondiente al tratamiento T3, elaborado a partir de extractos de ajo (*Allium sativum*), cebolla (*Allium cepa*) y ají (*Capsicum spp.*), debido a su mejor desempeño en el cultivo de espinaca, pero también, promover el uso de bioestimulantes vegetales en sistemas de producción sostenible. La aplicación de este bioestimulante puede contribuir a mejorar el desarrollo vegetativo.
- A los agricultores dedicados a la producción de hortalizas y técnicos agrícolas considerar el uso de bioestimulantes vegetales de origen vegetal como alternativa para mejorar el crecimiento vegetativo del cultivo de espinaca, debido a que favorecen el incremento del número de hojas, la altura de planta y el área foliar, variables que influyen directamente en el desarrollo y productividad del cultivo. Asimismo, el uso de estos bioinsumos puede contribuir a promover sistemas de producción más sostenibles y amigables con el ambiente.
- A investigadores, universidades y centros de investigación agronómica desarrollar estudios complementarios que evalúen diferentes concentraciones, frecuencias de aplicación y combinaciones de extractos vegetales en bioestimulantes vegetales, así como su efecto en condiciones de campo abierto y en otros cultivos hortícolas. De igual manera, sería importante analizar su influencia en variables relacionadas con la calidad del producto y la rentabilidad del cultivo.

## CAPÍTULO VII

### REFERENCIAS

- Alanya, Y. (2024). *Niveles de gallinaza procesada en el rendimiento de dos variedades de espinaca (Spinacia oleracea L.). Canaán 2750 msnm, Ayacucho, 2022* [Tesis de ingeniera agrónoma, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Ayacucho, Perú]. <https://goo.su/k8eLr>
- Ali, M., Cheng, Z., Hayat, S., Ahmad, H., Ghani, M., & Liu, T. (2019). Foliar spraying of aqueous garlic bulb extract stimulates growth and antioxidant enzyme activity in eggplant (*Solanum melongena* L.). *Journal of Integrative Agriculture, 18*(5), 1001–1013. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(18\)62129-X](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(18)62129-X)
- Astete, L. (2024). *Uso de biol a base de residuos de pescado para mayor rendimiento ecológico de espinaca (Spinacia oleracea L.), Barranca – 2022* [Tesis de maestría en Ecología y Gestión Ambiental, Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, Huacho, Perú]. <https://goo.su/qIldg6>
- Ato, M., López, J., & Benavente, A. (2013). Un sistema de clasificación de los diseños de investigación en psicología. *Anales de Psicología, 29*(3). <https://doi.org/10.6018/analesps.29.3.178511>
- ATTRA. (2007). *El Manejo Sostenible del suelo* (Vol. 1). [www.ncat.org/agri.html](http://www.ncat.org/agri.html)
- Benito, J. (2020). *Impacto ambiental del uso de plaguicidas en los cultivos de espinaca y arveja en el anexo de Picoy – Tarma* [Tesis de ingeniero ambiental, Universidad Católica Sedes de Sapientiae, Tarma, Perú]. <https://goo.su/Mg6xspU>
- Brockington, S., Alexandre, R., Ramdial, J., Moore, M., Crawley, S., Dhingra, A., Hilu, K., Soltis, D., & Soltis, P. (2009). Phylogeny of the Caryophyllales Senu Lato: Revisiting Hypotheses on Pollination Biology and Perianth Differentiation in the Core Caryophyllales. *International Journal of Plant Sciences, 170*(5), 627–643. <https://doi.org/10.1086/597785>

- 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>
- Calvo, J. (2018). *Adaptabilidad y potencial de rendimiento de tres variedades de espinaca (Espinacia oleracea L.) en el distrito de Lamas* [Tesis de ingeniero agrónomo, Universidad Nacional de San Martín, Tarapoto, Perú]. <https://goo.su/fpazTS>
- Calvo, P., Nelson, L., & Kloepper, J. W. (2014). Agricultural uses of plant biostimulants. *Plant Soil*, 383(1–2), 3–41. <https://doi.org/10.1007/s11104-014-2131-8>
- Cochea, E. (2025). *Micorrizas, elicitores y bioestimulantes en hortalizas: funciones y aplicaciones en sistemas de producción agrícola sostenible en América Latina* [Tesis de ingeniero agropecuario, Universidad Estatal Península de Santa Elena, La Libertad, Ecuador]. <https://goo.su/U111P>
- Colorado, F., Montañez, I., Bolaños, C., & Rey, J. (2013). Crecimiento y desarrollo de albahaca (*Ocimum basilicum* L.) bajo cubierta en la Sabana de Bogotá. *CIENCIAS AGROPECUARIAS*, 16(1), 121–129. <https://doi.org/10.31910/rudca.v16.n1.2013.866>
- Cortez, H. (2025). *Potencial del bioestimulante de romero en la producción de pepino* [Tesis de ingeniero agrónomo, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Santiago de Lugo Guerrero, México]. <https://goo.su/G0VnB>
- Cozzolino, E., Di Mola, I., Ottaiano, L., El-Nakhel, C., Roupael, Y., & Mori, M. (2021). Foliar application of plant-based biostimulants improve yield and upgrade qualitative characteristics of processing tomato. *Italian Journal of Agronomy*, 16(2), 1825. <https://doi.org/10.4081/ija.2021.1825>

- Das, S. (2023). Contributions of crop-wild relatives toward broadening the list of leafy vegetables. *International Journal of Vegetable Science*, 29(2), 95–108. <https://doi.org/10.1080/19315260.2022.2132569>
- Di Mola, I., Cozzolino, E., Ottaiano, L., Nocerino, S., Rouphael, Y., Colla, G., El-Nakhel, C., & Mori, M. (2020). Nitrogen Use and Uptake Efficiency and Crop Performance of Baby Spinach (*Spinacia oleracea* L.) and Lamb's Lettuce (*Valerianella locusta* L.) Grown under Variable Sub-Optimal N Regimes Combined with Plant-Based Biostimulant Application. *Agronomy*, 10(2), 278. <https://doi.org/10.3390/agronomy10020278>
- Díaz, F. (2015). *Efecto de la aplicación de tres bioestimulantes en el cultivo de Espinaca (spinacea oleracea l), en la Zona de Izamba, provincia de Tungurahua* [Tesis de ingeniero agrónomo, Universidad Técnica de Babahoyo, El Ángel, Carchi, Ecuador]. <https://goo.su/tbUeekO>
- du Jardin, P. (2015). Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. *Scientia Horticulturae*, 196, 3–14. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.021>
- El Nakhel, C., Cozzolino, E., Ottaiano, L., Petropoulos, S., Nocerino, S., Pelosi, M., Rouphael, Y., Mori, M., & Di Mola, I. (2022). Effect of Biostimulant Application on Plant Growth, Chlorophylls and Hydrophilic Antioxidant Activity of Spinach (*Spinacia oleracea* L.) Grown under Saline Stress. *Horticulturae*, 8(10), 971. <https://doi.org/10.3390/horticulturae8100971>
- 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>

- Falcón, A. (2024). *Evaluación de compuestos organosulfurados derivados de cebolla y microorganismos de control biológico en olivo (Olea europaea): Investigación de la capacidad antimicrobiana y bioestimulante* [Tesis Doctoral en Biología Fundamental y de Sistemas, Universidad de Granada, Granada, España]. <https://goo.su/BToJ>
- FAO. (2024, July 26). *Encuentro Regional en torno a la lucha contra la anemia y desnutrición crónica en el marco del DMA*. <https://goo.su/hUinWI8>
- Farias, S. (2019). *Efecto alelopático de extractos de ortiga (Urtiga dioica) y cola de caballo (Equisetum arvense L.) en la germinación de semillas y crecimiento de plántulas de limón rugoso (Citrus jambhiri Lush)*. [Tesis de ingeniero agrónomo, Universidad Nacional de Tumbes, Tumbes, Perú]. <https://goo.su/vvm5E>
- Franzoni, G., Cocetta, G., Prinsi, B., Ferrante, A., & Espen, L. (2022). Biostimulants on Crops: Their Impact under Abiotic Stress Conditions. *Horticulturae*, 8(3), 189. <https://doi.org/10.3390/horticulturae8030189>
- García, M., Gutiérrez, M., Hernández, H., García, R., Labastida, F. y Guajardo, J. (2023). Actividad antioxidante y contenido de fenoles totales de aceites esenciales y extractos de plantas aromáticas. *JÓVENES EN LA CIENCIA*, 21, 1–7. <https://acortar.link/z3ageN>
- Giulia, R., & Ferrante, A. (2019). Biostimulants application in horticultural crops under abiotic stress conditions. *Agronomy*, 9(6), 0–30. <https://doi.org/10.3390/agronomy9060306>
- Guarnizo, D., Láinez, Y., & Alcázar, M. (2024). Aprovechamiento de especies vegetales (*Urtica urens* y *Ruda graveolens*) para la elaboración de un biofertilizante. *Código Científico Revista de Investigación*, 5(2), 1974–1993. <https://doi.org/10.55813/gaea/ccri/v5/n2/644>
- Hayat, S., Ahmad, H., Ali, M., Ren, K., & Cheng, Z. (2018). Aqueous garlic extract stimulates growth and antioxidant enzymes activity of tomato (*Solanum*

- lycopersicum*). *Scientia Horticulturae*, 240, 139–146.  
<https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.06.011>
- Hernández, P., Berendsohn, W., Borsch, T., Mering, S., Akhani, H., Arias, S., Castañeda, I., Eggli, U., Eriksson, R., Flores, H., Fuentes, S., Kadereit, G., Klak, C., Korotkova, N., Nyffeler, R., Ocampo, G., Ochoterena, H., Oxelman, B., Rabeler, R., ... Uotila, P. (2015). A taxonomic backbone for the global synthesis of species diversity in the angiosperm order *Caryophyllales*. *Willdenowia*, 45(3), 281. <https://doi.org/10.3372/wi.45.45301>
- Hernández, R., & Mendoza, C. (2019). Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. *Revista Universitaria Digital de Ciencias Sociales (RUDICS)*, 10(18), 92–95.  
<https://doi.org/10.22201/fesc.20072236e.2019.10.18.6>
- 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>
- 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]. <https://goo.su/B3yby>
- INIA. (2001). *Enfermedades en hortalizas*. <https://goo.su/vq2iy1>
- INIA. (2002). *El cultivo de espinaca*. <https://goo.su/voA11>
- INIA. (2010). *Producción de hortalizas en biohuertos con riego INIA modelo "A."*
- Kadereit, G., Borsch, T., Weising, K., & Freitag, H. (2003). Phylogeny of Amaranthaceae and Chenopodiaceae and the Evolution of C4 Photosynthesis. *International Journal of Plant Sciences*, 164(3).

- Kumar, T., & Jatav, V. (2023). Production Technology of Underutilized Vegetables of Chenopodiaceae (Amaranthaceae) Family. *Production Technology of Underutilized Vegetable Crops*, 239–259. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-15385-3\\_11](https://doi.org/10.1007/978-3-031-15385-3_11)
- López, L., Scalschi, L., Simeón, R., San Bautista, A., & González, A. (2026). Harnessing the Power of Biostimulants: A Comprehensive Review of Their Role in Enhancing Agricultural Productivity and Sustainability. *Applied Sciences*, 16(4), 1924. <https://doi.org/10.3390/app16041924>
- Maričić, B., Brkljača, M., Ban, D., Palčić, I., Franin, K., Marčelić, Š., & Goreta Ban, S. (2022). Non-Aerated Common Nettle (*Urtica dioica* L.) Extract Enhances Green Beans (*Phaseolus vulgaris* L.) Growth and Soil Enzyme Activity. *Life*, 12(12). <https://doi.org/10.3390/life12122145>
- Mejía, W. (2024). *Efecto de la aplicación de 4 bioestimulantes sobre el rendimiento del cultivo de espinaca (Spinacia oleracea L.), en Cajamarca* [Tesis de ingeniero agrónomo, Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Perú]. <https://goo.su/NknRI>
- Mendoza, J. (2019). *Efecto de la aplicación de biofertilizantes y un bioestimulante vegetal en el cultivo de espinaca (Spinacia oleracea L.)*. [Tesis de ingeniero agrónomo, Universidad Nacional Autónoma de México, Cuautitlán Izcalli, México]. <https://goo.su/gCj9G>
- Molina, E. (2025). *Niveles de broza de semillas de quinua en el rendimiento de dos variedades de espinaca (Spinacea oleracea L.) Santiago de Huatatas, 2637 msnm, Ayacucho - 2024* [Tesis de ingeniero agrónomo, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Ayacucho, Perú]. <https://goo.su/9T25OaM>
- Mondino, M., Baladan, D., & Vicente, D. (2017, December). Evaluación agronómica de cultivares de espinaca (*Spinacia oleracea* L.) con destino industrial en el Cinturón Hortícola de Rosario. *Agromensajes*, 8–13. <https://goo.su/GaOL6Bi>

- Muller, K., & Borsch, T. (2005). Phylogenetics of Amaranthaceae Based on matK/trnK Sequence Data: Evidence from Parsimony, Likelihood, and Bayesian Analyses. *Missouri Botanical Garden*, 92(1), 66–102.
- Murillo, K., & Haro, R. (2024). *Evaluación de un bioestimulante de micorrizas y extracto vegetal de ortiga (Urtica dioica) para la producción de rábano (Raphanus sativus)*. [Tesis de magíster en biotecnología, Universidad Estatal de Milagro, Ecuador]. <https://goo.su/zIjvq>
- Ogundipe, O., & Chase, M. (2009). Phylogenetic Analyses of Amaranthaceae Based on matK DNA Sequence Data with Emphasis on West African Species. *Turkish Journal of Botany*, 33. <https://doi.org/10.3906/bot-0707-15>
- Olano, M. (2022). *Dosis de cuyaza y momento de aplicación en invernadero en Spinacia oleracea L. Variedad Viroflay Improvet* [Tesis de ingeniero agrónomo, Universidad Nacional de San Martín, Tarapoto, Perú]. <https://orcid.org/0000-0003-3490-1977>
- Pedroza, L., & Escobar, E. (2023). *Aplicación de biol y biosol en la producción de espinaca (Spinacia oleracea L.) en condiciones de invernadero en Acobamba, Huancavelica* [Tesis de ingeniero agrónomo, Universidad Nacional de Huancavelica, Perú]. <https://goo.su/UZD7U>
- Pulido, K., & Rincón, A. (2024). *Evaluaciones de algunas variables de rendimiento agronómico de la espinaca (Spinacia oleracea L.) bajo fertilización orgánica y convencional* [Tesis de ingeniera Agrónoma, Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales, Bogotá, Colombia]. <https://goo.su/gDUAq>
- Quina, C. (2024). *Efecto de niveles de abono compostado de ovino en comportamiento agronómico, rendimiento de biomasa aérea en dos variedades de espinaca (Spinacia oleracea L.)* [Tesis de ingeniero agrónomo, Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú]. <https://goo.su/hVf48bU>

- Quispe, R. (2025). *Efecto de abonos foliares en el cultivo de espinaca (Spinacia oleracea L.) distrito de Rocchacc, Chincheros – Apurímac, 2023* [Tesis de ingeniero agrónomo, Universidad Tecnológica de los Andes, Abancay, Apurímac, Perú]. <https://goo.su/jQwK45G>
- Reyes, C., Martínez, D., Morales, P., Sobal, M., Helios, A., & Ávila, J. (2014). Efecto del extracto de ruda (*Ruta graveolens*) en el crecimiento micelial de Trichoderma\*  
Effect of the extract of rue (*Ruta graveolens*) on the mycelial growth of Trichoderma. In *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* (Vol. 5). <https://goo.su/TwdrzZw>
- Reyna, E. (2025). *Respuesta de variedades de Spinacia oleracea cultivadas en una biofábrica con iluminación artificial* [Tesis de grado en Ciencias con Orientación en Ingeniería en Biosistemas, Universidad Autónoma de Nuevo Leon, General Escobedo, N. L., México]. <https://goo.su/umd9V>
- Riaño, E., Caicedo, L., Torres, A., Hurtado, H., & Gómez, E. (2019). Cambios en los niveles de nutrientes en solución hidropónica de espinaca baby (*Spinacia oleracea L.*), para su futura aplicación en acuaponía. *Orinoquia*, 23(1). <https://goo.su/zGGzjS>
- Ribera, A. (2019). *A review on the domestication and breeding history of spinach (Spinacia oleracea L.) The possible origin and spread of spinach* [Thesis the Specialization Molecular Plant Breeding and Pathology, University & Research]. <https://edepot.wur.nl/494645>
- Rouphael, Y., & Colla, G. (2020). Editorial: Biostimulants in Agriculture. *Frontiers in Plant Science*, 11. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00040>
- Sangay, H. (2022). *Eficiencia de tres dosis de biol para mejorar el rendimiento de espinaca (Spinacia oleracea sp.), en el departamento de Cajamarca* [Tesis de ingeniero agrónomo, Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Perú]. <https://goo.su/nULoFkk>

- Santos, J., Leiva, S., Espinoza, E., Saravia, D., Castillo, C., Cruz, J., Klauer, D., & Melgar, D. (2025). Synergistic effects of potassium and gibberellin on the yield and quality of yellow pitahaya (*Hylocereus megalanthus*) fruits in the Peruvian Amazon. *Frontiers in Agronomy*, 7. <https://doi.org/10.3389/fagro.2025.1677288>
- Steffen, R., Antonioli, Z., Steffen, Z., Jacques, R., dos Santos, M., Godoy, H., & Júnior, S. (2013). Óleo essencial de eucalipto como bioestimulador do crescimento de fungos ectomicorrízicos in vitro. *Ciência Florestal, Santa Maria*, 23, 403–414. <https://goo.su/fz9ur>
- Suárez, M. (2025). *Actividad biocida del extracto hidroalcohólico de las hojas de Ruta graveolens L. “ruda” sobre larvas de Symmetrischema tangolias (Gyen) “polilla de papa”, Ayacucho 2024* [Tesis de químico farmacéutico, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Ayacucho, Perú]. <https://goo.su/pDbc6HI>
- Sukhorukov, A., & Zhang, M. (2013). Fruit and Seed Anatomy of Chenopodium and Related Genera (Chenopodioideae, Chenopodiaceae/Amaranthaceae): Implications for Evolution and Taxonomy. *PLoS ONE*, 8(4), e61906. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0061906>
- Teresa, M. (2013). *Efecto de diferentes enmiendas orgánicas sobre el rendimiento y la concentración de nitrato en cultivo ecológico de espinaca (Spinacia oleracea L.) en invernadero* [Tesis de maestría en ciencias agrarias, Universidad Nacional del Sur, Argentina]. <https://goo.su/KEMpk>
- Uotila, P., Sukhorukov, A., Bobon, N., McDonald, J., Krinitsina, A. A., & Kadereit, G. (2021). Phylogeny, biogeography and systematics of Dysphanieae (Amaranthaceae). *TAXON*, 70(3), 526–551. <https://doi.org/10.1002/tax.12458>
- Vaca, B. (2023). *Comparación de dos soluciones nutritivas orgánicas en la producción de espinaca (Spinacia oleracea L.) mediante un sistema aeropónico, Cantón Guayaquil* [Tesis de ingeniero agrónomo, Universidad Agraria del Ecuador, Guayaquil, Ecuador]. <https://goo.su/68OS31U>

- Valenzuela, H. (2016). *Evaluación del efecto de abonos orgánicos en el cultivo de espinaca (Spinacia oleracea), variedades Viroflay, Dash en invernadero del Centro de Investigación y Producción Santo Tomas-Abancay* [Tesis de ingeniero agrónomo, Universidad Tecnológica de los Andes, Abancay, Apurímac Perú]. <https://goo.su/aNg2wIQ>
- Vega, D., Garzón, M., Niño, S., & Rico, P. (2015). Bioestimulante para la producción de lechuga *Lactuca Sativa* L. *Inventum*, 10(19), 13–20. <https://goo.su/jRhsJ1w>
- Voutsinos, O., Karavidas, I., Savvas, D., Ntanasi, T., Kaimpalis, V., Consentino, B., Aliferis, K., Karkanis, A., Sabatino, L., & Ntatsi, G. (2024). Impact of Nitrogen Limitation, Irrigation Levels, and Nitrogen-Rich Biostimulant Application on Agronomical and Chemical Traits of Hydroponically Grown *Cichorium spinosum* L. *Horticulturae*, 10(10), 1063. <https://doi.org/10.3390/horticulturae10101063>
- Yañez, J. (2017). *Formulación bioestimulante del crecimiento y desarrollo vegetal e inductora de resistencia para el control de enfermedades causadas por virus fitopatógenos y método de preparación* (Patent ES2628278B2). <https://goo.su/kjRovq>
- Yauri, H. (2025). *Respuesta del cultivo de espinaca (Spinacea oleracea) a la aplicación de diferentes dosis de Bokashi. Vilcabamba – Daniel Alcides Carrión* [Tesis de ingeniero agrónomo, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, Cerro de Pasco, Perú]. <https://goo.su/vJ3ET>
- Yu, J., Zhu, M., Wang, M., Tang, W., Wu, S., Zhang, K., & Yang, G. (2020). Effect of nordihydroguaiaretic acid on grape berry cracking. *Scientia Horticulturae*, 261, 108979. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.108979>
- 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/srjcidiv1i1.42>

## CAPÍTULO VIII

## ANEXOS

**Anexo 1***Matriz de consistencia*

**TESIS: Evaluación de cuatro bioestimulantes sobre el rendimiento y comportamiento agronómico de la espinaca (*Spinacia oleracea* L.) en condiciones de maceta, en Huanta**

Problema	Objetivo	Hipótesis	Variable	Dimensión	Indicador	Metodología
<b>Problema general:</b>  ¿Cuál es el efecto de cuatro bioestimulantes naturales elaborados con extractos vegetales sobre el rendimiento y comportamiento agronómico del cultivo de espinaca ( <i>Spinacia oleracea</i> L.) en condiciones de maceta, en Huanta?	<b>Objetivo general:</b>  Evaluar el efecto de cuatro bioestimulantes caseros elaborados con residuos agrícolas sobre el rendimiento y comportamiento agronómico del cultivo de espinaca ( <i>Spinacia oleracea</i> L.) en condiciones de maceta.	<b>Hipótesis general:</b>  La aplicación de bioestimulantes vegetales elaborados a partir de extractos vegetales influye significativamente en el rendimiento y comportamiento agronómico del cultivo de espinaca ( <i>Spinacia oleracea</i> L.) en condiciones de maceta en Huanta.	<b>Independiente:</b>  Bioestimulante	Tipo	Extracto de eucalipto + romero Extracto de ortiga + cola de caballo Extracto de ajo + cebolla + ají Extracto de ruda	<b>Tipo de investigación:</b> Aplicada  <b>Enfoque:</b> Cuantitativo  <b>Nivel:</b> Explicativo/Experimental  <b>Diseño:</b> Diseño completamente al azar (DCA)  <b>Población:</b> 24 plantas de espinaca ( <i>Spinacia oleracea</i> )
				Composición de origen	Hojas de arbustos Follaje de yerbas Jugos de verduras Restos vegetales	
				Forma de aplicación	Foliar Radicular Combinado	
				Concentración / dilución	ml/L o L/10 L de agua	
				Frecuencia de aplicación	Cada 10 días	

Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específica				L.) cultivadas en condiciones experimentales
<p>¿Cuál es el efecto de los bioestimulantes sobre el rendimiento (peso fresco y seco por planta, número de hojas) del cultivo de espinaca?</p> <p>¿Cuál es el efecto de los bioestimulantes sobre el comportamiento agronómico (altura de planta, área foliar) del cultivo de espinaca?</p>	<p>- Determinar el efecto de los bioestimulantes sobre el rendimiento (peso fresco, peso seco y número de hojas por planta) del cultivo de espinaca (<i>Spinacia oleracea</i> L) en condiciones de maceta.</p> <p>- Determinar el efecto de los bioestimulantes sobre el comportamiento agronómico (altura de planta, área foliar) del cultivo de espinaca (<i>Spinacia oleracea</i> L) en condiciones de maceta.</p>	<p>1. La aplicación de bioestimulantes vegetales influye significativamente en el rendimiento (peso fresco, peso seco y número de hojas por planta) del cultivo de espinaca (<i>Spinacia oleracea</i> L) en condiciones de maceta.</p> <p>2. La aplicación de bioestimulantes vegetales influye significativamente en el comportamiento agronómico (altura de planta, área foliar) del cultivo de espinaca (<i>Spinacia oleracea</i> L) en condiciones de maceta.</p>	<p><b>Variable dependiente:</b></p> <p>Rendimiento del cultivo y comportamiento agronómico</p>			<p><b>Muestra:</b> 24 plantas evaluadas dentro de las unidades experimentales del estudio</p> <p><b>Técnicas:</b> Observación directa y medición agronómica</p> <p><b>Instrumentos:</b> Regla milimétrica, fichas, balanza digital y equipo de secado (estufa)</p>



**Figura 7***Primer registro de datos*

Evaluación de cuatro bioestimulantes sobre el rendimiento y comportamiento agronómico de la espinaca (*Spinacia oleracea* L.) en condiciones de maceta, en Huanta

**FICHA DE CAMPO DE LA INVESTIGACIÓN**

Fecha de evaluación:	16 / 12 / 2025
Fecha de siembra:	15 / 11 / 2025
Ubicación:	INTAY - HUANTA - IURICOCHA
Fase fenológica:	CRECIMIENTO VEGETATIVO - 31 (DDS)
Fecha de aplicación de bioestimulante:	6 / 12 / 2025 → I aplicación

Variable de evaluación:

maceta	tratamiento	Altura de la planta (cm)	Número de hojas (unidad)
M-01	T4	15.8	12
M-02	T1	11.1	13
M-03	T2	14.1	12
M-04	T3	14.4	12
M-05	T2	13.2	12
M-06	T3	17.3	13
M-07	T4	16.2	11
M-08	T1	15.6	12
M-09	T5	16.5	14
M-10	T4	15.6	14
M-11	T1	14.3	11
M-12	T2	12.5	14
M-13	T1	15.8	12
M-14	T2	13.9	13
M-15	T2	14.3	13
M-16	T4	14.3	13
M-17	T2	14.2	13
M-18	T4	15.4	12
M-19	T2	13.7	12
M-20	T4	15.3	11
M-21	T1	13.7	12
M-22	T3	14.8	14
M-23	T1	14.4	12
M-24	T3	15.7	13

*Nota.* Primera evaluación de crecimiento de la planta y el conteo de número de hojas, realizado el 16 de diciembre del 2025.

## Figura 8

### Segundo registro de datos

Evaluación de cuatro bioestimulantes sobre el rendimiento y comportamiento agronómico de la espinaca (*Spinacia oleracea* L.) en condiciones de maceta, en Huanta

**FICHA DE CAMPO DE LA INVESTIGACIÓN**

Fecha de evaluación:	26 / 12 / 2025
Fecha de siembra:	15 / 11 / 2025
Ubicación:	INTAY (HUANTA / JURICOCHA)
Fase fenológica:	CRECIMIENTO VEGETATIVO 41 (DDS)
Fecha de aplicación de bioestimulante:	16 / 12 / 2025 → II APLICACIÓN

Variable de evaluación:

maceta	tratamiento	Altura de la planta (cm)	Número de hojas (unidad)
M-01	T4	21.2	16
M-02	T1	18.6	14
M-03	T2	19.7	16
M-04	T3	20.3	17
M-05	T2	18.1	17
M-06	T3	22.7	16
M-07	T4	23.4	12
M-08	T1	20.7	16
M-09	T3	23.1	15
M-10	T4	20.1	14
M-11	T1	19.3	16
M-12	T2	19.9	14
M-13	T1	19.7	17
M-14	T2	20.4	15
M-15	T3	22.6	16
M-16	T4	21.5	15
M-17	T2	20.2	16
M-18	T4	21.7	14
M-19	T2	19.6	16
M-20	T4	20.8	15
M-21	T1	20.9	16
M-22	T3	21.2	16
M-23	T1	20.3	17
M-24	T3	20.4	17

OBSERVACIONES:

- PLAGA ENCONTRADA → GUSANO DENOMINADO FAISO MEDIDOR
- SE REALIZO CONTROL MANUAL
- AFECTADOS T3, T1

*Nota.* Datos correspondientes a la segunda evaluación agronómica realizada el 26 de diciembre de 2025 (41 DDS), donde se registraron las variables altura de planta y número de hojas del cultivo de espinaca (*Spinacia oleracea* L.).

Figura 9

## Tercer registro de datos

Evaluación de cuatro bioestimulantes sobre el rendimiento y comportamiento agronómico de la espinaca (*Spinacia oleracea* L.) en condiciones de maceta, en Huanta

**FICHA DE CAMPO DE LA INVESTIGACIÓN**

Fecha de evaluación:	4 / 01 / 2026
Fecha de siembra:	15 / 11 / 2025
Ubicación:	INTAY / HUANTA / LURICOCHA
Fase fenológica:	CRECIMIENTO VEGETATIVO - 50 (DDS)
Fecha de aplicación de bioestimulante:	26 / 12 / 2025 → III APLICACIÓN

Variante de evaluación:

maceta	tratamiento	Altura de la planta (cm)	Número de hojas (unidad)
M-01	T4	23.2	20
M-02	T1	18.7	20
M-03	T2	19.9	19
M-04	T3	26.5	21
M-05	T2	23.8	21
M-06	T3	27.8	22
M-07	T4	21.1	21
M-08	T1	22.1	19
M-09	T3	25.2	23
M-10	T4	24.1	21
M-11	T1	23.2	22
M-12	T2	21.4	22
M-13	T1	26.3	21
M-14	T2	22.2	23
M-15	T3	25.9	24
M-16	T4	23.4	23
M-17	T2	23.5	20
M-18	T4	22.6	22
M-19	T2	21.3	21
M-20	T4	24.5	20
M-21	T1	24.3	21
M-22	T3	26.8	24
M-23	T1	23.7	20
M-24	T3	27.0	23

OBSERVACIONES:

<ul style="list-style-type: none"> <li>- CONTROL TOTAL DE 10 PLANTAS</li> <li>- EFECTUADOS DEL REFERENTE NATURAL</li> <li>- APLICACIÓN 27, 28, 30 DICIEMBRE Y 1 DE ENERO.</li> </ul>
--

*Nota.* Registro de datos correspondiente a la tercera evaluación agronómica realizada el 4 de enero de 2026 (50 DDS), donde se registraron las variables altura de planta y número de hojas del cultivo de espinaca (*Spinacia oleracea* L.).

**Figura 10**

Cuarto registro de datos

Evaluación de cuatro bioestimulantes sobre el rendimiento y comportamiento agronómico de la espinaca (*Spinacia oleracea* L.) en condiciones de maceta, en Huanta

**FICHA DE CAMPO DE LA INVESTIGACIÓN**

Fecha de evaluación:	9 / 01 / 2026
Fecha de siembra:	15 / 11 / 2025
Ubicación:	INTA / HUANTA / URUCUCHA
Fase fenológica:	DESARROLLO FOLAR 55 (DDS)
Fecha de aplicación de bioestimulante:	05 / 01 / 2026 → IV APLICACIÓN

Variable de evaluación:

maceta	tratamiento	Altura de la planta (cm)	Número de hojas (unidad)
M-01	T4	28.9	23
M-02	T2	26.1	22
M-03	T2	24.6	19
M-04	T3	30.3	24
M-05	T2	26.2	21
M-06	T3	30.7	25
M-07	T4	27.4	24
M-08	T1	26.2	21
M-09	T3	29.8	25
M-10	T4	24.3	21
M-11	T1	28.5	23
M-12	T2	24.9	20
M-13	T1	27.8	22
M-14	T2	25.5	23
M-15	T3	27.9	26
M-16	T4	28.7	20
M-17	T2	25.7	20
M-18	T4	27.1	23
M-19	T2	28.2	22
M-20	T4	26.2	25
M-21	T1	26.2	23
M-22	T3	29.4	27
M-23	T1	25.7	20
M-24	T3	28.7	26

OBSERVACIONES:

*Nota.* Registro de datos correspondiente a la cuarta evaluación agronómica realizada el 9 de enero de 2026 (55 DDS), donde se registraron las variables altura de planta y número de hojas del cultivo de espinaca (*Spinacia oleracea* L.).

**Figura 11***Quinto registro de datos*

Evaluación de cuatro bioestimulantes sobre el rendimiento y comportamiento agronómico de la espinaca (*Spinacia oleracea* L.) en condiciones de maceta, en Huanta

**FICHA DE CAMPO DE LA INVESTIGACIÓN**

Fecha de evaluación:	14 / 01 / 2026
Fecha de siembra:	15 / 11 / 2026
Ubicación:	INTAY / HUANTA / LUNALCOCHA
Fase fenológica:	COSECHA - 60 (DDS)
Fecha de aplicación de bioestimulante:	-

Variable de evaluación:

maceta	tratamiento	Altura de la planta (cm)	Número de hojas (unidad)
M-01	T4	32.4	34
M-02	T2	35.5	25
M-03	T2	31.3	23
M-04	T3	39.1	35
M-05	T2	34.5	23
M-06	T3	33.9	32
M-07	T4	36.1	31
M-08	T1	34.7	26
M-09	T3	44.2	38
M-10	T4	28.7	27
M-11	T2	31.2	24
M-12	T2	28.7	26
M-13	T1	33.6	27
M-14	T2	32.2	21
M-15	T3	37.8	39
M-16	T4	39.7	29
M-17	T2	33.4	24
M-18	T4	32.0	31
M-19	T2	34.7	22
M-20	T4	32.6	32
M-21	T1	34.4	25
M-22	T3	38.3	34
M-23	T1	33.9	25
M-24	T3	37.3	36

OBSERVACIONES:

*Nota.* Registro de datos correspondiente a la evaluación final realizada el 14 de enero de 2026 (60 DDS), etapa en la que se registraron las variables finales del experimento previo a la cosecha.

**Figura 12**

Registro de datos del peso fresco en la cosecha

Evaluación de cuatro bioestimulantes sobre el rendimiento y comportamiento agronómico de la espinaca (*Spinacia oleracea* L.) en condiciones de maceta, en Huanta

**FICHA DE CAMPO DE LA INVESTIGACIÓN**

Fecha de evaluación:	14 / 01 / 2026
Fecha de siembra:	15 / 11 / 2025
Ubicación:	ENTAD / HUANTA / LVALCOCHA
Fase fenológica:	COSECHA - 60 (DDS)
Fecha de aplicación de bioestimulante:	-

Variable de evaluación:

maceta	tratamiento	Peso fresco (g)
M-01	T4	179.2
M-02	T1	161.6
M-03	T2	128.2
M-04	T3	291.3
M-05	T2	108.4
M-06	T3	342.8
M-07	T4	147.8
M-08	T1	142.8
M-09	T3	365.7
M-10	T4	182.1
M-11	T1	150.1
M-12	T2	104.9
M-13	T1	170.9
M-14	T2	126.3
M-15	T3	331.3
M-16	T4	167.1
M-17	T2	126.9
M-18	T4	145.2
M-19	T2	119.4
M-20	T4	175.9
M-21	T1	158.3
M-22	T3	28.7
M-23	T1	166.6
M-24	T3	326.2

OBSERVACIONES:

- SE EFECTUO EL PESADO EN EL AREA EXPERIMENTAL.
- SE UTILIZO UNA BALANZA ANALITICA COP 3. Kg

*Nota.* Registro de datos correspondiente a la evaluación del peso fresco de las plantas de espinaca (*Spinacia oleracea* L.) realizada el 14 de enero de 2026 (60 DDS). Las plantas fueron cosechadas en estado comercial y pesadas utilizando una balanza digital de precisión, registrándose los valores en gramos por planta.

**Figura 13**

Registro de datos para el área foliar de la espinaca

Evaluación de cuatro bioestimulantes sobre el rendimiento y comportamiento agronómico de la espinaca (*Spinacia oleracea* L.) en condiciones de maceta, en Huanta

**FICHA DE CAMPO DE LA INVESTIGACIÓN**

Fecha de evaluación:	16 / 01 / 2026
Fecha de siembra:	15 / 11 / 2025
Ubicación:	HUANTA - HUANTA
Fase fenológica:	—
Fecha de aplicación de bioestimulante:	—

Variante de evaluación:

maceta (HOJA)	tratamiento	Área foliar (cm <sup>2</sup> )
H-01	T4	257.47
H-02	T1	180.73
H-03	T2	179.91
H-04	T3	245.00
H-05	T2	175.62
H-06	T3	264.75
H-07	T4	266.78
H-08	T1	204.28
H-09	T3	240.46
H-10	T4	250.06
H-11	T1	184.19
H-12	T2	200.02
H-13	T1	201.74
H-14	T2	209.09
H-15	T3	273.52
H-16	T4	259.42
H-17	T2	200.44
H-18	T4	252.61
H-19	T2	194.39
H-20	T4	248.86
H-21	T1	191.32
H-22	T3	275.28
H-23	T1	200.48
H-24	T3	269.27

OBSERVACIONES:

→ SOFTWARE UTILIZADA IMAGEJ  
→ TOMA DE FOTOS CON LAS HOJAS PLANAS

*Nota.* Registro de datos correspondiente a la determinación del área foliar de hojas de espinaca (*Spinacia oleracea* L.) realizada el 16 de enero de 2026. Las hojas fueron fotografiadas sobre una superficie plana con escala de referencia y posteriormente analizadas mediante el software ImageJ para estimar el área foliar en centímetros cuadrados.

**Figura 14***Registro de datos para el peso seco*

Evaluación de cuatro bioestimulantes sobre el rendimiento y comportamiento agronómico de la espinaca (*Spinacia oleracea* L.) en condiciones de maceta, en Huanta

**FICHA DE CAMPO DE LA INVESTIGACIÓN**

Fecha de evaluación:	19 / 01 / 2026
Fecha de siembra:	15 / 11 / 2025
Ubicación:	JOSACO - HUANTA
Fase fenológica:	-
Fecha de aplicación de bioestimulante:	-

Variable de evaluación:

maceta (MUESTRA)	tratamiento	Peso seco (g)
MTR -01	T1	15.42
MTR -02	T2	15.23
MTR -03	T3	22.54
MTR -04	T4	26.84
MTR -05	T1	20.87
MTR -06	T2	14.86
MTR -07	T3	25.38
MTR -08	T4	18.79
MTR -09	T1	17.93
MTR -10	T2	15.88
MTR -11	T3	20.42
MTR -12	T4	21.63
MTR -13	T1	19.12
MTR -14	T2	16.91
MTR -15	T3	24.37
MTR -16	T4	25.12

**OBSERVACIONES:**

- UTILIZACIÓN DE ESTUFA 70° POR 48 HORAS
- ENTRADA → 15 / 01 / 2026
- SALIDA → 19 / 01 / 2026

*Nota.* Registro de datos correspondiente a la evaluación del peso seco de las muestras de espinaca (*Spinacia oleracea* L.) realizada después del proceso de secado en estufa a 70 °C durante 48 horas, efectuado el 15 de enero de 2026.

### Anexo 3

Base de datos obtenidos en la recolección de datos

TRATAMIENTO	PESO FRESCO	NUMERO DE HOJAS POR PLANTA					ALTURA DE LA PLANTA					AREA FOLIAR	PESO SECO
	COSECHA	31 DIAS	41 DIAS	50 DIAS	55 DIAS	60 DIAS	31 DIAS	41 DIAS	50 DIAS	55 DIAS	60 DIAS	COSECHA	COSECHA
1	161,6	13	14	20	22	25	11,1	18,6	18,7	26,1	31,5	180,73	15,42
1	142,8	12	16	19	21	26	15,6	20,7	22,1	26,2	34,7	204,28	20,87
1	150,1	11	15	22	23	24	14,3	19,3	23,2	28,5	31,2	184,19	17,93
1	170,9	12	15	21	22	27	15,8	19,7	26,3	27,8	33,6	201,74	19,12
1	158,3	12	16	21	23	25	13,7	20,9	24,3	26,2	34,4	191,32	15,23
1	166,6	12	17	20	20	25	14,4	20,3	23,7	25,7	33,9	200,48	14,86
2	128,7	12	16	19	19	23	14,1	18,1	19,9	26,2	31,3	179,91	15,88
2	108,4	12	17	21	21	23	13,2	19,9	23,8	24,6	34,5	175,62	16,91
2	104,9	14	14	22	20	26	13,5	19,7	21,4	24,9	28,7	200,02	22,54
2	126,3	13	15	23	23	21	13,9	20,2	22,2	25,5	32,2	209,09	25,38
2	126,9	13	16	20	20	24	14,2	19,6	23,5	25,7	33,4	200,44	20,42
2	119,4	12	16	21	22	22	13,7	20,4	21,3	28,2	34,7	194,39	24,37
3	291,3	12	17	21	24	35	14,4	20,3	26,5	30,3	39,1	245,00	26,84
3	342,8	13	16	22	25	32	17,3	22,7	27,8	30,7	33,9	264,75	18,79
3	365,7	14	15	23	25	38	16,5	23,1	25,2	29,8	44,2	240,46	21,63
3	331,3	13	16	24	26	39	14,3	22,6	25,9	27,9	37,8	273,52	25,12
3	295,7	14	16	24	27	34	14,8	21,2	26,8	29,4	38,3	275,28	
3	326,2	13	17	23	26	36	15,7	20,4	27,1	28,7	37,3	269,27	
4	179,2	11	16	20	23	34	16,2	21,2	23,7	28,9	32,0	257,47	
4	147,8	14	12	21	24	31	15,6	23,4	21,1	27,4	36,1	268,78	
4	182,1	13	14	21	21	27	14,3	20,1	24,1	24,3	28,7	250,06	
4	167,1	12	15	23	20	29	15,4	21,5	23,4	28,7	39,7	259,42	
4	145,7	11	14	22	23	31	15,3	21,7	22,6	27,1	32,4	252,61	
4	175,9	12	15	20	25	32	15,8	20,8	24,5	26,2	32,6	248,86	

Nota. Base de datos de las evaluaciones agronómicas del cultivo de espinaca (*Spinacia oleracea* L.) registrada y organizada en Microsoft Excel para su posterior análisis estadístico. Fuente: Elaboración propia.



## Anexo 5

### Características del material edáfico para la investigación



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



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



##### I. INFORMACIÓN GENERAL

Cliente : Katerin Valentina Canales Humareda  
 Propietario / Productor : Katerin Valentina Canales Humareda  
 Dirección del cliente : Jr. Esplanar 250  
 Solicitado por : Katerin Valentina Canales Humareda  
 Muestreado por (\*\*\*) : Cliente  
 Referencia del muestreo (\*\*\*) : Reservado por el Cliente  
 Procedencia de muestra(s) (\*\*\*) : Huanta-Huanta-Ayacucho  
 Fecha(s) de muestreo (\*\*\*) : 2026-01-04  
 Fecha de recepción de muestra(s) : 2026-01-09  
 Lugar de ensayo : LABSAF CANAAN  
 Fecha(s) de análisis : Del 2026-01-12 al 2026-01-20  
 Cotización del servicio : 003-26-CA

##### II. RESULTADO DE ANÁLISIS

ITEM	1	2	3	4	5	6
Código de Laboratorio	SU001-CA-26	-	-	-	-	-
Matriz Analizada	Suelo	-	-	-	-	-
Fecha de Muestreo (***)	2026-01-04	-	-	-	-	-
Hora de Inicio de Muestreo (h) (***)	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	%	-	28,81	-	-	-
Limo	%	-	31,86	-	-	-
Clase Textural	-	-	Franco Arcilloso	-	-	-



Red de Laboratorios de Suelos, Aguas y Follares  
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

*Nota.* Análisis físico-químico del suelo realizado en el laboratorio del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), para determinar sus características edáficas.

## Anexo 6

## Características químicas de los bioestimulantes utilizados



Instituto Nacional de Innovación Agraria

**INFORME DE ENSAYO**  
**LABSAF CANAAN**  
**N° 010002-26NA / AB / CA**
**I. INFORMACIÓN GENERAL**

Cliente : Katerin Valentina Canales Humareda  
 Propietario / Productor : Katerin Valentina Canales Humareda  
 Dirección del cliente : Jr. Espinar 250  
 Solicitado por : Katerin Valentina Canales Humareda  
 Muestreado por : Cliente  
 Referencia del muestreo : Reservado por el Cliente  
 Procedencia de muestra(s) (\*\*\*) : Huanta-Huanta-Ayacucho  
 Fecha(s) de muestreo (\*\*\*) : 2026-01-04  
 Fecha de recepción de muestra(s) : 2026-01-05  
 Lugar de ensayo : LABSAF CANAAN  
 Fecha(s) de análisis : Del 2026-01-12 al 2026-01-16  
 Cotización del servicio : 002-26-CA

**II. RESULTADO DE ANÁLISIS**

ITEM	1	2	3	4	5	6		
Código de Laboratorio	AB003-CA-26	AB004-CA-26	AB005-CA-26	AB010-CA-26	-	-		
Matriz Analizada	Abonos	Abonos	Abonos	Abonos	-	-		
Fecha de Muestreo (***)	2026-01-04	2026-01-04	2026-01-04	2026-01-15	-	-		
Hora de Inicio de Muestreo (h) (***)	10:00	10:00	10:00	8:00	-	-		
Código/Identificación de la Muestra por el Cliente (***)	EXTRACTO AJO+CEBOL LA-AJI	EXTRACTO EUCALIPTO +ROMERO	EXTRACTO RUDA	Cola de Caballo y Ortiga	-	-		
Ensayo	Unidad	LC	Resultados					
pH (*)	unid. pH	-	5,6	6,7	5,7	4,0	-	-
Conductividad Eléctrica (*)	dS/m	-	0,78	0,86	0,97	167,1	-	-
Nitrógeno Total (*)	%	-	0,05	0,01	0,01	0,02	-	-
Fósforo Total (*)	mg/L	-	155,00	41,50	34,13	100,00	-	-
Potasio (*)	mg/L	-	438,50	504,00	446,50	1276,50	-	-
Calcio (*)	mg/L	-	35,05	109,50	203,63	709,00	-	-
Magnesio (*)	mg/L	-	29,30	43,10	39,60	256,00	-	-



Página 1 de 2

Red de Laboratorios de Suelos, Aguas y Follares  
 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.0  
 www.inia.gob.pe

*Nota.* Análisis químico de los bioestimulantes efectuado en el laboratorio del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), para determinar su composición.

## Fotografía 1

### *Preparación de los tratamientos*



*Nota.* Preparación de los cuatro tratamientos bioestimulantes utilizados en el experimento, elaborados a partir de extractos vegetales para su aplicación en el cultivo de espinaca (*Spinacia oleracea* L.).

## Fotografía 2

### *Pesados de los insumos para los bioestimulantes*



*Nota.* Pesado de los insumos utilizados en la elaboración de los bioestimulantes, realizado con balanza de precisión para asegurar la dosificación adecuada de cada componente.

## Anexo 7

### Análisis estadísticos del experimento

\*Sin titulo2 [ConjuntoDatos1] - IBM SPSS Statistics Editor de datos

Archivo Editar Ver Datos Transformar Analizar Gráficos Utilidades Ampliaciones Ventana Ayuda

	Tratamientos	Peso_Fre sco	N_de_hoj as_31_D DS	N_de_hoj as_41_D DS	N_de_hoj as_50_D DS	N_de_hoj as_55_D DS	N_de_hoj as_60_D DS	Altura_31 _DDS	Altura_41 _DDS	Altura_50 _DDS	Altura_55 _DDS	Altura_60 _DDS	Area_Foli ar	Peso_Se co
1	1	161,6	13	14	20	22	25	11,1	18,6	18,7	26,1	31,5	180,73	15,42
2	1	142,8	12	16	19	21	26	15,6	20,7	22,1	26,2	34,7	204,28	20,87
3	1	150,1	11	15	22	23	24	14,3	19,3	23,2	28,5	31,2	184,19	17,93
4	1	170,9	12	15	21	22	27	15,8	19,7	26,3	27,8	33,6	201,74	19,12
5	1	158,3	12	16	21	23	25	13,7	20,9	24,3	26,2	34,4	191,32	15,23
6	1	166,6	12	17	20	20	25	14,4	20,3	23,7	25,7	33,9	200,48	14,86
7	2	128,7	12	16	19	19	23	14,1	18,1	19,9	26,2	31,3	179,91	15,88
8	2	108,4	12	17	21	21	23	13,2	19,9	23,8	24,6	34,5	175,62	16,91
9	2	104,9	14	14	22	20	26	13,5	19,7	21,4	24,9	28,7	200,02	22,54
10	2	126,3	13	15	23	23	21	13,9	20,2	22,2	25,5	32,2	209,09	25,38
11	2	126,9	13	16	20	20	24	14,2	19,6	23,5	25,7	33,4	200,44	20,42
12	2	119,4	12	16	21	22	22	13,7	20,4	21,3	28,2	34,7	194,39	24,37
13	3	291,3	12	17	21	24	35	14,4	20,3	26,5	30,3	39,1	245,00	26,84
14	3	342,8	13	16	22	25	32	17,3	22,7	27,8	30,7	33,9	264,75	18,79
15	3	365,7	14	15	23	25	38	16,5	23,1	25,2	29,8	44,2	240,46	21,63
16	3	331,3	13	16	24	26	39	14,3	22,6	25,9	27,9	37,8	273,52	25,12
17	3	295,7	14	16	24	27	34	14,8	21,2	26,8	29,4	38,3	275,28	.
18	3	326,2	13	17	23	26	36	15,7	20,4	27,1	28,7	37,3	269,27	.
19	4	179,2	11	16	20	23	34	16,2	21,2	23,7	28,9	32,0	257,47	.
20	4	147,8	14	12	21	24	31	15,6	23,4	21,1	27,4	36,1	268,78	.
21	4	182,1	13	14	21	21	27	14,3	20,1	24,1	24,3	28,7	250,06	.

Vista de datos Vista de variables

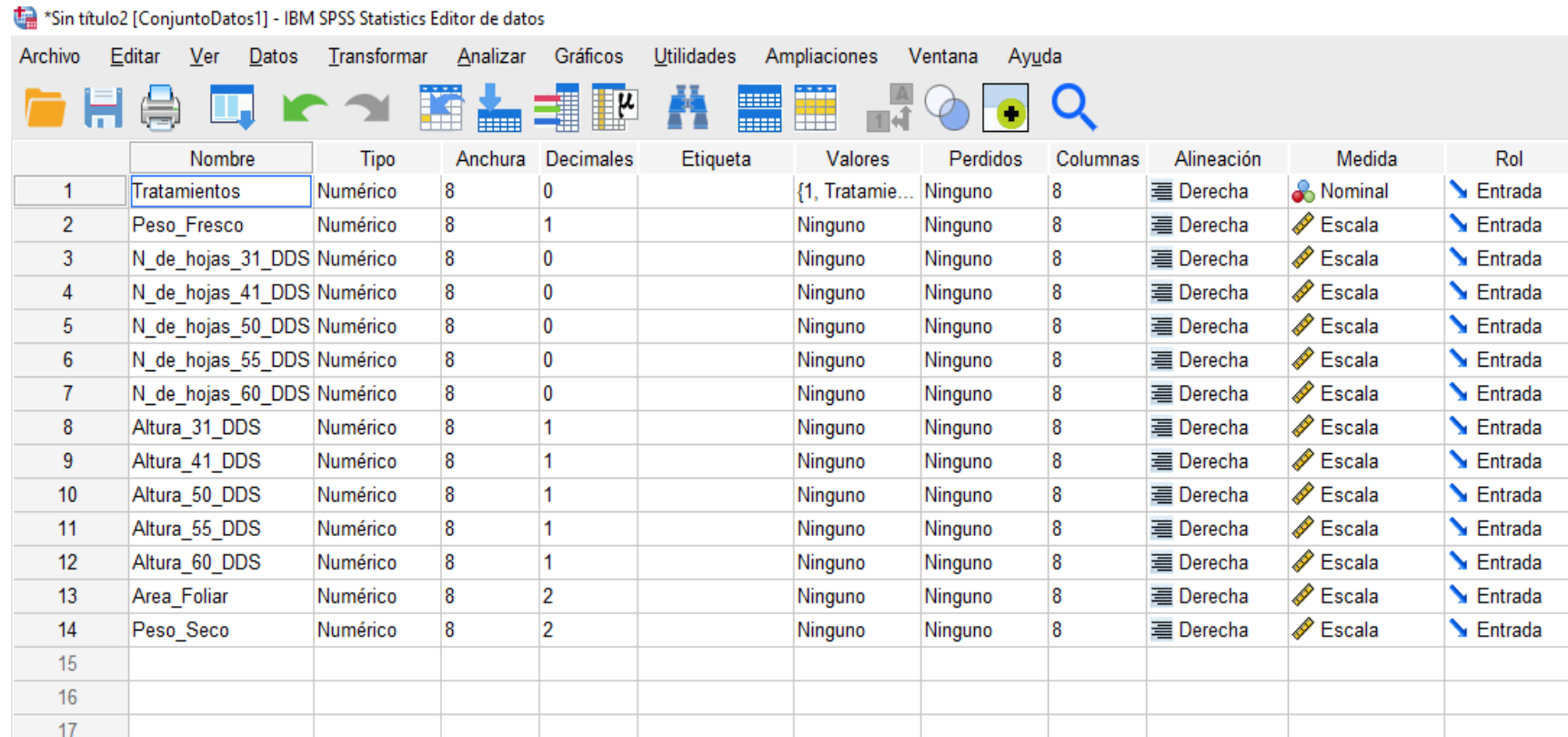
*Nota.* Base de datos de las variables agronómicas del cultivo de espinaca ingresada al software estadístico SPSS para su procesamiento y análisis.

**Figura 15**

Vista de variables en el software SPSS

\*Sin título2 [ConjuntoDatos1] - IBM SPSS Statistics Editor de datos

Archivo Editar Ver Datos Transformar Analizar Gráficos Utilidades Ampliaciones Ventana Ayuda



	Nombre	Tipo	Anchura	Decimales	Etiqueta	Valores	Perdidos	Columnas	Alineación	Medida	Rol
1	Tratamientos	Numérico	8	0		{1, Tratamie...	Ninguno	8	Derecha	Nominal	Entrada
2	Peso_Fresco	Numérico	8	1		Ninguno	Ninguno	8	Derecha	Escala	Entrada
3	N_de_hojas_31_DDS	Numérico	8	0		Ninguno	Ninguno	8	Derecha	Escala	Entrada
4	N_de_hojas_41_DDS	Numérico	8	0		Ninguno	Ninguno	8	Derecha	Escala	Entrada
5	N_de_hojas_50_DDS	Numérico	8	0		Ninguno	Ninguno	8	Derecha	Escala	Entrada
6	N_de_hojas_55_DDS	Numérico	8	0		Ninguno	Ninguno	8	Derecha	Escala	Entrada
7	N_de_hojas_60_DDS	Numérico	8	0		Ninguno	Ninguno	8	Derecha	Escala	Entrada
8	Altura_31_DDS	Numérico	8	1		Ninguno	Ninguno	8	Derecha	Escala	Entrada
9	Altura_41_DDS	Numérico	8	1		Ninguno	Ninguno	8	Derecha	Escala	Entrada
10	Altura_50_DDS	Numérico	8	1		Ninguno	Ninguno	8	Derecha	Escala	Entrada
11	Altura_55_DDS	Numérico	8	1		Ninguno	Ninguno	8	Derecha	Escala	Entrada
12	Altura_60_DDS	Numérico	8	1		Ninguno	Ninguno	8	Derecha	Escala	Entrada
13	Area_Foliar	Numérico	8	2		Ninguno	Ninguno	8	Derecha	Escala	Entrada
14	Peso_Seco	Numérico	8	2		Ninguno	Ninguno	8	Derecha	Escala	Entrada
15											
16											
17											

*Nota.* Configuración de la vista de variables en el software SPSS, donde se definieron los nombres, tipos y unidades de las variables evaluadas en la investigación.

## Anexo 8

### Pruebas de normalidad (Shapiro-Wilk)

#### Pruebas de normalidad

Tratamientos	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk			
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.	
Peso_Fresco	Tratamiento 1	,163	6	,200 <sup>*</sup>	,968	6	,879
	Tratamiento 2	,260	6	,200 <sup>*</sup>	,855	6	,172
	Tratamiento 3	,187	6	,200 <sup>*</sup>	,944	6	,693
	Tratamiento 4	,226	6	,200 <sup>*</sup>	,854	6	,168

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

a. Corrección de significación de Lilliefors

#### Pruebas de normalidad

Tratamientos	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk			
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.	
N_de_hojas_31_DDS	Tratamiento 1	,333	6	,036	,827	6	,101
	Tratamiento 2	,293	6	,117	,822	6	,091
	Tratamiento 3	,254	6	,200 <sup>*</sup>	,866	6	,212
	Tratamiento 4	,223	6	,200 <sup>*</sup>	,908	6	,421

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

a. Corrección de significación de Lilliefors

#### Pruebas de normalidad

Tratamientos	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk			
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.	
N_de_hojas_41_DDS	Tratamiento 1	,183	6	,200 <sup>*</sup>	,960	6	,820
	Tratamiento 2	,293	6	,117	,915	6	,473
	Tratamiento 3	,254	6	,200 <sup>*</sup>	,866	6	,212
	Tratamiento 4	,237	6	,200 <sup>*</sup>	,927	6	,554

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

a. Corrección de significación de Lilliefors

**Pruebas de normalidad**

	Tratamientos	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
N_de_hojas_50_DDS	Tratamiento 1	,183	6	,200 <sup>*</sup>	,960	6	,820
	Tratamiento 2	,167	6	,200 <sup>*</sup>	,982	6	,960
	Tratamiento 3	,223	6	,200 <sup>*</sup>	,908	6	,421
	Tratamiento 4	,223	6	,200 <sup>*</sup>	,908	6	,421

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

a. Corrección de significación de Lilliefors

**Pruebas de normalidad**

	Tratamientos	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
N_de_hojas_55_DDS	Tratamiento 1	,223	6	,200 <sup>*</sup>	,908	6	,421
	Tratamiento 2	,214	6	,200 <sup>*</sup>	,958	6	,804
	Tratamiento 3	,183	6	,200 <sup>*</sup>	,960	6	,820
	Tratamiento 4	,238	6	,200 <sup>*</sup>	,950	6	,737

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

a. Corrección de significación de Lilliefors

**Pruebas de normalidad**

	Tratamientos	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
N_de_hojas_60_DDS	Tratamiento 1	,293	6	,117	,915	6	,473
	Tratamiento 2	,205	6	,200 <sup>*</sup>	,961	6	,830
	Tratamiento 3	,150	6	,200 <sup>*</sup>	,979	6	,945
	Tratamiento 4	,221	6	,200 <sup>*</sup>	,973	6	,913

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

a. Corrección de significación de Lilliefors

**Pruebas de normalidad**

	Tratamientos	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Altura_31_DDS	Tratamiento 1	,229	6	,200 <sup>*</sup>	,881	6	,275
	Tratamiento 2	,145	6	,200 <sup>*</sup>	,964	6	,847
	Tratamiento 3	,217	6	,200 <sup>*</sup>	,910	6	,433
	Tratamiento 4	,251	6	,200 <sup>*</sup>	,927	6	,557

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

a. Corrección de significación de Lilliefors

**Pruebas de normalidad**

Tratamientos	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk			
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.	
Altura_41_DDS	Tratamiento 1	,168	6	,200 <sup>*</sup>	,953	6	,763
	Tratamiento 2	,309	6	,076	,831	6	,110
	Tratamiento 3	,262	6	,200 <sup>*</sup>	,861	6	,193
	Tratamiento 4	,244	6	,200 <sup>*</sup>	,934	6	,607

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

a. Corrección de significación de Lilliefors

**Pruebas de normalidad**

Tratamientos	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk			
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.	
Altura_50_DDS	Tratamiento 1	,190	6	,200 <sup>*</sup>	,950	6	,742
	Tratamiento 2	,177	6	,200 <sup>*</sup>	,947	6	,713
	Tratamiento 3	,145	6	,200 <sup>*</sup>	,992	6	,993
	Tratamiento 4	,221	6	,200 <sup>*</sup>	,918	6	,493

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

a. Corrección de significación de Lilliefors

**Pruebas de normalidad**

Tratamientos	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk			
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.	
Altura_55_DDS	Tratamiento 1	,355	6	,018	,824	6	,096
	Tratamiento 2	,226	6	,200 <sup>*</sup>	,881	6	,275
	Tratamiento 3	,141	6	,200 <sup>*</sup>	,971	6	,902
	Tratamiento 4	,167	6	,200 <sup>*</sup>	,934	6	,614

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

a. Corrección de significación de Lilliefors

**Pruebas de normalidad**

Tratamientos	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk			
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.	
Altura_60_DDS	Tratamiento 1	,268	6	,200 <sup>*</sup>	,851	6	,160
	Tratamiento 2	,162	6	,200 <sup>*</sup>	,923	6	,527
	Tratamiento 3	,254	6	,200 <sup>*</sup>	,919	6	,500
	Tratamiento 4	,269	6	,200 <sup>*</sup>	,937	6	,637

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

a. Corrección de significación de Lilliefors

**Pruebas de normalidad**

Tratamientos	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk			
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.	
Area_Foliar	Tratamiento 1	,251	6	,200 <sup>*</sup>	,895	6	,347
	Tratamiento 2	,202	6	,200 <sup>*</sup>	,920	6	,508
	Tratamiento 3	,256	6	,200 <sup>*</sup>	,847	6	,147
	Tratamiento 4	,186	6	,200 <sup>*</sup>	,916	6	,478

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

a. Corrección de significación de Lilliefors

**Pruebas de normalidad<sup>C</sup>**

Tratamientos	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk			
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.	
Peso_Seco	Tratamiento 1	,270	6	,195	,888	6	,306
	Tratamiento 2	,181	6	,200 <sup>*</sup>	,924	6	,537
	Tratamiento 3	,213	4	.	,963	4	,798

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

a. Corrección de significación de Lilliefors

c. No hay casos válidos para Peso\_Seco cuando Tratamientos = 4,000. Los estadísticos no se pueden calcular para este nivel.

**Anexo 9***Pruebas de homogeneidad de varianzas (Levene)***Prueba de homogeneidad de varianza**

		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Peso_Fresco	Se basa en la media	2,577	3	20	,082
	Se basa en la mediana	2,017	3	20	,144
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	2,017	3	11,184	,169
	Se basa en la media recortada	2,643	3	20	,077

### Prueba de homogeneidad de varianza

		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
N_de_hojas_31_DDS	Se basa en la media	1,265	3	20	,313
	Se basa en la mediana	,855	3	20	,481
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	,855	3	16,569	,484
	Se basa en la media recortada	1,182	3	20	,342
N_de_hojas_41_DDS	Se basa en la media	,550	3	20	,654
	Se basa en la mediana	,575	3	20	,638
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	,575	3	17,059	,639
	Se basa en la media recortada	,533	3	20	,665
N_de_hojas_50_DDS	Se basa en la media	,062	3	20	,979
	Se basa en la mediana	,076	3	20	,972
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	,076	3	17,882	,972
	Se basa en la media recortada	,063	3	20	,979
N_de_hojas_55_DDS	Se basa en la media	,872	3	20	,472
	Se basa en la mediana	,506	3	20	,683
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	,506	3	14,729	,684
	Se basa en la media recortada	,854	3	20	,481
N_de_hojas_60_DDS	Se basa en la media	1,340	3	20	,290
	Se basa en la mediana	1,237	3	20	,322
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	1,237	3	16,711	,328
	Se basa en la media recortada	1,335	3	20	,291

**Prueba de homogeneidad de varianza**

		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Altura_31_DDS	Se basa en la media	2,447	3	20	,094
	Se basa en la mediana	1,956	3	20	,153
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	1,956	3	9,173	,190
	Se basa en la media recortada	2,241	3	20	,115

**Prueba de homogeneidad de varianza**

		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Altura_41_DDS	Se basa en la media	1,074	3	20	,382
	Se basa en la mediana	1,034	3	20	,399
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	1,034	3	15,687	,405
	Se basa en la media recortada	1,102	3	20	,371
Altura_50_DDS	Se basa en la media	1,275	3	20	,310
	Se basa en la mediana	1,023	3	20	,404
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	1,023	3	10,536	,421
	Se basa en la media recortada	1,200	3	20	,335
Altura_55_DDS	Se basa en la media	,366	3	20	,778
	Se basa en la mediana	,360	3	20	,783
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	,360	3	17,691	,783
	Se basa en la media recortada	,366	3	20	,778
Altura_60_DDS	Se basa en la media	,945	3	20	,438
	Se basa en la mediana	,521	3	20	,673
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	,521	3	13,444	,675
	Se basa en la media recortada	,900	3	20	,458

### Prueba de homogeneidad de varianza<sup>a,b</sup>

		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Area_Foliar	Se basa en la media	1,157	2	13	,345
	Se basa en la mediana	,755	2	13	,490
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	,755	2	9,154	,497
	Se basa en la media recortada	1,141	2	13	,349
Peso_Seco	Se basa en la media	,996	2	13	,396
	Se basa en la mediana	,858	2	13	,447
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	,858	2	10,983	,451
	Se basa en la media recortada	,995	2	13	,396

a. No hay casos válidos para Area\_Foliar cuando Tratamientos = 4,000. Los estadísticos no se pueden calcular para este nivel.

b. No hay casos válidos para Peso\_Seco cuando Tratamientos = 4,000. Los estadísticos no se pueden calcular para este nivel.

## Anexo 10

### Análisis de Varianza *peso fresco*

#### ANOVA

Peso\_Fresco

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	149560,911	3	49853,637	157,028	<.001
Dentro de grupos	6349,648	20	317,482		
Total	155910,560	23			

**ANOVA**

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
N_de_hojas_31_DDS	Entre grupos	5,000	3	1,667	2,222	,117
	Dentro de grupos	15,000	20	,750		
	Total	20,000	23			
N_de_hojas_41_DDS	Entre grupos	10,833	3	3,611	3,140	,048
	Dentro de grupos	23,000	20	1,150		
	Total	33,833	23			
N_de_hojas_50_DDS	Entre grupos	18,458	3	6,153	4,219	,018
	Dentro de grupos	29,167	20	1,458		
	Total	47,625	23			
N_de_hojas_55_DDS	Entre grupos	72,458	3	24,153	11,927	<.001
	Dentro de grupos	40,500	20	2,025		
	Total	112,958	23			
N_de_hojas_60_DDS	Entre grupos	566,125	3	188,708	45,563	<.001
	Dentro de grupos	82,833	20	4,142		
	Total	648,958	23			

**ANOVA**

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Altura_31_DDS	Entre grupos	14,105	3	4,702	3,822	,026
	Dentro de grupos	24,602	20	1,230		
	Total	38,706	23			
Altura_41_DDS	Entre grupos	19,867	3	6,622	6,287	,004
	Dentro de grupos	21,067	20	1,053		
	Total	40,933	23			

**ANOVA**

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Altura_50_DDS	Entre grupos	69,575	3	23,192	8,447	<.001
	Dentro de grupos	54,912	20	2,746		
	Total	124,486	23			
Altura_55_DDS	Entre grupos	42,835	3	14,278	8,286	<.001
	Dentro de grupos	34,463	20	1,723		
	Total	77,298	23			
Altura_60_DDS	Entre grupos	132,422	3	44,141	5,342	,007
	Dentro de grupos	165,263	20	8,263		
	Total	297,685	23			

**ANOVA**

Area\_Foliar

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	25644,384	3	8548,128	62,850	<.001
Dentro de grupos	2720,180	20	136,009		
Total	28364,564	23			

**ANOVA**

Peso\_Seco

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	89,011	2	44,506	3,986	,045
Dentro de grupos	145,159	13	11,166		
Total	234,171	15			

**Anexo 11***Prueba de comparación múltiple Tukey***Peso\_Fresco**HSD Tukey<sup>a</sup>

Tratamientos	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
Tratamiento 2	6	119,100		
Tratamiento 1	6		158,383	
Tratamiento 4	6		166,300	
Tratamiento 3	6			325,500
Sig.		1,000	,867	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.

**N\_de\_hojas\_31\_DDS**HSD Tukey<sup>a</sup>

Tratamientos	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	
Tratamiento 1	6	12,00	
Tratamiento 4	6	12,17	
Tratamiento 2	6	12,67	
Tratamiento 3	6	13,17	
Sig.		,124	

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

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

**N\_de\_hojas\_41\_DDS**HSD Tukey<sup>a</sup>

Tratamientos	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Tratamiento 4	6	14,33	
Tratamiento 1	6	15,50	15,50
Tratamiento 2	6	15,67	15,67
Tratamiento 3	6		16,17
Sig.		,171	,707

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

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

**N\_de\_hojas\_50\_DDS**HSD Tukey<sup>a</sup>

Tratamientos	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Tratamiento 1	6	20,50	
Tratamiento 2	6	21,00	21,00
Tratamiento 4	6	21,17	21,17
Tratamiento 3	6		22,83
Sig.		,775	,070

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

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

**N\_de\_hojas\_55\_DDS**HSD Tukey<sup>a</sup>

Tratamientos	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Tratamiento 2	6	20,83	
Tratamiento 1	6	21,83	
Tratamiento 4	6	22,67	
Tratamiento 3	6		25,50
Sig.		,149	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.

**N\_de\_hojas\_60\_DDS**HSD Tukey<sup>a</sup>

Tratamientos	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
Tratamiento 2	6	23,17		
Tratamiento 1	6	25,33		
Tratamiento 4	6		30,67	
Tratamiento 3	6			35,67
Sig.		,283	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.

**Altura\_31\_DDS**HSD Tukey<sup>a</sup>

Tratamientos	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
Tratamiento 2	6	13,767
Tratamiento 1	6	14,150
Tratamiento 4	6	15,433
Tratamiento 3	6	15,500
Sig.		,060

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

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

**Altura\_41\_DDS**HSD Tukey<sup>a</sup>

Tratamientos	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
Tratamiento 2	6	19,650		
Tratamiento 1	6	19,917	19,917	
Tratamiento 4	6		21,450	21,450
Tratamiento 3	6			21,717
Sig.		,969	,076	,969

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

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

**Altura\_50\_DDS**HSD Tukey<sup>a</sup>

Tratamientos	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Tratamiento 2	6	22,017	
Tratamiento 1	6	23,050	
Tratamiento 4	6	23,233	
Tratamiento 3	6		26,550
Sig.		,591	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.

**Altura\_55\_DDS**HSD Tukey<sup>a</sup>

Tratamientos	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Tratamiento 2	6	25,850	
Tratamiento 1	6	26,750	
Tratamiento 4	6	27,100	
Tratamiento 3	6		29,467
Sig.		,375	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.

**Altura\_60\_DDS**HSD Tukey<sup>a</sup>

Tratamientos	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Tratamiento 2	6	32,467	
Tratamiento 1	6	33,217	
Tratamiento 4	6	33,583	
Tratamiento 3	6		38,433
Sig.		,906	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.

**Area\_Foliar**HSD Tukey<sup>a</sup>

Tratamientos	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Tratamiento 2	6	193,2450	
Tratamiento 1	6	193,7900	
Tratamiento 4	6		256,2000
Tratamiento 3	6		261,3800
Sig.		1,000	,867

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

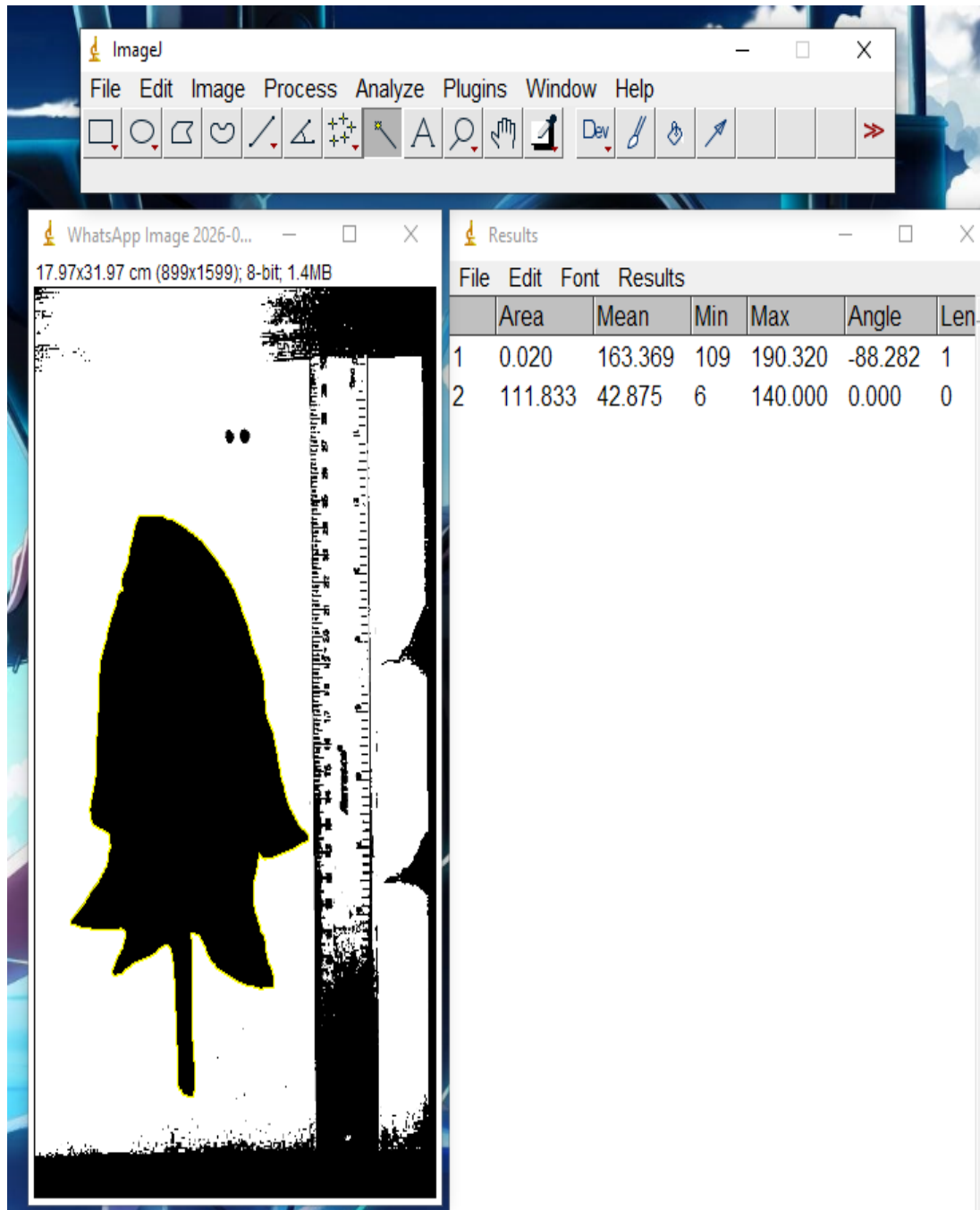
- a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 6,000.

### Fotografía 3

#### *Cálculo del área foliar*



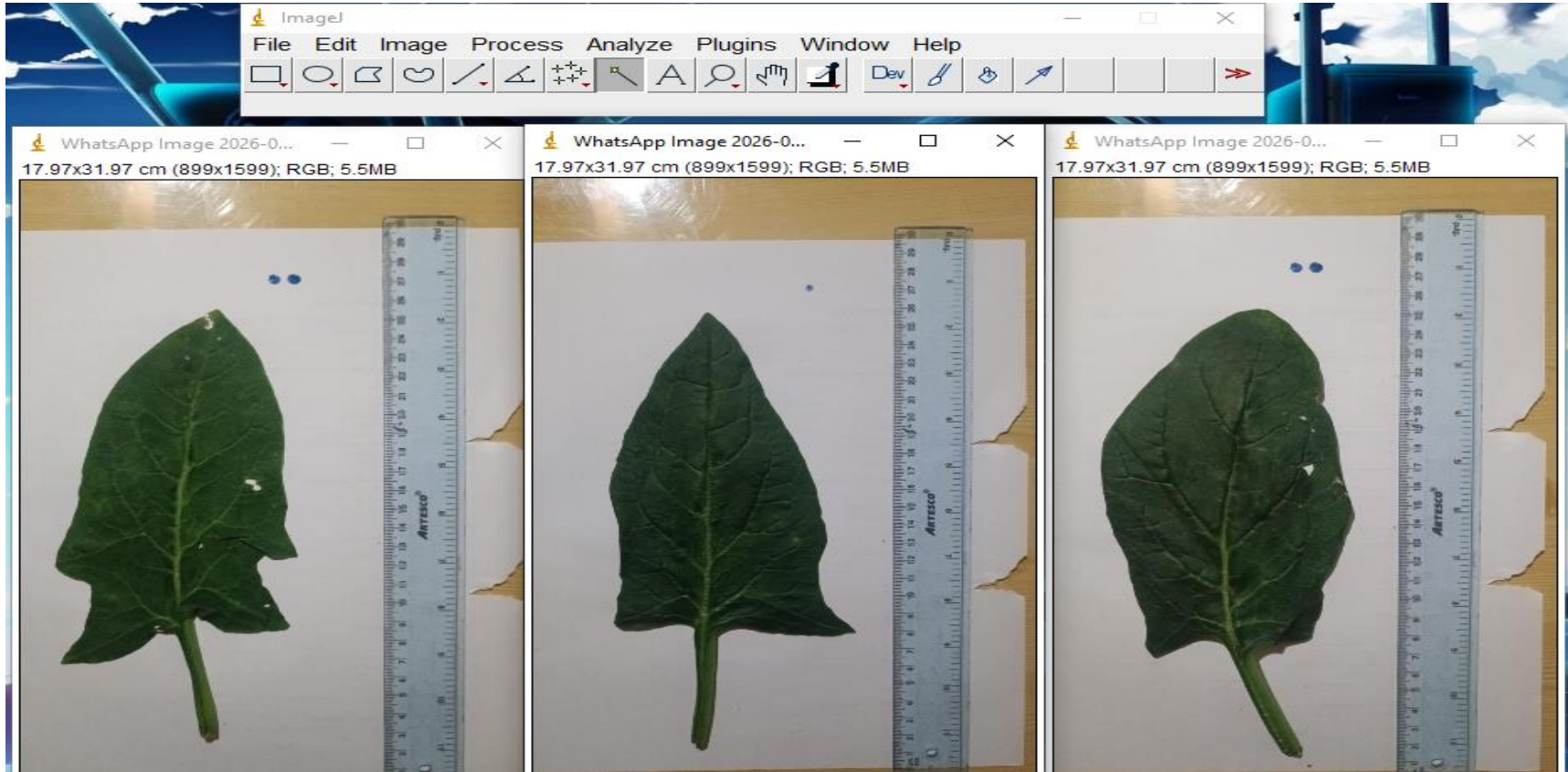
*Nota.* Registro fotográfico de hojas de espinaca en laboratorio con escala de referencia, para su procesamiento en el cálculo del área foliar.

**Figura 16***Determinación del área foliar en cm<sup>2</sup>*

*Nota.* Determinación del área foliar mediante análisis digital en el software ImageJ, a partir de imágenes calibradas con escala para obtener valores en cm<sup>2</sup>.

**Figura 17**

*Cálculo del área foliar de las hojas de espinaca*



*Nota.* Cálculo del área foliar a partir de fotografías de hojas de espinaca (*Spinacia oleracea* L.), capturadas sobre una superficie con escala de referencia y procesadas mediante el software ImageJ.

**Fotografía 4**

*Cálculo del porcentaje del peso seco (%)*



*Nota.* Colocación de muestras foliares de espinaca (*Spinacia oleracea* L.) en estufa a 70 °C para el proceso de secado y determinación del peso seco.

**Fotografía 5**

*Obtención de la materia seca de las muestras de espinaca*



*Nota.* Pesado de muestras foliares secas de espinaca después del secado en estufa, utilizando balanza de precisión para la determinación del peso seco.

### Fotografía 6

*Registro fotográfico del establecimiento del cultivo*



*Nota.* Limpieza y acondicionamiento del área experimental previo al establecimiento del cultivo de espinaca (*Spinacia oleracea* L.).

### Fotografía 7

*Perforación y pintado de las macetas*



*Nota.* Realización de orificios y pintado en los baldes utilizados como macetas, con la finalidad de mejorar el drenaje del sustrato y uniformizar las macetas.

**Fotografía 8**

*Siembra de los plantines de espinaca*



*Nota.* Siembra de plantas de espinaca en macetas, estableciendo dos plantas por balde con un distanciamiento de 20 cm.

**Fotografía 9**

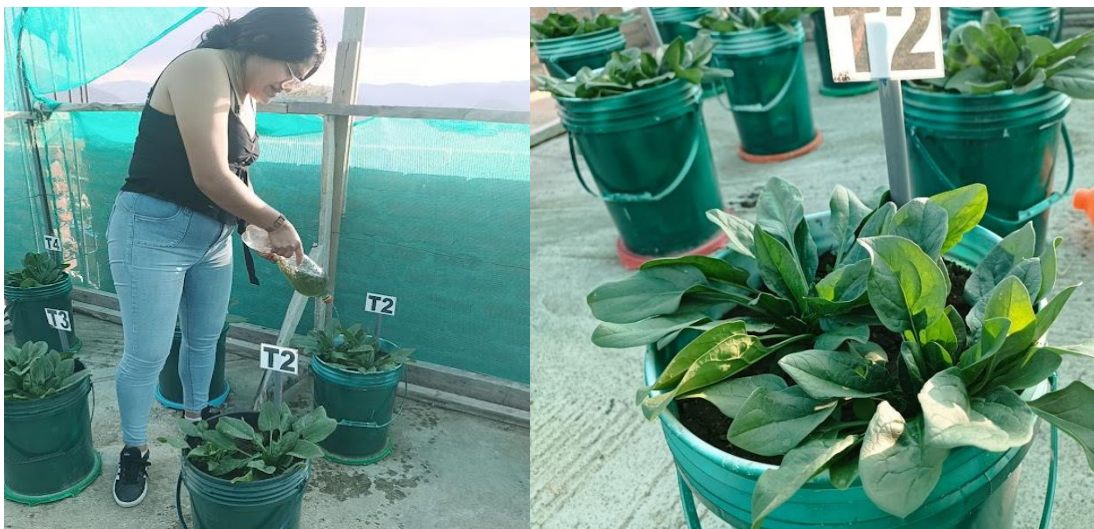
*Evaluación de prendimiento de los plantines*



*Nota.* Verificación del proceso de adaptación y desarrollo del cultivo de espinaca, realizada en campo con la supervisión de la asesora.

### Fotografía 10

*Registro fotográfico de la aplicación de los tratamientos*



*Nota.* Aplicación de bioestimulantes en el cultivo de espinaca según los tratamientos establecidos y frecuencia programada.

### Fotografía 11

*Registro fotográfico de las evaluaciones agronómicas*



*Nota.* Registro de variables agronómicas (altura de planta y número de hojas) mediante medición directa en campo durante el desarrollo del cultivo.

**Fotografía 12**

*Evaluación agrónomicas de las variables de estudio*



*Nota.* Evaluación del crecimiento vegetativo del cultivo de espinaca mediante mediciones periódicas en las unidades experimentales.

**Fotografía 13**

*Cosecha de las espinacas a los 60 DDS*



*Nota.* Cosecha de plantas de espinaca en estado comercial a los 60 DDS para la evaluación de variables productivas.

**Fotografía 14**

*Registro del procesamiento de muestras*



*Nota.* Recolección de muestras foliares de espinaca para la evaluación de peso fresco y análisis posteriores.

**Fotografía 15**

*Toma de muestras para el peso seco de la espinaca*



*Nota.* Preparación de muestras vegetales para el proceso de secado en estufa y determinación del peso seco.

**Fotografía 16**

*Muestras representativas de cada tratamiento*



*Nota.* Selección de muestras representativas de plantas de espinaca (*Spinacia oleracea* L.) por cada tratamiento, utilizadas para la evaluación de las variables agronómicas del experimento.