

# UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI



## FACULTAD DE INDUSTRIAS AGROPECUARIAS Y CIENCIAS AMBIENTALES

### CARRERA DE AGROPECUARIA

**Tema: “Evaluación de bioles que se producen en los biodigestores del Centro Experimental San Francisco de la Universidad Politécnica Estatal del Carchi sobre el cultivo vertical de espinaca (*Spinacia oleracea*)”**

Trabajo de Integración Curricular previo a la obtención del  
Título de Ingeniera en Agropecuaria

AUTORA: Coyago Chimarro Cecilia Maribel

TUTOR: Ing. Ortiz Tirado Paul Santiago, MSc.

Tulcán, 2024.

## CERTIFICADO DEL TUTOR

Certifico que la estudiante Coyago Chimarro Cecilia Maribel con el número de cédula 172724377-4 ha desarrollado el Trabajo de Integración Curricular: "Evaluación de bioles que se producen en los biodigestores del Centro Experimental San Francisco de la Universidad Politécnica Estatal del Carchi sobre el cultivo vertical de espinaca (*Spinacia oleracea*)"

Este trabajo se sujeta a las normas y metodología dispuesta en el Reglamento de la Unidad de Integración Curricular, Titulación e Incorporación de la UPEC, por lo tanto, autorizo la presentación de la sustentación para la calificación respectiva.

---

Ing. Ortiz Tirado Paúl Santiago, MSc.

**TUTOR**

Tulcán, junio de 2024

## **AUTORÍA DE TRABAJO**

El presente Trabajo de Integración Curricular constituye un requisito previo para la obtención del título de Ingeniera en la Carrera de agropecuaria de la Facultad de Industrias Agropecuarias y Ciencias Ambientales

Yo, Coyago Chimarro Cecilia Maribel con cédula de identidad número 172724377-4, declaro que la investigación es absolutamente original, auténtica, personal y los resultados y conclusiones a los que he llegado son de mi absoluta responsabilidad.



---

Coyago Chimarro Cecilia Maribel

**AUTORA**

Tulcán, junio de 2024

## ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Yo, Coyago Chimarro Cecilia Maribel declaro ser autor de los criterios emitidos en el Trabajo de Integración Curricular: "Evaluación de bioles que se producen en los biodigestores del Centro Experimental San Francisco de la Universidad Politécnica Estatal del Carchi sobre el cultivo vertical de espinaca (*Spinacia oleracea*)" y eximo expresamente a la Universidad Politécnica Estatal del Carchi y a sus representantes de posibles reclamos o acciones legales.



---

Coyago Chimarro Cecilia Maribel

**AUTORA**

Tulcán, junio de 2024

## **AGRADECIMIENTO**

Primeramente, agradezco a Dios por darme salud y vida, para llegar a cumplir una de mis metas, por cuidarme y guiarme por el buen camino.

A mis padres Luz y Miguel por brindarme su apoyo incondicional y motivarme a seguir adelante en mis estudios, por sus consejos y por querer lo mejor para mí, a mis hermanos y hermanas en especial a Luis por apoyarme económicamente durante el tiempo que duró mi carrera universitaria, y a cada uno de ellos por poner un granito de arena para que esto sea posible.

A mi tutor de tesis Msc. Paul Ortiz quién me brindó sus conocimientos, apoyo y orientación constante en la elaboración y asesoría de mi trabajo de investigación.

A mis amistades por su apoyo y amistad incondicional en todo el tiempo presente en la universidad

Mi agradecimiento a los docentes de la carrera de Agropecuaria por sus enseñanzas y conocimientos que me otorgaron, pero sobre todo aquellos que me brindaron sus consejos y confianza.

Finalmente, agradezco a la Universidad Politécnica estatal del Carchi por abrirme las puertas y darme la oportunidad de prepararme para formarme como profesional.

Cecilia Maribel Coyago Chimarro

## DEDICATORIA

A Dios por ser mi fortaleza y perseverancia en los momentos más difíciles que me ha tocado atravesar.

A toda mi familia por su apoyo para que siga adelante, a mis padres por los valores que me inculcaron y por depositar esa confianza en mí.

A mis sobrinos y sobrinas para quienes espero ser siempre ese apoyo en su vida.

Cecilia Maribel Coyago Chimarro

## ÍNDICE

<b>ABSTRACT</b> .....	13
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	14
<b>I. EL PROBLEMA</b> .....	15
<b>1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	15
<b>1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA</b> .....	16
<b>1.3. JUSTIFICACIÓN</b> .....	16
<b>1.4. OBJETIVOS Y PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN</b> .....	17
1.4.1. Objetivo General.....	17
1.4.2. Objetivos Específicos .....	17
1.4.3. Preguntas de Investigación .....	18
<b>II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA</b> .....	19
<b>2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN</b> .....	19
<b>2.2. MARCO TEÓRICO</b> .....	21
2.2.1. Espinaca.....	21
2.2.2. Biol.....	30
<b>III. METODOLOGÍA</b> .....	34
<b>3.1. ENFOQUE METODOLÓGICO</b> .....	34
3.1.1. Enfoque .....	34
3.1.2. Tipo de Investigación .....	34
<b>3.2. HIPÓTESIS</b> .....	34
<b>3.3. Definición y operacionalización de las variables</b> .....	35
<b>3.4. MÉTODOS UTILIZADOS</b> .....	36
3.4.1. Ubicación.....	36
3.4.2. Superficie del ensayo .....	36
3.4.3. Descripción y caracterización del experimento.....	36

3.4.4. Población y muestra.....	39
3.4.5. Manejo de la investigación.....	39
3.4.6. Variables a evaluar.....	41
3.4.7. Técnicas o manejo de la investigación.....	41
<b>3.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....</b>	<b>42</b>
3.5.1. Instrumentos de investigación .....	42
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>43</b>
<b>4.1. RESULTADOS.....</b>	<b>43</b>
4.1.1. Altura de planta .....	43
4.1.2. Altura de la planta después de la primera cosecha .....	44
4.1.3. Altura de planta por biol y dosis primera cosecha .....	45
4.1.4. Altura de planta por biol y dosis segunda cosecha .....	46
4.1.5. Número de hojas después del trasplante .....	48
4.1.6. Número de hojas a la segunda cosecha .....	49
4.1.7. Número de hojas por biol y dosis primera cosecha .....	50
4.1.8. Número de hojas por biol y dosis segunda cosecha .....	51
4.1.9. Peso en fresco de la primera y segunda cosecha.....	52
4.1.10. Peso primera y segunda cosecha por biol y dosis .....	53
4.1.12. Longitud radicular por biol y dosis.....	55
<b>V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>59</b>
<b>5.1.CONCLUSIONES .....</b>	<b>59</b>
<b>5.2.RECOMENDACIONES.....</b>	<b>59</b>
<b>VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>61</b>
<b>VII. ANEXOS.....</b>	<b>64</b>



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Descripción taxonómica de la espinaca.....	21
Tabla 2. Condiciones agroclimáticas de la espinaca.....	24
Tabla 3. Requerimientos nutricionales de la espinaca.....	25
Tabla 4. Composición química del estiércol bovino y porcino.....	31
Tabla 5. Operacionalización de variables .....	35
Tabla 6. Características del ensayo .....	37
Tabla 7. Descripción de los tratamientos .....	39
Tabla 8. Esquema ANAVAR .....	42
Tabla 9. Análisis de varianza para la variable altura de planta. ....	43
Tabla 10. Prueba de TUKEY al 5% para la altura de planta para cada tratamiento...	44
Tabla 11. Análisis de varianza para la altura de planta a los 68, 75,83 y 90 días .....	44
Tabla 12. Prueba de Tukey al 5% en altura de planta.....	45
Tabla 13. Análisis de varianza de altura de planta para biol y dosis .....	45
Tabla 14. Prueba de Tukey para altura de planta a los 30, 38, 46, 54,60 días después del trasplante por biol. ....	46
Tabla 15. Prueba Tukey para altura de planta a los 22, 30, 38, 46, 54,60, días después del trasplante por dosis. ....	46
Tabla 16. Análisis de varianza para variable altura de planta a los 68, 75, 83,90 días después de la primera cosecha por biol y dosis.....	47
Tabla 17. Prueba de Tukey al 5% para la variable altura de planta después de la primera cosecha a los 68, 75, 83,90 días por dosis.....	47
Tabla 18. Análisis de varianza para el número de hojas.....	48
Tabla 19. Prueba de TUKEY al 5% para el número de hojas por planta de cada tratamiento .....	49
Tabla 20. Análisis de varianza número de hojas a partir de la primera cosecha. ....	49
Tabla 21. Prueba de Tukey al 5% para variable número de hojas .....	50

Tabla 22. Análisis de varianza número de hojas a los 8 hasta 60 días para biol y dosis. .....	50
Tabla 23. Prueba Tukey para número de hojas a los 30, 38, 46, 54, 60 días para dosis. .....	51
Tabla 24. Análisis de varianza para el número de hojas a los 68, 75, 83, 90 días después de la primera cosecha por biol y dosis.....	51
Tabla 25. Prueba de Tukey al 5% para el número de hojas después de la primera cosecha a los 68, 75, 83, 90 días por dosis. ....	52
Tabla 26. Análisis de varianza para el peso de primera y segunda cosecha .....	52
Tabla 27. Prueba de Tukey al 5% para el peso en fresco .....	53
Tabla 28. Análisis de varianza para peso primera y segunda cosecha para biol y dosis .....	53
Tabla 29. Prueba de Tukey al 5% para la variable peso a los 60 días primera cosecha para biol .....	54
Tabla 30. Prueba de Tukey para variable peso a los 60 días de la primera cosecha para dosis.....	54
Tabla 31. Análisis de varianza de la longitud radicular en la etapa final del cultivo ..	55
Tabla 32. Prueba de Tukey al 5% para longitud de radicular en la etapa final del cultivo. ....	55
Tabla 33. Análisis de varianza de longitud radicular por biol y dosis. ....	56
Tabla 34. Prueba de Tukey al 5% de longitud radicular por dosis.....	56
Tabla 35. Análisis de relación costo/beneficio al año y medio (9 cosechas) en 1000 m <sup>2</sup> .....	58

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Partes de la espinaca.....	22
Figura 2. Etapa fenológica de la espinaca .....	24
Figura 3. Espinaca de hoja rizada .....	29
Figura 4. Espinaca de hoja lisa .....	29
Figura 5. Espinaca de verano .....	29
Figura 6. Espinaca de invierno .....	30
Figura 7. Ubicación del ensayo .....	36
Figura 8. Distribución de las plantas en una unidad experimental .....	37
Figura 9. Preparación y delimitación del terreno.....	67
Figura 10. Elaboración e implantación de las unidades experimentales(Tubos PVC) .....	67
Figura 11. Llenado del sustrato y siembra.....	68
Figura 12. Toma de datos .....	68
Figura 13. Cosecha .....	68

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Acta de la Sustentación de Predefensa del TIC.....	64
Anexo 2. Certificado del Abstract por parte de Idiomas .....	65
Anexo 3. Evidencias del proceso del experimento .....	67
Anexo 4. Análisis de biol bovino- porcino.....	69
Anexo 5. Análisis biol bovino .....	70
Anexo 6. Costo de producción en el cultivo vertical de espinaca en 1000 m <sup>2</sup> .....	71

## RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue evaluar los bioles producidos en los biodigestores del Centro Experimental San Francisco de la UPEC, en el cultivo vertical de espinaca (*Spinacia oleracea*) para el desarrollo y rendimiento del cultivo en el cantón Huaca provincia del Carchi, el diseño experimental fue de bloques completamente al azar (DBCA), se estableció 7 tratamientos y 4 repeticiones: los tratamientos fueron T1 (50% biol bovino), T2 (30% biol bovino), T3 (10% biol bovino), T4 (50% biol bovino-porcino), T5 (30% biol bovino-porcino), T6 (10% biol bovino-porcino) y T7 (30-10-10), la investigación tuvo un área de 71.5m<sup>2</sup>, con unidades experimentales de (1m<sup>2</sup>), donde se evaluaron 8 plantas por unidad experimental, las variables fueron; altura de planta, número de hojas, longitud radicular, peso en fresco y costo-beneficio. El análisis estadístico se realizó Infostat, se aplicó una prueba de Tukey al 5% donde se mostraron los resultados de cada variable evaluada. Los mejores resultados se obtuvieron con el tratamiento T4 en cuanto a la variable altura de planta, número de hojas y longitud radicular y con el T7 (30-10-10) los mejores resultados se observan en rendimiento. En cuanto a la relación costo – beneficio el T7 (30-10-10) tuvo beneficio directo de 1.82 dólares por cada dólar invertido.

**Palabras Claves:** Espinaca, bioles, sistema vertical, biodigestores.

## ABSTRACT

The objective of the present research was to evaluate the bioles produced in the biodigesters of the San Francisco Experimental Center of the UPEC, in the vertical cultivation of spinach (*Spinacia oleracea*) for the development and yield of the crop in the Huaca canton, province of Carchi, the design experimental was completely randomized blocks (DBCA), 7 treatments and 4 repetitions were established the treatments were: T1 (50% bovine biol), T2 (30% bovine biol), T3 (10% bovine biol), T4 (50% bovine-porcine biol), T5 (30% bovine-porcine biol), T6 (10% bovine-porcine biol) and T7 (30-10-10), the research had an area of 71.5m<sup>2</sup>, with experimental units of (1m<sup>2</sup>), where 8 plants were evaluated per experimental unit, the variables were; plant height, number of leaves, root length, fresh weight and cost-benefit. The statistical analysis was performed by Infostat, a 5% Tukey test was applied where the results of each variable evaluated were shown. The best results were obtained with the T4 treatment in terms of the variable plant height, number of leaves and root length and with T7 (30-10-10) the best results are observed in yield. Regarding the cost-benefit relationship, Q7 (10-30-10) had a direct benefit of 1.82 dollars for every dollar invested

**Keywords:** spinach, bioles, vertical system, biodigesters

## INTRODUCCIÓN

La espinaca, científicamente conocida como *Spinacia oleracea* L., se encuentra ampliamente distribuida en Europa, Asia y ciertas regiones de América, siendo China el principal productor a nivel global, con una participación de mercado del 90%, seguido por Japón y Estados Unidos (Pereyra, 2022). Según Bautista (2018), la espinaca es muy deseada debido a sus propiedades nutricionales y su sabor distintivo, contiene una cantidad significativa de vitaminas A, C, E, y propiedades antioxidantes. También es una excelente fuente de vitaminas del complejo B, así como de minerales como calcio, hierro, magnesio, potasio, sodio, y contiene cantidades adecuadas de fósforo y yodo.

La fertilización orgánica es una de las opciones para la conservación de suelos y la protección del medio ambiente. La adopción de estas alternativas favorece la producción sostenible de alimentos saludables y ecológicos, con costos de producción reducidos, lo que repercute positivamente en la economía de los agricultores (Villamar, 2022). Por lo que el biol es considerado una de las opciones más viables en los cultivos debido a que es capaz de intervenir en el desarrollo y rendimiento de las plantas.

La agricultura desempeña un papel importante en el desarrollo sostenible, y muchos países están enfocados en buscar nuevas estrategias de producción mediante la adopción de tecnologías que aumenten la productividad con un menor impacto ambiental, esto también contribuye a abordar la inseguridad alimentaria en varias regiones del mundo. Por lo que se busca optar por otros sistemas de producción que no sea la tradicional, destacando una de ellas la implementación de cultivos verticales el cual ayuda a que los cultivos puedan ser más controlados y tenga un alto rendimiento en cuanto a la producción, además se debe tener en cuenta que este tipo de sistemas ocupa espacios reducidos (Guevara et al., 2023).

## I. EL PROBLEMA

### 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Debido al crecimiento poblacional que la ONU estima para el año 2050 la población alcanzará los 9.8 mil millones de personas, por lo que se requerirá el aumento de producción de alimentos en un 50% para cubrir la demanda global. Para solventar la situación del aumento poblacional que es un desafío muy significativo en cuanto a seguridad alimentaria es importante hallar métodos sostenibles sin poner en riesgo el medio ambiente y la biodiversidad (YARA, 2023).

Este aumento de la población representa la disminución de espacios disponibles, el agotamiento de los recursos naturales y la creciente demanda para el abastecimiento de alimentos a las ciudades, por lo cual esta problemática debe ser abordada desde una perspectiva biotecnológica, explorando soluciones innovadoras que permitan mejorar la producción agrícola y garantizar una oferta alimentaria sostenible para las poblaciones urbanas (Vargas, 2020).

Según Franco (2016) nos indica que uno de los problemas que se presenta en la provincia del Carchi es la presencia de los sistemas agros productivos basados en el monocultivo de papas y pastizales, que han generado consecuencias graves como es el agotamiento y degradación de los suelos tanto física, química como biológicamente. Además, la falta de atención en cuanto a la necesidad de adaptar estos sistemas agrícolas a la topografía de los terrenos ha ocasionado riesgos y han acabado con la fertilidad natural del suelo.

En el Cantón Huaca la actividad agrícola intensiva ha provocado que los suelos de esta zona se vean considerablemente afectados por el exceso de productos químicos que el agricultor toma como una alternativa para mejorar la producción de sus cultivos, por ende, este tipo de sistemas que dependen en gran medida de estos insumos han contribuido al deterioro de la calidad de agua, por ello se busca enfatizar la importancia de rescatar y valorar la diversidad agrícola de este Cantón, mejorar los suelos y la calidad del agua mediante sistemas de policultivos que minimicen la utilización de agroquímicos (Franco, 2016).

Esclapez (2017) menciona que debido al uso excesivo e incontrolado de abonos químicos que está relacionado con la agricultura intensiva muestra un impacto significativo en la calidad del agua y la posible contaminación del suelo, por lo tanto, es de suma importancia realizar un seguimiento riguroso de su uso. Este uso descontrolado puede dar lugar a problemas como la salinización del suelo y la contaminación del agua.

## **1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

Inadecuado manejo de estiércol de animales y uso excesivo de fertilizantes químicos en los cultivos, lleva a una degradación temprana del suelo, haciendo que el agricultor amplíe constantemente la frontera agrícola y afecte la biodiversidad y su economía.

## **1.2. JUSTIFICACIÓN**

La espinaca es un cultivo de ciclo corto muy deseada debido a sus propiedades nutricionales y sabor distintivo, contiene una cantidad de vitaminas A, C, E, y propiedades antioxidantes. Se encuentra ampliamente distribuida en Europa, Asia y ciertas regiones de América, siendo China el principal productor a nivel global, con una participación de mercado del 90%, seguido por Japón y Estados Unidos (Pereyra, 2022).

Debido a la demanda de alimentos hoy en día, se ha visto en la necesidad de optar por nuevas estrategias de producción que ayudaran a mitigar esta problemática. Por esta razón, los cultivos verticales se presentan como una alternativa ya que son una forma innovadora y eficiente para cultivar alimentos en espacios reducidos, desempeñan un papel importante en el desarrollo de la sostenibilidad y la seguridad alimentaria. Además, permite sacar provecho de espacios limitados para cultivar diversas especies en un mismo lugar reduciendo gastos y facilitando el consumo de alimentos seguros (Mendoza, 2022).

En el Ecuador, la agricultura sostenible es limitada entre los agricultores que realizan esta actividad. Por lo tanto, es importante promover a la siembra de policultivos que contribuyen significativamente a la fertilidad del suelo, sin la necesidad de recurrir a productos químicos ayudando a aumentar la producción y optimizar el uso de recursos (Pulido y Rincón, 2022).



El uso de abonos orgánicos en los cultivos es una alternativa de prácticas agrícolas en cuanto a nutrición, ayudan a mejorar la producción de los cultivos y la conservación ambiental, en lo que respecta a los suelos es amigable con el medio ambiente por los ingredientes naturales que se utilizan. Por ende, el biol es considerado fertilizante orgánico de calidad que ayuda a conservar el medio ambiente y brindar grandes beneficios, aumenta la actividad biológica del suelo, favorece la retención de humedad, promueve crecimiento radicular, y su utilización.

La fertilización orgánica es una de las opciones para la conservación de suelos y la protección del medio ambiente. La adopción de estas alternativas favorece la producción sostenible de alimentos saludables y ecológicos, con costos de producción reducidos, lo que repercute positivamente en la economía de los agricultores (Villamar, 2022).

Implica una reducción significativa de costos en comparación con fertilizantes químicos (Pulido y Rincón, 2022). Esta investigación busca ofrecer alternativas de fertilización orgánica en el cultivo vertical de espinaca con el empleo de biol el cual tiene gran cantidad de nutrientes necesarios para las plantas, ayuda a aumentar la producción, disminuye la contaminación ambiental y el uso excesivo de productos químicos que son poco amigables con el medio ambiente con el fin de obtener productos saludables y de calidad, además de proporcionarle al agricultor un manejo adecuado en sus cultivos y a bajo costo.

#### **1.4. OBJETIVOS Y PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN**

##### 1.4.1. Objetivo General

Evaluar los bioles que se producen en los biodigestores del Centro Experimental San Francisco de la Universidad Politécnica Estatal del Carchi sobre el cultivo vertical de espinaca (*Spinacia oleracea*)

##### 1.4.2. Objetivos Específicos

- Analizar el efecto del biol bovino y biol bovino-porcino procedente del biodigestor del Centro Experimental San Francisco de la Universidad Politécnica Estatal del Carchi en el desarrollo y rendimiento del cultivo vertical de espinaca

- Determinar la mejor dosis de biol que incremente el desarrollo en el cultivo vertical de espinaca
- Analizar la relación costo – beneficio del sistema vertical con la aplicación del biol

#### 1.4.3. Preguntas de Investigación

¿Cómo influye la aplicación de biol bovino y el biol bovino-porcino en el desarrollo y rendimiento del cultivo vertical de espinaca?

¿Qué dosis de biol fue el mejor en el incremento de la producción del cultivo vertical de espinaca?

¿Cuál tratamiento fue el mejor en cuanto al costo beneficio?

## II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

### 2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación sobre la evaluación del rendimiento y calidad del cultivo de espinaca (*Spinacia oleracea L.*) con diferentes concentraciones de biol orgánico y con tratamientos distribuidos de la siguiente manera: Tratamiento 1 consistió en la mezcla de 60% biol + 40% agua, Tratamiento 2 se utilizó 40% biol + 60% agua, Tratamiento 3 se empleó 20% biol con 80% de agua, el tratamiento 4 fue 100% agua. Los resultados mostraron que el T1, logró el mayor rendimiento esto se reflejó en una altura promedio de planta de 28.99 cm en comparación con los 20.86 cm del tratamiento testigo, Asimismo, se observó un promedio de 11.59 hojas por planta en el tratamiento T1, a diferencia con las 10.45 hojas por planta del tratamiento testigo (Apaza, 2019).

En la investigación realizada por Soles (2019) se planteó como objetivo determinar el impacto de tres diferentes dosis de biol (400, 800 y 1200 L biol/ha) en el desarrollo, crecimiento y producción del cultivo de espinaca (*Spinacia oleracea L.*). Los resultados revelaron que el tratamiento T3 (con 1200 L de biol por hectárea) mostró la mayor altura y el número más alto de hojas por planta, alcanzando 33.36 cm y 25.38 unidades, respectivamente. Asimismo, se observaron los mejores resultados en cuanto al ancho y longitud de las hojas a los 35 días después de la germinación, siendo de 10.63 cm y 30.31 cm, respectivamente, para el mismo tratamiento T3.

En la siguiente investigación realizada por Incio (2019) que tiene como objetivo determinar el efecto de cuatro dosis de biol en el rendimiento de lechuga (*Lactuca sativa L.*) variedad White Boston, en cantidades de 50, 100, 150 y 200 ml que fueron aplicados a los 18 días después del trasplante determinando que no existió significación estadística, pero sí diferenciación numérica, comprobando que el tratamiento 3 (150 mL), que permitió cosechar 2.302 Tm / ha.

Vera (2021), en su investigación tuvo por objetivo evaluar el efecto de la aplicación de distintas concentraciones de Biol, en el rendimiento del cultivo de dos variedades de espinaca. Bajo un diseño de bloques al Azar (D.B.A.) bi factorial, con 8 tratamientos y 3 repeticiones, siendo Factor A variedades (Quinto y Bolero) y Factor B dosis de Biol a 0%, 25%, 50% y 75%. Se evaluaron las siguientes variables: número de hojas, largo de la hoja, área foliar y rendimiento de materia fresca. Los resultados obtenidos en las variables agronómicas evaluadas mostraron resultados altamente significativos, excepto en la variable número de hojas, pero si hubo resultados altamente significativos en la variable rendimiento de materia fresca, el T6 (Variedad Bolero con aplicación de Biol al 75% de concentración) fue el que presento un mejor resultado en las cuatro cosechas, con un peso promedio de 2.57 kg/m<sup>2</sup>. En cuanto al análisis económico del tratamiento T6 (Variedad Bolero con aplicación de Biol al 25% de concentración) obtuvo una relación beneficio/costo de 1.83.

El estudio de investigación sobre la eficacia de diferentes dosis de biol para mejorar el rendimiento de la espinaca (*Spinacia oleracea* sp.) en el departamento de Cajamarca se evaluó varias características agronómicas, entre ellas el rendimiento, altura de planta, número de hojas, longitud y ancho de las hojas. Utilizando los siguientes tratamientos: T1 = 0.50 L, T2=1L, T3 = 1.5 L, T4=2 L y T5 = 2.5 L. De acuerdo al análisis estadístico se encontró que el T5 obtuvo un rendimiento promedio de 35.00 t/ha, altura promedio de 34.76 cm, número promedio de hojas 16, una longitud promedio 20.5 cm y un ancho promedio de 13.16 cm, estos resultados superaron significativamente al tratamiento testigo lo cual sugiere que una correcta aplicación de biol, constituye una alternativa viable para mejorar el cultivo de espinaca (Sangay, 2022).

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto del uso de tres dosis de biol en la producción de forraje verde hidropónico de maíz (*Zea Mays*), donde se evaluaron diferentes dosis de biol mezcladas con agua T1 Biol 10% + Agua 90%, T2 Biol 20% + Agua 80%, T3 Biol 30% + Agua 70% y un testigo solamente agua, variables estudiadas altura de planta, longitud de raíz, rendimiento de peso fresco. Los resultados obtenidos fueron el Tratamiento 3 (Biol 30% + Agua 70%) predominó en las siguientes variables: Altura de planta 18.53 cm, Longitud de Raíz 12.57 cm, Rendimiento Peso Fresco 15,14 kg/m<sup>2</sup> (Andino y Chuquin, 2023).

## 2.2. MARCO TEÓRICO

### 2.2.1. Espinaca

Es una hortaliza que posee una raíz pivotante y poco ramificada; sus hojas están dispuestas en forma de roseta de forma triangular o aflechada con un ápice en punta y margen entera y sinuosa. Emite un tallo floral de unos 80cm sobre el que aparecen flores verdosas. Originaria del Sudeste de Asia se cultiva de forma extensiva durante la primavera y el otoño en el Norte de los Estados Unidos, durante finales de otoño, invierno y comienzos de primavera (Apaza, 2019).

#### 2.2.1.1. Origen

La espinaca es procedente del continente asiático, específicamente de Persia ya que en el siglo XI, este cultivo fue introducido por los árabes a la región española para luego extenderlo a Europa. Además, se crearon cultivos en Holanda, Inglaterra y Francia para su explotación, y más tarde se cultivó en otros países europeos, llegando finalmente a América en etapas posteriores (Rojas, 2017).

#### 2.2.1.2. Taxonomía

**Tabla 1.** Descripción taxonómica de la espinaca

TAXONOMÍA	
Reino	Vegetal
División	Angiospermas
Clase	Dicotyledoneae
Orden	Centrospermae
Familia	Chenopodiáceae
Género	Spinacia
Especie	<i>Spinacia oleracea</i> L.
Nombre común	Espinaca

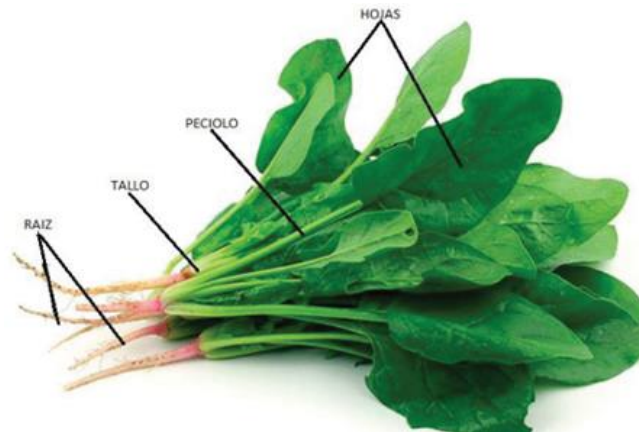
**Fuente:** (Jayo, 2019).

#### 2.2.1.3. Características físico-químicas y organolépticas

La espinaca puede presentar variaciones en color y tamaño debido a la diversidad de variedades y métodos de siembra utilizados. Para lograr un tamaño de hojas más uniformes, es recomendable trasplantar las plántulas a distancias iguales para que se pueda proporcionar situaciones estables de luz, aireación y capacidad de nutrientes. Esta hortaliza cuenta con un elevado contenido de agua del 90%, bajo nivel en carbohidratos y grasas, rica en vitaminas A, C y con abundantes minerales como fósforo, calcio, hierro y potasio (Ávila, 2015).

#### 2.2.1.4. Descripción botánica y morfológica

" Las espinacas son plantas de ciclo semestral, que se cultivan dependiendo de las variedades ya que algunas se pueden cosechar cada tres meses. El órgano que se utiliza para consumir son sus hojas y su propagación es mediante semillas" (Ávila, 2015).



**Figura 1.** Partes de la espinaca  
**Fuente:** (Maquerrhua, 2019).

##### 2.2.1.4.1. Raíz

Posee una raíz principal que se extiende hasta una profundidad de aproximadamente 5 centímetros en el suelo.

##### 2.2.1.4.2. Tallo

Forma parte de la estructura de las hojas, ya que este componente puede alcanzar una longitud que oscila entre 30 y 100 cm. A partir de esta característica, se desarrollan las hojas adoptando una disposición en forma de roseta.

##### 2.2.1.4.3. Hojas

Se desarrollan de manera alternada en el tallo y exhiben un tono verde intenso a oscuro. La forma de la planta no está predeterminada, ya que varía según el método de siembra empleado.

#### 2.2.1.4.4. Flores

Tienen un color que varía entre blanco y verde amarillento. Su desarrollo no es relevante por lo que su formación es controlada mediante la regulación de la luz y la temperatura.

#### 2.2.1.4.5. Semilla

Son aquenios insertados en un pedúnculo floral que al secar son duros.

#### 2.2.1.5. Requerimientos edafoclimáticos

Los requerimientos bioclimáticos según Cerón (2017), para la producción de la espinaca son las siguientes:

##### 2.2.1.5.1. Temperatura

Tolera por debajo de cero, pero si persiste mucho, pueden ocasionar daños en las hojas y detener el crecimiento del cultivo. Para que la planta siga creciendo, se requiere una temperatura mínima de 5 °C ya que a medida que las horas de sol se prolongan y las temperaturas superan los 15 °C, la planta empieza a producir flores lo que implica un gasto de nutrientes en la floración en lugar de enfocarse en el desarrollo de las hojas, esto resulta en una reducción del rendimiento. Además, temperaturas elevadas y un fotoperíodo largo pueden provocar un sabor amargo debido al exceso de calor.

##### 2.2.1.5.2. Suelo

La espinaca requiere de suelos ricos y equilibrados, estructura adecuada, pH neutro, textura franca, es decir, que no sean demasiado arcillosos ni excesivamente arenosos. Es importante que la tierra este húmeda, pero se debe evitar encharcamientos para un mejor desarrollo de la espinaca por lo que es necesario proporcionarle materia orgánica, especialmente nitrógeno, ya que este elemento desempeña un papel fundamental en el crecimiento de las hojas.

##### 2.2.1.5.3. Nutrición

El cultivo de espinaca suele ser exigente en cuanto a la demanda de nutrientes debido a su tiempo corto de producción ya que necesita una gran cantidad de nutrientes disponibles para ser absorbidos por la planta de forma inmediata.

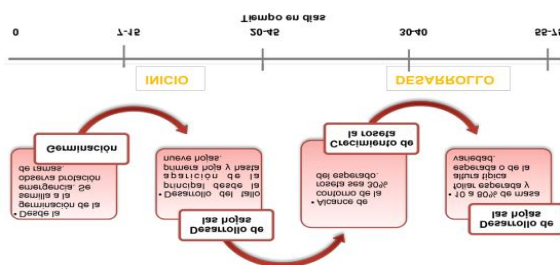
**Tabla 2.** Condiciones agroclimáticas de la espinaca

Condiciones agroclimáticas	
Altitud	1430 - 2800 msnm
Humedad relativa	60 – 75 %
Requerimiento hídrico	800 – 1600 mm/año
Tipo de suelo	Franco – Franco arenoso
Ph	Moderadamente ácido entre 5.7 a 6.8
Luminosidad	12 horas luz

**Fuente:** (Pulido y Rincón, 2022)

### 2.2.1.6. Fenología

El ciclo fenológico de la espinaca inicia con la germinación de la semilla, seguido por el desarrollo de las hojas del que depende su ciclo final, es decir, el de recolección esta se planifica dependiendo de la variedad y el desarrollo de la planta en tamaño y número de hojas (Cámara de comercio de Bogotá, 2015). Además, Calle (2020), nos indica las etapas del cultivo de la espinaca en semanas que son: la germinación ocurre entre la primera y la segunda semana, seguida del desarrollo vegetativo que forma la roseta desde la segunda hasta la séptima semana. Luego, a la octava y novena semana, la espinaca alcanza la madurez para ser cosechada, en la onceava semana, se produce la floración y comienza la formación y maduración de las semillas. Finalmente, en la catorceava semana, se completa el ciclo con las semillas maduras.



**Figura 2.** Etapa fenológica de la espinaca

**Fuente:** (Bonilla, 2011)

### 2.2.1.1.7. Fertilización de espinaca

El cultivo de espinaca es altamente tolerante a la salinidad, resistiendo bien a los cloruros y a los sulfatos. La espinaca extrae del suelo nitrógeno, fósforo y potasio, el suministro debe ser muy rico y abundante, si se utiliza materia orgánica como fuente de nutrientes, está debe estar bien descompuesta al aplicarse.



Si se utiliza materia orgánica comenzando a descomponerse, como el ciclo de desarrollo de la espinaca es muy rápido, no le da tiempo a beneficiarse de éste; además como las raíces son muy delicadas, se hacen más susceptibles al ataque de hongos (Guapás, 2018).

#### 2.2.1.1.7.1. Nitrógeno

Elemento importante para el desarrollo de la espinaca cuando no se presenta en concentraciones adecuadas ocasiona plantas con pocas hojas, de tamaño inferior al normal y que con el tiempo se tornan amarillas. La deficiencia de este elemento es originada por los bajos contenidos en el suelo y principalmente porque se presentan desbalances ocasionados por altos contenidos de calcio y potasio (Guapás, 2018).

#### 2.2.1.1.7.2. Fósforo

Desempeña un papel importante en la fotosíntesis, la respiración, el almacenamiento y transferencia de energía, promueve la rápida formación y crecimiento de las raíces. La deficiencia se presenta en una disminución del tamaño de la planta, la forma de las hojas se distorsionan, las hojas viejas se afectan antes que las jóvenes (Guapás, 2018).

#### 2.2.1.1.7.3. Potasio

Realiza funciones en la planta como la fotosíntesis, fortalecimiento de tejidos, mejora la calidad de frutos mantiene un adecuado balance hídrico en la planta. Uno de los síntomas comunes de carencia de potasio es el marchitamiento o quemado de los márgenes de las hojas, en la mayoría de los cultivos aparece primero en las hojas viejas. Las plantas con deficiencia crecen lentamente, tienen un sistema radicular mal desarrollado, los tallos son débiles y las plantas tienen una baja resistencia a las enfermedades (Guapás, 2018).

**Tabla 3.** Requerimientos nutricionales de la espinaca

Requerimientos	Contenido ppm
Nitrógeno	28 – 90
Fósforo	8-36
Potasio	36-80
Magnesio	4-14

**Fuente:** (Vaca, 2023)

## 2.2.1.8. Plagas y enfermedades de la espinaca

### 2.2.1.8.1. Plagas de la espinaca

#### 2.2.1.8.1.1. Chizas (*Ancognata Scarabaelodes*; *Clavipalpus Ursinus*)

Son larvas del orden coleópteras que provocan daños en las plantas al alimentarse de las raíces, ya que interfieren en la absorción de los nutrientes a través de las heridas ocasionadas, estas heridas abiertas facilitan la entrada de los patógenos afectando la producción y rendimiento del cultivo o incluso llegan a ocasionar la muerte en la planta (Pulido y Rincón, 2022).

#### 2.2.1.8.1.2. Tierreros (*Agrotis Ipsilon*)

Los tierreros son polillas de color gris con puntos negros en su cuerpo, pertenecen a la orden lepidóptera, y tienen un ciclo de vida de 40 a 50 días, se alimentan del cuello de la raíz haciendo que la planta muera (Pulido y Rincón, 2022).

#### 2.2.1.8.1.3. Gusano Cogollero (*Spodoptera Spp*)

Es del orden lepidoptera ditrisios, por lo general atacan a las plantas jóvenes y las que se encuentran en floración, son identificadas al encontrar hojas cortadas y las causantes de esto son las larvas, mientras más crecen consumen mayor cantidad de follaje lo que ocasiona pérdidas económicas (Pulido y Rincón, 2022).

#### 2.2.1.8.1.4. Babosas (*Milax Gagates*)

Especie de tipo caracol terrestre, de la familia Milacidae, que presenta un color que va desde el gris oscuro hasta el negro, se encuentran debajo del material vegetal debido al ambiente fresco y húmedo ideales para su desarrollo donde las hembras depositan entre 20 a 100 huevos, suelen atacar a plantas jóvenes o recién trasplantadas cortando las hojas tiernas (Pulido y Rincón, 2022).

#### 2.2.1.8.1.5. Ácaros del EHE (*Tyrophagus Putrescentiae*)

Pertenece al orden Astigmata, de la familia Acaridae, su impacto en los cultivos se manifiesta en las hojas donde se alimentan del tejido tierno generando un efecto de encrespamiento en las primeras cuatro semanas de crecimiento y una mala calidad de suelo puede agravar la presencia de esta plaga (Pulido y Rincón, 2022).

#### 2.2.1.8.1.6. Barrenador del Tallo (*Delia Plantura*)

Esta especie es conocida como la mosca de la semilla, pertenece al orden Díptera, su daño se produce a través de las larvas que minan el tallo, raíz durante la germinación o cosecha. La hembra deposita los huevos en el suelo cerca de la materia orgánica, y al surgir las primeras hojas se observan las galerías cavadas por el insecto. Cerca de la cosecha, las larvas destruyen los puntos de crecimiento en la corona de la planta, lo que puede causar deformaciones en las hojas o una alta mortalidad de las plantas (Pulido y Rincón, 2022).

#### 2.2.1.8.1.7. Minador (*Liriomyza Huidobrensis*)

Son moscas pequeñas que pertenece al orden Díptera, siendo las hembras las que perforan las hojas para depositar sus huevos, lo que provoca una disminución de la fotosíntesis en la planta, mientras que las larvas se desarrollan dentro del tejido de las hojas y se alimentan de ellas para luego desplazarse por las mismas dejando galerías visibles. Posteriormente, las larvas caen al suelo para pupar. Este daño inicialmente afecta a las hojas más viejas y puede extenderse hasta la parte superior de la planta (Pulido y Rincón, 2022).

#### 2.2.1.8.1.8. Áfidos (*Aphis* sp)

Insectos pertenecientes al orden hemípteros, que por lo general se encuentran en los brotes de las plantas jóvenes donde se alimentan de la savia de las hojas provocando deformaciones y un ligero de enrollamiento en las hojas lo que afecta el crecimiento normal de la planta (Pulido y Rincón, 2022).

### 2.2.1.8.2. Enfermedades de la espinaca

#### 2.2.1.8.2.1. Damping off o Mal del Talluelo

Es una enfermedad producida por hongos debido al uso de herramientas o suelos contaminados. Por lo general se presentan en hortalizas de hojas en la fase inicial o en el caso de plántulas a una o tres semanas de la siembra, ingresan a la planta mediante los pelos absorbentes o heridas que sufrió al momento del trasplante una vez adentro se difunde y obstaculiza el paso a los nutrientes lo que hace que las hojas se observen de color amarillento y por consiguiente la caída de la planta que le ocasiona la muerte (Pulido y Rincón, 2022).

#### 2.2.1.8.2.2. Manchas Foliares (Colletotrichum Dematium; Cladosporium Macrocarpum, Alternaria Sp Y Stem- Phylium Botryosum)

Cladosporium es un hongo que se encuentra en todo el mundo y se identifica por la aparición de manchas pequeñas e irregulares de color café en las hojas mientras que Stemphylium se distingue porque las estructuras son de color verde oscuro en el centro de las manchas, las cuales son de color gris, secan los tejidos hasta necrosarlos a medida que avanza la enfermedad. Por último, Alternaria se identifica por manchas pequeñas necróticas de color café claro, principalmente en hojas inferiores y envejecidas (Pulido y Rincón, 2022).

#### 2.2.1.8.2.3. Mildew Velloso (Peronospora Farinosa)

Esta enfermedad es común en hortalizas, especialmente en la producción de espinacas, se caracteriza por la aparición de manchas cloróticas de diferentes tamaños en el haz de las hojas mientras que en el envés de la hoja están las estructuras del hongo, como esporangios y esporangióforos de color gris azulado. Esto provoca que las hojas jóvenes se deformen con el tiempo, lo que resulta en pérdidas significativas en las plantas (Pulido y Rincón, 2022).

#### 2.2.1.8.2.4. Bacteriosis (Erwinia Carotovora)

Es una bacteria facultativa anaerobia que muestra mayor incidencia en la etapa de desarrollo de las hojas y al momento de la cosecha, su forma de actuar es a través de las heridas provocando pudriciones en el tejido interno desde la corona hasta las raíces. La bacteria tiene una alta capacidad de dispersión en el campo, a menudo propagándose a través del agua de riego y mediante insectos. Además, es capaz de sobrevivir durante períodos prolongados en el suelo (Pulido y Rincón, 2022).

#### 2.2.1.9. Clasificación de la espinaca

Según el Portal Frutícola (2018) menciona que, las espinacas se clasifican de acuerdo con la estructura de sus hojas de la siguiente manera:

##### 2.2.1.9.1. Hoja rizada

Esta variedad se vende y consume en estado fresco y su ciclo de crecimiento soporta las bajas temperaturas, lo que la hace apta para resistir durante el invierno.



**Figura 3.** Espinaca de hoja rizada  
**Fuente:**(Portal Frutícola, 2018).

#### 2.2.1.9.2. Hoja lisa

Se distribuye en forma congelada o enlatada, para que así su distribución se pueda ampliar a regiones lejanas del lugar donde se cultiva durante diferentes estaciones del año.



**Figura 4.** Espinaca de hoja lisa  
**Fuente:** (Portal frutícola, 2018)

#### 2.2.1.9.3.Espinaca de verano

Son las más comercializadas para consumirlas, este tipo de espinacas se las puede sembrar en la primavera o en época de verano como su nombre lo indica.



**Figura 5.** Espinaca de verano  
**Fuente:** (Portal frutícola, 2018).

#### 2.2.1.9.4.Espinaca de invierno

Este tipo de espinacas tienen una mayor capacidad para resistir condiciones climáticas desfavorables en comparación con las plantas de verano, exhibiendo una estructura de hojas triangular con un grosor notable.



**Figura 6.** Espinaca de invierno  
**Fuente:** (Portal frutícola, 2018).

#### 2.2.2. Biol

Es un fertilizante orgánico líquido que se produce mediante la fermentación anaeróbica de estiércol de animales, follajes de plantas u otros ingredientes para enriquecerlo con nutrientes, también actúa estimulando el crecimiento del cultivo al promover su actividad fisiológica, además de tener un efecto revitalizador en plantas que se encuentran en estado de estrés durante un largo tiempo, ayuda en la prevención del ataque de plagas y enfermedades. Es apto para todo tipo de cultivos (hortalizas, gramíneas, forrajes, frutas entre otras), y la aplicación se la puede realizar vía foliar o al suelo, se trata de un abono que proporciona excelentes resultados como aumento en cantidad de frutos e incremento en cuanto al rendimiento. Por otro lado, su preparación es sencilla ya que se utiliza residuos de origen animal o vegetal, que está al alcance del agricultor (Muñiz, 2023).

Los biofertilizantes son líquidos procedentes de microorganismos presentes en el biodigestor, que son separados la parte sólida de la líquida a través de un proceso de filtración, el 90% de los residuos totales viene hacer el biol, mientras que el 10% son restos sólidos conocidos como biosol. Son considerados abonos eficientes debido a su capacidad para proporcionar nutrientes de fácil absorción para las plantas mediante el riego o aplicación foliar plantas. Además de su función como fertilizantes, también tienen efectos reguladores en las plantas y propiedades fitosanitarias, la

calidad de estos productos puede variar dependiendo de la composición bioquímica y microbiana de los materiales utilizados en el biodigestor (Moreno, 2019). Los fertilizantes líquidos a diferencia de los sólidos resultan más sencillos debido a la facilidad de transporte y aplicación en los cultivos ya que estos benefician en el enraizamiento, floración y también activan la capacidad de germinación de las semillas además de que su uso puede ayudar en el aumento de producción de los cultivos en un 50% (Moreno, 2019).

**Tabla 4.** Composición química del estiércol bovino y porcino

Composición química						
Animal	%Nitrógeno (N)	Óxido de fósforo (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	Óxido de potasio (K <sub>2</sub> O)	Conductividad eléctrica	PH	Carbono/nitrógeno (C/N)
Porcino	4.00	6.98	0.52	5.40	7.1	9.80
Bovino	2.09	2.86	1.41	36.0	8.3	38.8

**Fuente:** (Moreno, 2019)

#### 2.2.2.1. Características del biol

Es un abono foliar de alta calidad que ayuda a mantener las plantas verdes y favorece a una buena producción fructífera además de ayudar en la nutrición y recuperación del suelo es un fertilizante que ayuda a proteger los cultivos de plagas de insectos, y para su preparación se puede usar diversos tipos de excretas (Cevallos, 2020).

#### 2.2.2.2. Beneficios del biol

El biol a más de proteger el medio ambiente, suelo y la salud de las personas también busca optimizar los recursos económicos de los agricultores, esto se debe a que los fertilizantes químicos suelen ser costosos, mientras que los recursos naturales disponibles para los agricultores, campesinos y productores, como los abonos orgánicos, representan una alternativa más económica y sostenible (Cevallos, 2020).

#### 2.2.2.3. Ventajas del biol

De acuerdo a lo que menciona Cevallos (2020), las ventajas que tiene el biol son las siguientes:

- Su elaboración es a base de materiales que se encuentran en la zona
- Tiene bajo costo

- Ayuda a mejorar la vigorosidad del cultivo para que soporte el ataque de plagas y enfermedades y los efectos climáticos desfavorables
- Es un abono natural que no contamina el suelo, agua, aire ni los productos obtenidos de las plantas.
- Incrementa la producción de cultivos hasta un 50% sin la necesidad de emplear productos químicos

#### 2.2.2.4. Biodigestor

Los biodigestores representan una valiosa opción para reducir el impacto ambiental en las producciones pecuarias al mitigar la contaminación generada por las excretas de los animales, especialmente en lo que respecta a gases como el amoníaco y el metano, sin afectar las propiedades del fertilizante, al contrario, lo enriquece y mejora su potencial como abono, ya que conserva nutrientes esenciales como nitrógeno, fósforo, potasio y otros elementos clave para la fertilización de plantas y suelos. También generan beneficios económicos al producir biogás y biol que son importantes para fines agrícolas y pueden ser comercializados (Gallo, 2021).

#### 2.2.3 Agricultura Vertical

Es una técnica agrícola que implica cultivar plantas de forma vertical, optimizando el uso del espacio del cultivo al aumentar la superficie disponible en el suelo, lo que permite cultivar más plantas en un mismo espacio (PROMIX, 2023).

##### 2.2.3.1. Agricultura Vertical con Sustratos

En la agricultura vertical con sustratos, las plantas se cultivan en materiales como turba, lana de roca, coco, perlita, entre otros, y para elegir un sustrato para este tipo de sistemas se debe tener en cuenta que debe garantizar adecuado espacio poroso, retención de nutrientes y que tengan un buen drenaje (PROMIX, 2023).

##### 2.2.3.2. Ventajas

Las ventajas mencionadas por Vargas ( 2020), para la agricultura vertical son las siguientes:

- La agricultura vertical permite cultivar con hasta un 80% menos de espacio en comparación con la agricultura tradicional.



- Mejora el proceso de siembra, mantenimiento y recolección.
- Los cultivos urbanos podrían contribuir a la reducción de las emisiones de dióxido de carbono provenientes de las ciudades
- Disminuye la deforestación y la quema de ecosistemas para establecer cultivos.
- Se utiliza el agua en cantidad reducida
- Reduce el ataque de plagas y enfermedades
- Incrementa la cantidad de producción por metro cuadrado disponible

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. ENFOQUE METODOLÓGICO

##### 3.1.1. Enfoque

Se aplicó un enfoque cuantitativo el cual consiste en la recolección y análisis de datos numéricos sobre variables del experimento. Llegando a evaluar parámetros como: altura de la planta, número de hojas, longitud de la raíz, peso en fresco, relación costo – beneficio y evidenciar si es viable la opción del uso del biol en la implementación del cultivo vertical de espinaca.

##### 3.1.2. Tipo de Investigación

La investigación fue de tipo experimental, en donde se realizó un ensayo a campo abierto probando diferentes concentraciones de biol en el cultivo vertical de espinaca en cuanto a su desarrollo y rendimiento. Logrando determinar la mejor dosis para obtener los resultados deseados en el cultivo, con un diseño de bloques completamente al azar.

#### 3.2. HIPÓTESIS

H1: La aplicación de los bioles producidos en los biodigestores del Centro Experimental San Francisco influirá positivamente en el desarrollo del cultivo vertical de espinaca (*Spinacia oleracea*)”

H0: La aplicación de los bioles producidos en los biodigestores del Centro Experimental San Francisco no influirá positivamente en el desarrollo del cultivo vertical de espinaca (*Spinacia oleracea*)”

### 3.3. Definición y operacionalización de las variables

**Tabla 5.** Operacionalización de variables

VARIABLE Y DEFINICIÓN	DIMENSIÓN	INDICADOR	TÉCNICAS	INSTRUMENTOS
<b>Variable independiente</b> Aplicación de biol en diferentes concentraciones en el cultivo vertical de espinaca	Biol bovino	Dosis alta 50% de biol Dosis media 30%de biol Dosis baja 10% de biol	Aplicación en drench de biol cada 8 días después del trasplante	Bomba de fumigar
	Biol bovino - porcino	Dosis alta 50% de biol Dosis media 30%de biol Dosis alta 50% de biol		
	Testigo comercial (30-10-10)	Manejo del fertilizante químico NPK (30-10-10)		
<b>Variable dependiente</b> Cultivo de espinaca	Altura de la planta	Altura en centímetros	Se midió la planta desde la unión de la raíz con el tallo hasta la última hoja cada 8 días a partir de la primera fertilización con el biol	flexómetro y libreta
	Número de hojas	Número de hojas en unidades	Se contabilizo el número de hojas cada 8 días a partir de la primera aplicación del biol	Observación, Libreta
	Longitud de la raíz	Longitud en centímetros	Se realizó la medición de la raíz desde la unión del tallo con la raíz hasta la cofia de la raíz más larga en la etapa final	Regla y libreta
	Peso en fresco	Peso en gramos	Se pesó la cantidad de hojas en gramos al final del ciclo del cultivo	Balanza digital
Análisis económico	Dólares	COSTOS- BENEFICIO	Excel	

### 3.4. MÉTODOS UTILIZADOS

#### 3.4.1. Ubicación



**Figura 7.** Ubicación del ensayo

La presente investigación se realizó en el Centro Experimental San Francisco de la Universidad Politécnica Estatal del Carchi ubicada en el cantón Huaca, provincia del Carchi, la misma que está ubicada a  $0^{\circ} 37' 3''$  N de latitud y  $77^{\circ} 45' 3''$  W de longitud; a 2800 msnm, con precipitaciones de 1000 a 1200 mm y temperatura de  $13.5^{\circ}\text{C}$  (Proaño, 2015).

#### 3.4.2. Superficie del ensayo

La investigación tuvo una superficie total de  $71,5\text{ m}^2$  con 6,5 m de largo y 11 m de ancho. Se dividió en 28 unidades experimentales cada una de  $1\text{ m} \times 1\text{ m}$  donde cada tubo formó una unidad experimental dejando caminos de 0,5 metros en cada unidad.

#### 3.4.3. Descripción y caracterización del experimento

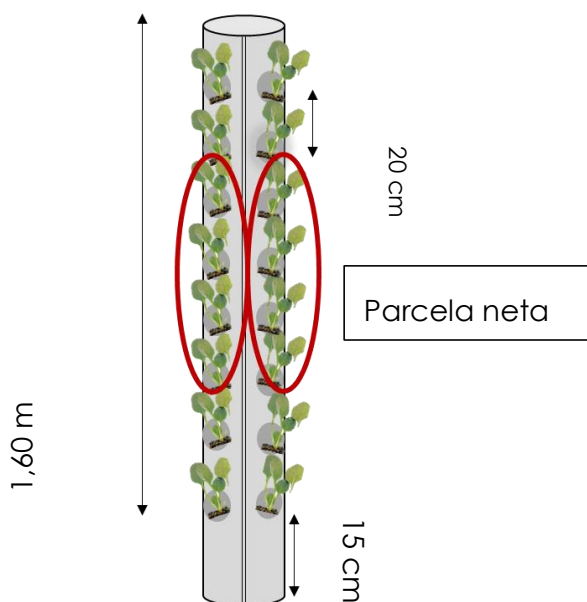
El experimento tuvo lugar en el Centro Experimental San Francisco, perteneciente al Cantón San Pedro de huaca, en condiciones de campo abierto con un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA). Conformado por 7 tratamientos y 4 repeticiones, obteniendo un total de 28 unidades experimentales en toda la investigación realizada, cada unidad experimental estuvo formada por un tubo PVC de 6 pulgadas que fue colocado en una superficie de  $1\text{ m} \times 1\text{ m}$ , separados cada uno de ellos por un camino de 0.5. Cada unidad experimental está formada por 32 plantas de las cuales 8 fueron evaluadas, las mismas cuentan con una separación de

2 cm de ancho y 20 cm de largo. A continuación, en la Tabla 6 se encuentra de manera detallada el diseño experimental.

**Tabla 6.** Características del ensayo

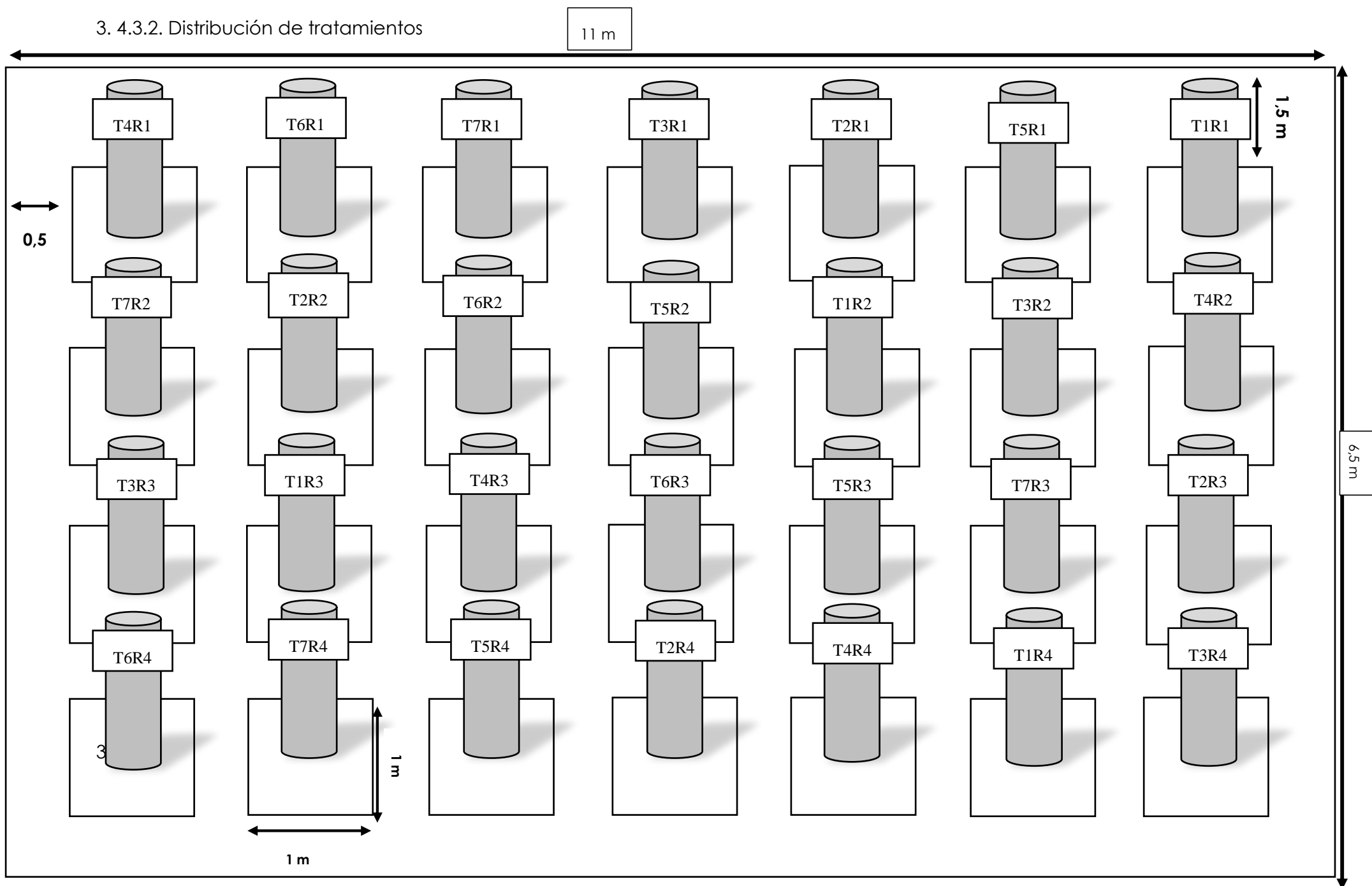
DISEÑO EXPERIMENTAL	
Característica	Descripción
Tratamientos	7
Repeticiones	4
Número de unidades experimentales	28
Área unidad experimental	1m <sup>2</sup>
Área total del ensayo	71,5 m <sup>2</sup>
Distancia entre plantas	20 cm
Plantas por unidad experimental	32 plantas
Plantas unidad neta	8 plantas
Total, de plantas en el ensayo	896 plantas

### 3.4.3.1. Unidad experimental



**Figura 8.** Distribución de las plantas en una unidad experimental

### 3. 4.3.2. Distribución de tratamientos



### 3.4.3.3. Tratamientos

**Tabla 7.** Descripción de los tratamientos

Tratamiento	Descripción
T1	Biol de estiércol Bovino dosis alta de 50% (50 ml biol + 50 ml agua)
T2	Biol de estiércol Bovino dosis media de 30% (30 ml biol+ 70 ml agua)
T3	Biol de estiércol Bovino dosis baja de 10% (10 ml biol + 90ml agua)
T4	Biol de estiércol porcino dosis alta 50% (50 ml biol + 50 ml agua)
T5	Biol estiércol porcino dosis media 30% (30 ml biol +70 ml agua)
T6	Biol estiércol porcino dosis baja del 10% (10 ml biol + 90 ml agua)
T7	Testigo Químico (0.23 g de 30-10-10 en 100 ml de agua)

### 3.4.4. Población y muestra

Población: consta de 71,5 m<sup>2</sup> dividida en 28 unidades experimentales, conformada por 896 plantas de espinaca, y en la muestra fue considerada la parcela neta la misma que estuvo conformada de 8 plantas. Cada unidad experimental (Tubo PVC) fue de 1m<sup>2</sup>, la distancia entre plantas fue de 20 cm y caminos de 0,5m.

### 3.4.5. Manejo de la investigación

#### 3.4.5.1. Preparación del terreno

Se pasó rastra en el área donde se implementó el experimento, luego se procedió a limpiar el terreno y nivelarlo.

#### 3.4.5.2. Delimitación de la parcela

Mediante el uso de un flexómetro se procedió a medir el área total del ensayo 11m x 6,5m (71,5m<sup>2</sup>), incluido el cerramiento. Se utilizó piola y estacas para definir el espacio de cada unidad experimental que fue de 1m<sup>2</sup>, con caminos de 0,5m.

#### 3.4.5.3. Elaboración de tubos obtuvo

Se adquirió 19 tubos PVC de 3 metros de largo los cuales fueron cortados dejándolos de 2 metros, los tubos sobrantes se los unió con pegamento obteniendo así un total de 28 tubos. Luego se midió la distancia de los hoyos que fue de 20 cm, se cortó con una moladora y una vez terminado todos, se calentó el tubo para lo cual se utilizó una pistola de calor para finalmente irles dando forma, cabe recalcar que la vida útil de la infraestructura (Tubos Pvc) están para un aproximado de 20 años de duración.

#### 3.4.5.4. Ubicación de cada unidad experimental

Con la ayuda de una hoyadora se hizo los hoyos correspondientes en cada unidad experimental delimitada, con una profundidad de 25 cm y se procedió a enterrarlos.

#### 3.4.5.5. Mezcla del sustrato

Se realizó la preparación del sustrato el cual contenía 30% de cascarilla de arroz, 30% de pomina, 30% de tierra y 10% de vermicompost, y luego se procedió a realizar el llenado de los tubos (PVC).

#### 3.4.5.6. Trasplante

Las plantas fueron trasplantadas cuando tenían un mes de edad, se las colocaron en los tubos a una distancia de 20 cm entre ellas, obteniendo un total de 896 plantas en todo el experimento, para finalmente realizar el respectivo riego para que queden selladas totalmente.

#### 3.4.5.7. Aplicación de los tratamientos

Los tratamientos se aplicaron a los 6 días después de haber trasplantado, luego se siguió la aplicación con una frecuencia de 8 días, esto se lo hizo en todas las plantas del ensayo con una aplicación de tipo drench.

#### 3.4.5.8. Controles fitosanitarios

Los controles fitosanitarios se realizaron para el control de plagas (insecto, ácaros) para lo cual se aplicó: abamectina (Browler) 2cc/1lt) y Thanavin, 0.5 gr /1lt la primera aplicación se realizó a los 6 días, y su segunda aplicación a los 15 días, luego se siguió con este procedimiento cuando se veía la presencia de estas plagas.

#### 3.4.5.9. Control cultural

A los 15 días después del trasplante se realizó el deshierbe manual de las plantas para evitar que sean invadidas por malezas esto se lo hizo una sola vez.

#### 3.4.5.10. Riego

El riego se lo realizó de forma manual con una manguera en forma de aspersion con ducha. En épocas lluviosas el riego era menos frecuente ya que las plantas se solventaban con el agua de lluvia, mientras en la época de verano el riego se realizaba con más frecuencia.



#### 3.4.5.11. Cosecha

Primera cosecha: Se la realizó a los 2 meses después del trasplante, de forma manual, la cual consistió en sacar las hojas de cada unidad experimental que habían alcanzado la madurez adecuada para luego pesarlas.

Segunda cosecha: Se cosecho a las 4 semanas después de la primera cosecha, en este caso se extrajo toda la planta y de igual manera se procedió a pesarlas.

#### 3.4.6. Variables a evaluar

##### 3.4.6.1. Altura de la lámina foliar

Se tomó la altura del follaje de las 8 plantas muestreadas de cada unidad experimental con un metro, se midió desde el cuello de la planta hasta la punta de la hoja más larga, esto se realizó a los 6 días del trasplante para verificar el crecimiento. Y luego se continuó esta medición con una frecuencia de 8 días.

##### 3.4.6.2. Hojas por planta

Se contó el número de hojas totales de las 8 plantas de la parcela neta, por unidad experimental, esto se realizó mediante la observación y el conteo a los 6 días y luego con una frecuencia de 8 días.

##### 3.4.6.3. Peso en fresco

Se realizó a la primera y segunda cosecha con la recolección total de las hojas, las cuales fueron pesadas por unidad experimental, utilizando una balanza digital y los valores fueron expresados en gramos.

##### 3.4.6.4. Longitud de la raíz

Se realizó al final de la cosecha, una vez que las plantas fueron extraídas en su totalidad. Se tomó las raíces de las plantas de la parcela neta y se midió con una regla desde la unión del tallo con la raíz hasta la raíz más larga.

##### 3.4.6.5. Costos de producción

Se llevó un registro de todos los gastos empleados desde la compra del material hasta su cosecha en la parcela de (71,5 m<sup>2</sup>) y se llevó estos datos a gastos en 1000 m<sup>2</sup>.

#### 3.4.7. Técnicas o manejo de la investigación

Mediante el método de observación sistemática controlada aplicada en el ensayo pudimos constatar diariamente a cerca del desarrollo que se fue dando en las

plantas de espinaca con la aplicación del biol en los tratamientos propuestos en cada unidad experimental, con la finalidad de observar los cambios que se dieron en cada tratamiento.

### 3.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los análisis estadísticos para determinar los tratamientos más efectivos en términos de rendimiento se llevaron a cabo utilizando el programa Infostat. Para lo cual se estableció un nivel de significancia para el ANAVAR y las pruebas de Tukey al 5%. Después de obtener los datos en el programa estadístico, se procedió a interpretarlos para cada una de las variables. A continuación, en la Tabla 8 se muestra el esquema de ANAVAR utilizado en esta investigación.

**Tabla 8.** Esquema ANAVAR

Fuente de variación	Formula	Grados de libertad
Tratamientos	T-1	8
Bloques	r-1	3
Bioles	b-1	1
Dosis	d-1	6
Error Experimental	(T-1) (r-1)	24
Total	Tr-1	35

**Fuente:** (Cuaical, 2021)

#### 3.5.1. Instrumentos de investigación

Se utilizó herramientas necesarias para recopilar datos de las variables que se evaluaron en el experimento, con el objetivo de conseguir información precisa sobre el manejo utilizado en el cultivo, para luego analizarlos y comprobar la eficacia de los tratamientos aplicados.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. RESULTADOS

Después de recopilar datos, estos se analizaron utilizando el programa estadístico Infostat, lo que facilitó la interpretación de los resultados. A continuación, se muestran los resultados obtenidos para las diferentes variables.

#### 4.1.1. Altura de planta

En la Tabla 9. En el análisis de varianza para la variable altura de planta desde los 8 hasta los 60 después del trasplante, se puede observar que a los 30, 38, 46, 54 y 60 días existe diferencias altamente significativas entre tratamientos, con un CV de 12.45 a los 30 días, 12.77 a los 38 días, 11.99 a los 46 días, 11.64 a los 54 días y 11.74 a los 60 días y una media de 10.46, 11.61, 12.53, 13.43, 14.45 cm respectivamente.

**Tabla 9.** Análisis de varianza para la variable altura de planta.

FV	GL	Días después del trasplante (ddt)							
		8 días	14 días	22 días	30 días	38 días	46 días	54 días	60 días
		P (valor)							
Modelo	9								
Bloques	3	<0.01**	<0.01**	<0.01**	0.01*	0.03*	0.03*	<0.01**	0.04*
Tratamiento	6	0.94ns	0.74ns	0.11ns	<0.01**	<0.01**	<0.01**	<0.01**	<0.01**
Error	18								
Total	27								
Media (cm)		6.64	7.34	8.44	10.46	11.61	12.53	13.43	14.45
CV (%)		5.23	6.11	9.80	12.45	12.77	11.99	11.64	11.74

Leyenda. FV=fuente de variación; GL= Grados de libertad; ddt=días después del trasplante; ns=no significativo; \*=significativo; \*\*= altamente significativo; p-valor; Grado significativo; CV: Coeficiente de variación.

En la Tabla 10. Se realizó la comparación con la prueba de Tukey al 5% para la variable altura de planta desde los 30 hasta los 60 días, mostrando que el T4 obtuvo los mejores resultados en la altura de planta con valores de 12.54 cm a los 30 días, 14.56cm a los 38 días, 15.74 cm a los 46 días, 16.78 cm a los 54 y 17.98 cm a los 60 días, en cambio el T3, fue el tratamiento que menos alturas presento en la investigación.

**Tabla 10.** Prueba de TUKEY al 5% para la altura de planta para cada tratamiento.

Tratamientos	30 días	38 días	46 días	54 días	60 días
	Medias				
T1	11.02 ABC	12.39 AB	13.42 ABC	14.44 AB	15.50 AB
T2	9.95 ABC	11.13 ABC	12.10 BCD	12.94 BC	13.93 BC
T3	8.37 C	8.74 C	8.99 D	9.82 C	10.75 C
T4	12.54 A	14.56 A	15.74 A	16.78 A	17.98 A
T5	10.18 ABC	11.40 ABC	12.49 ABCD	13.36 ABC	14.38 ABC
T6	9.08 BC	9.58 BC	9.99 CD	10.55 C	11.28 C
T7	12.11 AB	13.48 A	15.00 AB	16.13 AB	17.39 AB

Leyenda. T1=50% biol bovino; T2= 30% biol bovino; T3=10% biol bovino; T4= 50% biol porcino-bovino; T5= 30% biol porcino-bovino; T6= 10% biol bovino-porcino; T7= testigo químico 30-10-10.

#### 4.1.2. Altura de la planta después de la primera cosecha

En la Tabla 11. Análisis de varianza para altura de planta desde los 68 hasta los 90 días para la segunda cosecha, se puede observar que existe diferencias altamente significativas ( $p < 0,01$ ) entre tratamientos, con medias de 8.20 a los 68 días, 9.13 a los 75 días, 9.52 a los 83 días y 9,96 a los 90 días. Los coeficientes de variación observados son aceptables para el manejo de la investigación.

**Tabla 11.** Análisis de varianza para la altura de planta a los 68, 75,83 y 90 días

FV	GL	Días después de la primera cosecha			
		68 días	75 días	83 días	90 días
		P(Valor)			
Modelo	9				
Bloques	3	0.0651ns	0.0115*	0.0111*	0.0328*
Tratamiento	6	<0.0001**	<0.0001**	<0.0001**	<0.0001**
Error	18				
Total	27				
Media (cm)		8.20	9.13	9.52	9,96
CV (%)		7.60	6.52	7.00	7.01

Leyenda. FV=fuente de variación; GL= Grados de libertad; ns=no significativo; \*=significativo; \*\*= altamente significativo; p-valor; Grado significativo; CV: Coeficiente de variación.

En la Tabla 12. Se muestra la Prueba de Tukey al 5% para la altura de planta desde los 68 hasta los 90 días de la primera cosecha, donde se observa que el T4 (biol bovino-porcino) obtuvo los mejores resultados de altura de 9.38 cm a los 68 días, 11.04 cm a los 75 días, 11.46 cm a los 83 días y 11.99 cm a los 90 días, mientras que el tratamiento que consiguió una altura menor a los tratamientos restantes fue el T3 (biol bovino) con valores de 6.47cm,6.97cm,7.28 cm, y 7.69cm en los días 68,75,83 y 90.

**Tabla 12.** Prueba de Tukey al 5% en altura de planta

Tratamientos	68 días	75 días	83 días	90 días
	medias			
T1	8.55 AB	9.96 AB	10.37 AB	10.87 AB
T2	8.08 BC	9.30 B	9.71 B	10.21 B
T3	6.47 D	6.97 C	7.28 C	7.69 C
T4	9.38 AB	11.04 A	11.46 A	11.99 A
T5	8.25 B	9.26 B	9.59 B	9.99 B
T6	6.76 CD	7.13 C	7.38 C	7.73 C
T7	9.22 AB	10.25 AB	10.88 AB	11.23 AB

Leyenda. T1=50% biol bovino; T2= 30% biol bovino; T3=10% biol bovino; T4= 50% biol porcino - bovino;

#### 4.1.3. Altura de planta por biol y dosis primera cosecha

En la Tabla 13. Se muestra el análisis de varianza de la variable altura de planta desde los 8 hasta los 60 días para biol y dosis, en el que se observa que a los 30 días el biol muestra una diferencia significativa ( $p < 0.05$ ), y para los días 38, 46, 54, 60 existe una diferencia altamente significativa ( $p > 0.01$ ). En el caso de dosis se presenta una diferencia altamente significativa a partir de 22 hasta los 60 días. Con coeficientes de variación de 6.71, 8.19, 8.70, 8.26, 7.93, 8.02 y una media de 8.37, 10.11, 11.73, 12.12, 12.98, 13.97 respectivamente.

**Tabla 13.** Análisis de varianza de altura de planta para biol y dosis

FV	GL	8ddt	14ddt	22ddt	30ddt	38ddt	46ddt	54ddt	60ddt
		P (valor)							
Modelo	9								
Bloques	3	0.0024**	0.0015**	0.0001**	0.0002**	0.0009**	0.0006**	0.0004**	0.0004**
Biol	6	0.5667ns	0.2790ns	0.7042ns	0.0272*	0.0145**	0.0076**	0.0130**	0.0222*
Dosis	1	0.6557ns	0.3628ns	0.0010**	<0.0001**	<0.0001**	<0.0001**	<0.0001**	<0.0001**
Error	18								
Total	27								
Media (cm)		6.65	7.34	8.37	10.11	11.73	12.12	12.98	13.97
CV (%)		4.99	5.50	6.71	8.19	8.70	8.26	7.93	8.02

Leyenda.FV=fuente de variación; GL= Grados de libertad; ddt=días después del trasplante; ns=no significativo; \*=significativo; \*\*= altamente significativo; p-valor; Grado significativo; CV: Coeficiente de variación.

Una vez revisada la Tabla 14 de la prueba de Tukey realizada para la variable altura de la planta a los 30, 38, 46, 54 y 60 días por biol, se puede observar que si existe diferencias significativas y los resultados muestran que el B2 (biol bovino - porcino) fue el mejor con valores de 10.60 cm a los 30 días, 11.84 cm a los 38 días, 12.74 cm a los 46 días, 13.56 cm a los 54 días y 14.55 cm a los 60 días.

**Tabla 14.** Prueba de Tukey para altura de planta a los 30, 38, 46, 54,60 días después del trasplante por biol.

Tratamientos	30 días	38 días	46 días	54 días	60 días
	medias				
Biol 1	9.78 B	10.75 B	11.50 B	12.40 B	13.40 B
Biol 2	10.60 A	11.84 A	12.74 A	13.56 A	14.55 A

Leyenda. Biol 1: biol bovino; Biol 2: biol bovino+porcino; AB= Letras diferentes en los rangos de los tratamientos muestras diferencias estadísticas entre ellas.

Los resultados de la prueba de Tukey que se muestra en la Tabla 15 indican que existen diferencias significativas en la altura de planta desde los 22 hasta los 60 días según la dosis aplicada. Estos resultados destacan que la D1 (dosis alta 50 % de concentración) obtuvo los mejores valores en altura de 9.05 cm a los 22 días, 11.78 cm a los 30 días, 13.47 cm a los 38 días, 14.58 cm a los 46 días, 15.61 a los 54 días y 16.74 cm a los 60 días.

**Tabla 15.** Prueba Tukey para altura de planta a los 22, 30, 38, 46, 54,60, días después del trasplante por dosis.

Tratamientos	22ddt	30ddt	38ddt	46ddt	54ddt	60ddt
	medias					
Dosis1	9.05 A	11.78 A	13.47 A	14.58 A	15.61 A	16.74 A
Dosis 2	8.32 B	10.06 B	13.47 B	12.29 B	13.15 B	14.16 B
Dosis 3	7.75 B	8.73 C	9.16 C	9.49 C	10.18 C	11.02 C

Leyenda.D1= 50% biol, D2=30% biol, D3=10% biol. AB= Letras diferentes en los rangos de los tratamientos muestras diferencias estadísticas entre ellas.

#### 4.1.4. Altura de planta por biol y dosis segunda cosecha

En la Tabla 16. Se observa el análisis de varianza de la variable altura de planta desde los días 68 hasta los 90, donde se indica que no hubo diferencia significativa para el biol, sin embargo, para la dosis si existe una diferencia altamente significativa. Con cv de 7.76 a los 68 días, 6.83 a los 75 días, 7.02 a los 83 días y 7.18 a los 90 días y medias de 7.91cm, 8.94 cm, 9.29 cm y 9.74 cm.

**Tabla 16.** Análisis de varianza para variable altura de planta a los 68, 75, 83,90 días después de la primera cosecha por biol y dosis.

FV	GI	68 días	75 días	83 días	90 días
		P(valor)			
Modelo	9				
Bloques	3	0.0313*	0.0068**	0.0038**	0.0141*
Biol	6	0.1042ns	0.1291ns	0.2004ns	0.2866ns
Dosis	1	<0.0001**	<0.0001**	<0.0001**	<0.0001
Error	18				
Total	27				
Media (cm)		7.91	8.94	9.29	9.74
CV (%)		7.76	6.83	7.02	7.18

Leyenda. FV=fuente de variación; GL= Grados de libertad; ddt=días después del trasplante; ns=no significativo; \*=significativo; \*\*= altamente significativo; p-valor; Grado significativo; CV: Coeficiente de variación.

Una vez revisada la Tabla 17 sobre la prueba de Tukey realizada para la variable altura de planta a los 68, 75, 83, y 90 días por dosis, se observó que si existe diferencias significativas y los resultados muestran que la D1 (dosis alta al 50 %) fue la mejor con un valor de 8,96 cm a los 68 días, 10.50 cm a los 75 días, 10.91 cm a los 83 días, y 11.43 cm a los 90 días.

**Tabla 17.** Prueba de Tukey al 5% para la variable altura de planta después de la primera cosecha a los 68, 75, 83,90 días por dosis.

Tratamientos	68 días	75 días	83 días	90 días
	Medias			
Dosis 1	8.96 A	10.50 A	10.91 A	11.43 A
Dosis 2	8.16 B	9.28 B	9.65 B	10.10 B
Dosis 3	6.62 C	7.05 C	7.33 C	7.71 C

Leyenda. D1= 50% biol, D2=30% biol, D3=10% biol. AB= Letras diferentes en los rangos de los tratamientos muestran diferencias estadísticas entre ellas.

Para la variable altura de planta se obtuvo el mejor promedio con el T4 (biol bovino - porcino) a una concentración del 50% con una media de 17.98 cm a la primera cosecha y 11.99 cm a la segunda, este resultado concuerda con la investigación realizada por Apaza (2019), donde evaluó el rendimiento y calidad del cultivo de espinaca con diferentes concentraciones de biol al 60%,40% y 20%, obteniendo los mejores resultados en altura de planta con la concentración alta, así mismo, en el experimento que realizó Acosta (2019), para determinar la dosis óptima de biol en el cultivo de café mostraron que la mayor altura de planta se obtuvo al aplicar biol al 75%. Por lo que la investigación realizada ratifica que con la aplicación de altas concentraciones de biol se obtienen mejores resultados.

#### 4.1.5. Número de hojas después del trasplante

En la Tabla 18. Análisis de varianza para la variable número de hojas desde los 8 días hasta los 60 días de la primera cosecha, a los 30 días se observa que existe una diferencia significativa ( $p < 0,05$ ) entre tratamientos, mientras que para los días 38, 46, 54 y 60 existe una diferencia altamente significativa ( $p < 0,01$ ) con una media de 7.85, 8.75, 8.38, 10.42, 12.07 desde los 30 hasta los 60 días, evidenciando que el ensayo resulto favorable al observar CV de 5.72, 5.82, 6.72, 5.91 y 6.39 respectivamente.

**Tabla 18.** Análisis de varianza para el número de hojas

FV	GL	P (valor)							
		8 días	14 días	22 días	30 días	38 días	46 días	54 días	60 días
Modelo	9								
Bloques	3	0.31ns	0.06ns	0.03*	<0.01**	<0.01**	0.09ns	0.035*	0.03*
Tratamiento	6	0.89ns	0.81ns	0.19ns	0.03*	<0.01**	<0.01**	<0.01**	<0.01**
Error	18								
Total	27								
Media ()		4.02	5.38	6.58	7.85	8.75	8.38	10.42	12.07
CV (%)		8.90	8.19	6.04	5.72	5.82	6.72	5.91	6.39

Leyenda. FV=fuente de variación; GL= Grados de libertad; ddt=días después del trasplante; ns=no significativo; \*=significativo; \*\*= altamente significativo; p-valor; Grado significativo; CV: Coeficiente de variación.

En la Tabla 19. Se muestra la Prueba de Tukey al 5% para el número de hojas desde los 30 hasta los 60 días después del trasplante en donde se encontró que el T1,T4 y T7 a los 30 días obtienen los mejores resultados, a los 38 y 46 días el tratamiento 4 tiene valores superiores a los demás tratamientos, mientras que a los 54 días en T1,T4 Y T7 vuelven a ser los mejores y por último a los 60 días el mejor el T4(50%biol bovino - porcino) obtuvo un promedio de 13.19 a diferencia de los demás tratamientos sin embargo, el tratamiento con valores bajos a los 30,38,46,54 y 60 días fue el T6 con promedios inferiores de 7.59,8.13, 8.75, 9.38 y 10.66 en comparación con los demás tratamientos.



**Tabla 19.** Prueba de TUKEY al 5% para el número de hojas por planta de cada tratamiento

Tratamientos	30ddt	38ddt	46ddt	54ddt	60 ddt
	Medias				
T1	8.55 A	9.28 ABC	10.06 AB	11.16 A	12.84 AB
T2	7.47 BC	8.16 BCD	8.75 BC	9.94 AB	11.78 ABC
T3	7.14 C	8.00 D	8.56 C	9.63 B	11.25 BC
T4	8.78 A	9.44 A	10.34 A	11.31 A	13.19 A
T5	8.00 AB	8.88 ABCD	9.25 ABC	10.38 AB	11.88 ABC
T6	7.59 BC	8.13 CD	8.75 BC	9.38 B	10.66 C
T7	8.63 A	9.34 AB	9.94 ABC	11.16 A	12.94 AB

Leyenda. T1=50% biol bovino; T2= 30% biol bovino; T3=10% biol bovino; T4= 50% biol porcino-bovino; T5= 30% biol porcino-bovino; T6= 10% biol bovino-porcino; T7= testigo químico 30-10-10.

#### 4.1.6. Número de hojas a la segunda cosecha

Para el análisis de varianza de la variable número de hojas podemos observar en la (Tabla 20) que a los 68 hasta 90 días hay diferencias altamente significativas ( $p < 0,01$ ), con alturas que varían de 6.07 hasta 10.12cm y CV de 14.28, 14.71, 1., 89,11.54 respectivamente.

**Tabla 20.** Análisis de varianza número de hojas a partir de la primera cosecha.

FV	GL	68 días	75días	83días	90días
		P(valor)			
Modelo	9				
Bloques	3	0.1047ns	0.0947ns	0.0908ns	0.1042ns
Tratamiento	6	0.0013**	0.0009**	0.0005**	0.0003**
Error	18				
Total	27				
Media ( )		6.07	7.43	8.66	10.12
CV (%)		14.28	14.71	14.89	11.54

Leyenda. FV=fuente de variación; GL= Grados de libertad; ns=no significativo; \*=significativo; \*\*= altamente significativo; p-valor; Grado significativo; CV: Coeficiente de variación

En la Tabla 21. Se realizó la comparación Tukey al 5%, y se observó que el T4 (50% biol porcino) obtuvo un mejor resultado en promedios del número de hojas con valores de 7.06, 11.04, 11.46, 11.99 para la segunda cosecha, seguidamente está el T7 (30-10-10) que logró promedios de 7.16, 10.25, 10.88, 11.23, mientras que el T3 quedando de último ya que obtuvo menor resultado con promedios inferiores de 4.31, 5.3, 7.28, 7.6

**Tabla 21.** Prueba de Tukey al 5% para variable número de hojas

Tratamientos	68 días	75 días	83 días	90 días
	medias			
T1	7.03 A	8.81 AB	10.37 AB	10.87 AB
T2	5.94 AB	7.13 ABC	9.71 B	10.21 B
T3	4.31 B	5.31 C	7.28 C	7.69 C
T4	7.06 A	11.04 A	11.46 A	11.99 A
T5	5.63 AB	9.26 B	9.59 B	9.99 B
T6	5.38 AB	7.13 C	7.38 C	7.73 C
T7	7.16 A	10.25 AB	10.88 AB	11.23 AB

Leyenda. T1=50% biol bovino; T2= 30% biol bovino; T3=10% biol bovino; T4= 50% biol porcino-bovino; T5= 30% biol porcino-bovino; T6= 10% biol bovino-porcino; T7= testigo químico 30-10-10.

#### 4.1.7. Número de hojas por biol y dosis primera cosecha

En la Tabla 22. el análisis de varianza con respecto al número de hojas durante los 8 hasta 60 días para biol y dosis, se observó que para el biol no existe diferencia significativa alguna, sin embargo, para la dosis a los 30 días se presenta una diferencia significativa ( $p < 0.05$ ), mientras que, para los días a partir del 38, 46, 54 y 60 tienen una diferencia altamente significativa ( $p > 0.01$ ) en el que se observa que a los 30 días el biol muestra una diferencia significativa ( $p < 0.05$ ). Con CV de 7.49, 7.66, 6.24, 6.24, 5.78 5.88, 5.51 y 5.74 respectivamente.

**Tabla 22.** Análisis de varianza número de hojas a los 8 hasta 60 días para biol y dosis.

FV	GL	8 días	14 días	22 días	30 días	38 días	46 días	54 días	60 días
		P (valor)							
Modelo	9								
Bloques	3	0.04*	0.02*	0.03*	0.02*	<0.01**	0.01**	0.01**	<0.01**
Biol	6	0.61ns	0.71ns	0.75ns	0.35ns	0.15ns	0.40ns	0.79ns	0.32ns
Dosis	1	0.56ns	0.68 ns	0.07ns	0.04*	<0.01**	<0.01**	0.0001**	0.0001**
Error	18								
Total	27								
Media ( $\bar{y}$ )		4.03	5.39	6.54	7.78	8.63	9.22	10.27	11.93
CV (%)		7.49	7.66	6.24	6.24	5.78	5.88	5.51	5.74

Leyenda. FV=fuente de variación; GL= Grados de libertad; ddt=días después del trasplante; ns=no significativo; \*=significativo; \*\*= altamente significativo; p-valor; Grado significativo; CV: Coeficiente de variación.

En la Tabla 23, se realizó la comparación de Tukey al 5% donde se indica diferencias significativas para el número de hojas a los 30 hasta los 60 días según la dosis aplicada. Por lo tanto, se resalta que la D1 (dosis alta 50 %) consiguió los mejores promedios 8.14, 9.31, 10.00, 11.16, 13.02.

**Tabla 23.** Prueba Tukey para número de hojas a los 30, 38, 46, 54, 60 días para dosis.

Tratamientos	30ddt	38ddt	46ddt	54ddt	60ddt
	Medias				
Dosis1	8.14 A	9.31 A	10.00 A	11.16 A	13.02 A
Dosis 2	7.73 AB	8.52 B	9.00 B	10.16 B	11.83 B
Dosis 3	7.47 B	8.06 B	8.66 B	9.50 B	10.95 B

Leyenda. D1= 50% biol, D2=30% biol, D3=10% biol. AB= Letras diferentes en los rangos de los tratamientos muestras diferencias estadísticas entre ellas.

#### 4.1.8. Número de hojas por biol y dosis segunda cosecha

En la Tabla 24 se observa los resultados del análisis de varianza para el número de hojas a los 68,75,83 y 90 días por biol y dosis, en la que se puede observar que para biol no existe diferencia significativa alguna, sin embargo, para dosis hay diferencia altamente significativa con CV de 14.17, 14.40, 14.76 y 12.00 respectivamente.

**Tabla 24.** Análisis de varianza para el número de hojas a los 68, 75, 83, 90 días después de la primera cosecha por biol y dosis.

FV	GI	68 días	75 días	83 días	90 días
		P(valor)			
Modelo	9				
Bloques	3	0.0443*	0.0362*	0.0285*	0.0453*
Biol	6	0.4553ns	0.4448ns	0.2770ns	0.4397ns
Dosis	1	0.0003**	0.0001**	0.0001**	0.0001**
Error	18				
Total	27				
Media ( )		5.89	7.24	8.46	9.94
CV (%)		14.17	14.40	14.76	12.00

Leyenda. FV=fuente de variación; GL= Grados de libertad; ddt=días después del trasplante; ns=no significativo; \*=significativo; \*\*= altamente significativo; p-valor; Grado significativo; CV: Coeficiente de variación.

En la Tabla 25. Como se puede observar se realizó la comparación de Tukey al 5% para el número de hojas, teniendo como mejor resultado a la dosis1 con una concentración del (50% biol), y alcanzando valores en promedio de 7.05 a los 68 días, 8.92 a los 75 días, 10.50 a los 83 días y 11.89 a los 90 días en la segunda cosecha, seguido de la dosis 2 (30% biol) con valores promedios de 5.78, 6.98, 8.17, 9.66 desde los 68 hasta los 90 días, mientras que la dosis 3, obtuvo un promedio inferior en cuanto al número de hojas.

**Tabla 25.** Prueba de Tukey al 5% para el número de hojas después de la primera cosecha a los 68, 75, 83, 90 días por dosis.

Tratamientos	68 días	75 días	83 días	90 días
	Medias			
Dosis 1	7.05 A	8.92 A	10.50 A	11.89 A
Dosis 2	5.78 B	6.98 B	8.17 B	9.66 B
Dosis 3	4.84 B	5.84 B	6.72 B	8.28 B

Leyenda. D1= 50% biol, D2=30% biol, D3=10% biol. AB= Letras diferentes en los rangos de los tratamientos muestras diferencias estadísticas entre ellas.

Para la variable número de hojas luego de realizado el análisis estadístico, el T4 (biol bovino-porcino) a una concentración del 50% logró mejores resultados, por lo que se corrobora lo mencionado por Soles (2019), quien aplicó tres diferentes dosis de biol de 400, 800 y 1200 L biol/ha en el cultivo de espinaca, siendo esta última dosis que mostró el número más alto de hojas por planta, así mismo en la investigación realizada por Sangay (2022) sobre la eficacia de diferentes dosis de biol de 0.50 litros, 1 litro, 1.5 litros, 2 litros, 2.5 litros en el cultivo de espinaca donde evaluó varias características agronómicas, entre ellas el número de hojas mostrando que la dosis más alta de biol influyó en el número de hojas con un promedio de 16 unidades por lo que se sugiere que una correcta aplicación de biol, constituye una alternativa viable para mejorar el cultivo.

#### 4.1.9. Peso en fresco de la primera y segunda cosecha

Para el análisis de varianza del peso en gramos a los 60 días y 90 días podemos observar en la (Tabla 26), que existe una diferencia altamente significativa en las dos cosechas entre los tratamientos, con CV de 12.55%, 21.34% y medias de 215.71 gramos y 163.96 gramos.

**Tabla 26.** Análisis de varianza para el peso de primera y segunda cosecha

FV	GL	60 días	90 días
		p(valor)	
Modelo	9		
Bloques	3	0.1599ns	0.3383ns
Tratamiento	6	<0.0001**	0.0002**
Error	18		
Total	27		
Media (g)		21.71	16.96
CV (%)		12.55	21.34

Leyenda. FV=fuente de variación; GL= Grados de libertad; ns=no significativo; \*=significativo; \*\*= altamente significativo; p-valor; Grado significativo; CV: Coeficiente de variación.

Una vez revisado la Tabla 27, se realizó la comparación Tukey al 5% para el peso de la primera y segunda cosecha en la que se constató que a los 60 días (primera cosecha) el Tratamiento testigo (30-10-10) logró mejores resultados de peso con un valor 487.00 gramos a los 60 días y 233.75 a los 90 días, seguido del T4 (50% biol porcino) con un peso de 285.25 gramos y 223.00 gramos a la primera y segunda cosecha, y por último el T3 (10% biol bovino) fue el que menos rendimiento obtuvo en las dos cosechas con valores inferiores de 85.00 y 93.25 gramos respectivamente.

**Tabla 27.** Prueba de Tukey al 5% para el peso en fresco

Tratamientos	60 días	90 días
	Media	
T1	211.75 C	165.75 AB
T2	144.75 DE	152.75 AB
T3	85.00 E	93.25 B
T4	285.25 B	223.00 A
T5	177.75 CD	160.50 AB
T6	118.50 DE	118.75 B
T7	487.00 A	233.75 A

Leyenda. T1=50% biol bovino; T2= 30% biol bovino; T3=10% biol bovino; T4= 50% biol porcino-bovino; T5= 30% biol porcino-bovino; T6= 10% biol bovino-porcino; T7= testigo químico 30-10-10.

#### 4.1.10. Peso primera y segunda cosecha por biol y dosis

En la Tabla 28. Para análisis de varianza del peso a los 60 y 90 días en la primera y segunda cosecha, se observa que a los 60 días el biol como la dosis tienen diferencia altamente significativa, con un coeficiente de variación de 15.41, mientras tanto a los 90 días existe diferencia significativa para el biol y para la dosis existe una diferencia altamente significativa con CV de 20.28.

**Tabla 28.** Análisis de varianza para peso primera y segunda cosecha para biol y dosis

FV	Gl	Peso 60 días	90 días
		p(valor)	
Modelo	9		
Bloques	3	0.0935ns	0.0479ns
Biol	6	0.0004**	0.0176*
Dosis	1	<0.0001**	0.0001**
Error	18		
Total	27		
Media (g)		170.50	154.00
CV (%)		15.41	20.28

Leyenda. FV=fuente de variación; GL= Grados de libertad; ns=no significativo; \*=significativo; \*\*= altamente significativo; p-valor; Grado significativo; CV: Coeficiente de variación.

En la Tabla 29 se realizó la prueba de Tukey al 5%, para la comprobar el mejor biol en el peso a la primera y segunda cosecha, siendo el B2 (biol porcino) que logró los mejores resultados en las dos cosechas 193.83 g a los 60 días y 170.75 a los 90 días, a diferencia del B1 (biol bovino) que obtuvo resultados de 147.17 g y 137.25 g.

**Tabla 29.** Prueba de Tukey al 5% para la variable peso a los 60 días primera cosecha para biol

Tratamientos	60 días	90 días
	Medias	
Biol 1	147.17 B	137.25 B
Biol 2	193.83 A	170.75 A

Leyenda. Biol 1: biol bovino; Biol 2: biol bovino+porcino; AB= Letras diferentes en los rangos de los tratamientos muestras diferencias estadísticas entre ellas.

Una vez revisada la Tabla 30 sobre la prueba de Tukey realizada para la variable peso a los 60 y 90 días por dosis, se observó que la D1 (dosis alta al 50 %), obtuvo un mejor peso de 248.50 y 199.38 gramos en las dos cosechas, mientras que con la D3 (dosis baja 10%), se tuvo menos peso con valores de apenas 101.75 y 106.00 respectivamente.

**Tabla 30.** Prueba de Tukey para variable peso a los 60 días de la primera cosecha para dosis.

Tratamientos	60 días	90 días
	Medias	
Dosis 1	248.50 A	199.38 A
Dosis 2	161.25 B	156.63 B
Dosis 3	101.75 C	106.00 C

Leyenda. D1= 50% biol, D2=30% biol, D3=10% biol. AB= Letras diferentes en los rangos de los tratamientos muestras diferencias estadísticas entre ellas

Para variable peso a la cosecha el mejor resultado se obtuvo con el tratamiento T7 (químico 30-10-10) con un rendimiento promedio de 487.00 gr a los 60 días, en 128 plantas que conformaban 4 unidades experimentales y 233.75 gr en promedio a los 90 días, esto debido a que el fertilizante químico aporta nutrientes de asimilación rápida al cultivo, lo que promueve un mejor desarrollo de follaje; por lo que esto no coincide con la investigación realizada por Vera (2021), en la que menciona que con la aplicación del fertilizante orgánico (biol) se obtuvo mejores resultados en rendimiento en el cultivo de espinaca, a su vez no concuerda con lo dicho por Andino y Chuquin (2023), quienes también afirman que con la aplicación de biol a alta

concentración se da un mayor rendimiento por lo que esto no corrobora con la investigación realizada.

#### 4.1.11. Longitud radicular

En la Tabla 31. Se observa que, para el análisis de la varianza de la longitud radicular, a los 90 días que es la etapa final de la cosecha existe una diferencia altamente significativa entre tratamientos, con C.V. de 20.24 y media de 7.68.

**Tabla 31.** Análisis de varianza de la longitud radicular en la etapa final del cultivo

FV	GL	90 días P(valor)
Modelo	9	
Bloques	3	0.1068ns
Tratamiento	6	0.0009**
Error	18	
Total	27	
Media (cm)		7.68
CV (%)		20.24

Leyenda. FV=fuente de variación; GL= Grados de libertad; ns=no significativo; \*=significativo; \*\*= altamente significativo; p-valor; Grado significativo; CV: Coeficiente de variación.

En la Tabla 32, se realizó la prueba de Tukey al 5% en la longitud radicular a los 90 días etapa final del cultivo en el cual se constató que el mejor tratamiento en longitud radicular fue el T4 con 9.12 cm, seguido del T7 con un promedio de 8.96 cm, mientras que entre el tratamiento T1, T2, T5 no hubo mucha diferencia significativa y, por último, quedaron el T3 y T6 con promedios de 5.68 y 5.11 cm.

**Tabla 32.** Prueba de Tukey al 5% para longitud de radicular en la etapa final del cultivo.

Tratamientos	90 días
T1	7.58 ABC
T2	7.79 ABC
T3	5.68 BC
T4	9.12 A
T5	7.66 ABC
T6	5.11 C
T7	8.96 AB

Leyenda. T1=50% biol bovino; T2= 30% biol bovino; T3=10% biol bovino; T4= 50% biol porcino-bovino; T5= 30% biol porcino-bovino; T6= 10% biol bovino-porcino; T7= testigo químico 30-10-10.

#### 4.1.12. Longitud radicular por biol y dosis.

En la Tabla 33 se observa el análisis de varianza de la longitud radicular en donde solo existe diferencia altamente significativa para la dosis con CV de 21.90% y una media de 7.12 respectivamente.

**Tabla 33.** Análisis de varianza de longitud radicular por biol y dosis.

FV	Gl	90 días
		P(valor)
Modelo	9	
Bloques	3	0.0880ns
Biol	6	0.7235ns
Dosis	1	0.0043**
Error	18	
Total	27	
Media (cm)		7.12
CV (%)		21.90

Leyenda. FV=fuente de variación; GL= Grados de libertad; ns=no significativo; \*=significativo; \*\*= altamente significativo; p-valor; Grado significativo; CV: Coeficiente de variación.

En la Tabla 34 se realizó la comparación con la prueba de Tukey al 5% entre dosis para la longitud radicular teniendo como resultado que la Dosis 1 y 2 fueron las mejores con promedios de 8.27 y 7.72, a diferencia de la dosis 3 que obtuvo un promedio inferior de 5.39.

**Tabla 34.** Prueba de Tukey al 5% de longitud radicular por dosis

Tratamientos	90 días medias
Dosis 1	8.27 A
Dosis 2	7.72 A
Dosis 3	5.39 B

Leyenda. D1= 50% biol, D2=30% biol, D3=10% biol. AB= Letras diferentes en los rangos de los tratamientos muestras diferencias estadísticas entre ellas

Para la longitud radicular el T4 biol bovino- porcino al 50% obtuvo un promedio de 9.12 cm en la etapa final siendo el mejor tratamiento, este resultado coincide con lo dicho por Andino y Chuquin (2023) en su investigación en donde probó tres dosis de biol en el forraje hidropónico de maíz al 10%, 20%, 30% siendo con la concentración alta que se logró mejores resultados. Por otro lado Muñiz (2023), menciona que la aplicación de el biol mejora el desarrollo radicular, la actividad de los microorganismos en el suelo ya que este aporta nutrientes como nitrógeno, fósforo, potasio que son asimilables para el adecuado desarrollo y crecimiento de las plantas.

#### 4.1.13. Análisis costo/beneficio

Se llevó a cabo un análisis económico tomando en cuenta el rendimiento y el costo de cada uno de los tratamientos aplicados en la investigación y se calculó la relación costo/beneficio para identificar el tratamiento más rentable desde una perspectiva



económica. En la Tabla 35, se puede observar los detalles sobre el análisis económico que se realizó mediante la estimación del costo de producción de cada tratamiento. Considerando que se realizará una sola cosecha a los 2 meses para que el cultivo sea renovado nuevamente, también cabe recalcar que la tabla costo/ beneficio está elaborado al año y medio con un total de 9 cosechas, debido a que en el primer año no se obtuvo ganancias, pero a partir del siguiente año consecutivo se presentaron valores positivos. Además es importante señalar que en el costo de producción está incluido la infraestructura (tubos Pvc) que tendrá una durabilidad de al menos 20 años.

El tratamiento T7 (Químico 30-10-10) presentó mejor relación del costo/beneficio con un valor de 2.82 dólares indicando que por cada dólar invertido se obtiene 1.82 dólares de ganancia. Seguido del T4 (biol bovino-porcino 50%) con un beneficio de 0.42 dólares por cada dólar invertido. En contraste el T3 (biol bovino al 10%) mostró la rentabilidad más baja con una relación costo/beneficio de 0.65 dólares.

**Tabla 35.** Análisis de relación costo/beneficio al año y medio (9 cosechas) en 1000 m<sup>2</sup>

Tratamientos	Costo fijo en 1000 m <sup>2</sup>	Costo biol (9 ciclos)	Costo Total	Rendimiento Kg	Precio Kg	Venta \$	Utilidad \$	Costo índice	Beneficio directo
T1 50%	\$ 13.275,58	\$ 12.096,00	\$ 25.371,58	4522,50	\$ 6,00	\$ 27.135,00	\$ 1.763,42	1,07	0,07
T2 30%	\$ 13.275,58	\$ 7.257,60	\$ 20.533,18	3593,25	\$ 6,00	\$ 21.559,50	\$ 1.026,32	1,05	0,05
T3 10%	\$ 13.275,58	\$ 2.419,20	\$ 15.694,78	1687,50	\$ 6,00	\$ 10.125,00	-\$ 5.569,78	0,65	-0,35
T4 50%	\$ 13.275,58	\$ 12.096,00	\$ 25.371,58	5991,75	\$ 6,00	\$ 35.950,50	\$ 10.578,92	1,42	0,42
T5 30%	\$ 13.275,58	\$ 7.257,60	\$ 20.533,18	3944,25	\$ 6,00	\$ 23.665,50	\$ 3.132,32	1,15	0,15
T6 10%	\$ 13.275,58	\$ 2.419,20	\$ 15.694,78	2668,50	\$ 6,00	\$ 16.011,00	\$ 316,22	1,02	0,02
T7 30-10-10	\$ 13.275,58	\$ 358,56	\$ 13.634,14	6396,75	\$ 6,00	\$ 38.380,50	\$ 24.746,36	2,82	1,82

Leyenda. En el (anexo 6) se muestra el gasto de cada uno de los tratamientos. T1 50% biol bovino, T2 30% biol bovino, T3 10% biol bovino, T4 50% biol bovino-porcino, T5 30% biol bovino-porcino, T6 10% biol bovino-porcino, T7 químico (30-10-10).

Al evaluar la relación costo beneficio de cada tratamiento, se puede mencionar que el Tratamiento más favorable fue el T7 (30-10-10), ya que ofrece un rendimiento superior y un beneficio significativo de 1.82 dólares considerando que los 100 gr de espinaca se comercializa a 60 ctvs en los super mercados. Martínez (2023), en su investigación en la que aplicó fertilizantes orgánicos y un fertilizante químico (30-10-10) menciona que el fertilizante fue el segundo tratamiento quien produjo mayor rendimiento del cultivo ya que este fertilizante ayuda a un crecimiento rápido, además le otorga un color verde intenso a las hojas y mejora su calidad debido a que este contiene los nutrientes necesarios para la planta (NPK).

## **V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **5.1. CONCLUSIONES**

Una vez terminada la investigación y realizado el análisis estadístico para cada una de las variables en el cultivo vertical de espinaca se puede concluir que:

- Los mejores resultados que se obtuvieron en el desarrollo del cultivo de espinaca fueron con el T4 (biol bovino-porcino) destacando en las variables altura de planta, número de hojas y longitud radicular
- En cuanto al peso de la espinaca el tratamiento que mejor resultados mostró fue el T7 (30-10-10) con valores de 487.00 gramos a los 60 días y 233.74gramos a los 90 días siendo el mejor tratamiento para rendimiento.
- La dosis que mejor resultado mostró fue la D1 (concentración al 50%), para las variables altura de la planta de 16.74 cm, número de hojas 13.02 unidades, longitud radicular de 8.27 cm y para el peso el valor fue de 248.50 gramos.
- El tratamiento que mostró el valor más alto de costo beneficio fue el T7 (químico) con un valor de 1.19 dólares de ganancia por cada dólar invertido, seguido del T4 (biol bovino-porcino al 50%) con un valor de 23 ctvs de ganancia por cada dólar invertido.

### **5.2. RECOMENDACIONES**

Una vez obtenido los resultados en el ensayo del cultivo vertical de espinaca se recomienda lo siguiente:

- Utilizar biol bovino- porcino a una concentración alta del 50% ya que proporciona un mejor desarrollo de cultivo de espinaca, siendo un fertilizante orgánico saludable y amigable con el medio.

- Se recomienda realizar la combinación de biol con fertilizantes químicos en diferentes dosis para reducir costos de producción, o a la vez utilizar el biol como un fertilizante complementario dentro del proceso de producción.
- Aplicar biol en diferentes frecuencias para evaluar el rendimiento que este biofertilizante puede generar en diversos cultivos hortícolas
- Realizar más investigaciones en este tipo de sistemas verticales con otras variedades de hortalizas probando el biol como fertilizante.

## VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta, R. (2019). "Aplicación de biol mediante la técnica en ferdín en el crecimiento de *Coffea arabica* L. variedad *catuai*, en Satipo". Lambayeque, Perú.
- Andino, L., & Chuquin, M. (9 de Septiembre de 2023). Efecto del uso de tres dosis de biol en la producción de forraje verde hidropónico de maíz (*Zea mays*) en la Granja Experimental Mishilí. REINCISOL. Obtenido de file:///C:/Users/MI-PC/Downloads/Efecto\_del\_uso\_de\_tres\_dosis\_de\_biol\_en\_la\_producc.pdf
- Apaza, M. (2019). "Evaluación del rendimiento y calidad del cultivo de espinaca (*Spinacia Oleracea* L.) utilizando Biol en Chuquibambilla- Grau". Abancay, Perú.
- Arredondo , M. J., & Motta, J. A. (2022). *Estudio de prefactibilidad para la producción de cultivos aeropónicos en granjas verticales*. Lima, Perú.
- Ávila, E. P. (2015). *Manual espinaca*. Bogotá.
- Bautista, R. (2018). *Efecto de te de humus de lombriz en el cultivo de espinaca (spinacea oleracea l.) variedad viroflay a diferente frecuencia de aplicacion en cota cota la paz*. La Paz, Bolivia.
- Bonilla, C. (2011). *Cartillas del corredor Tecnológico cultivando su futuro*. Bogotá, Colombia.
- Calle, A. A. (2020). *Comportamiento agronomico de la espinaca (spinacia oleracea l.), con diferentes niveles de estiércol de ovino en ambientes atemperados, en el municipio de patacamaya* . La paz, Bolivia.
- Cámara de comercio de Bogotá. (2015). *Espinaca*. Bogotá, Colombia.
- Cevallos, A. R. (2020). "Producción de biol a partir de excretas de ganado vacuno en la finca toala león de la comunidad de joajijapa". Jipijapa, Ecuador.

- Esclapez , A. (2017). *Influencia de diferentes escenarios de fertilización sobre el contenido nutriente y actividades de valor añadido en espinaca*.
- Franco, W. (2016). *Suelos Volcanicos y Riesgos y Oportunidades en la Vía al Desarrollo Agrícola Sostenible del Canton Huaca, Carchi-Ecuador*.
- Gallo, J. I. (2021). *Manejo de biol Porcino obtenido por medio de Biodigestor en Rionegro – Antioquia*. Antioquia, Colombia.
- Guevara, C. P., Garrido, E. R., & Buevas, R. (2023). *Gestión documental para el diseño e implementación de la agricultura vertical automatizada en el caa. gipama*.
- Incio, P. K. (2019). *Efecto de cuatro dosis de biol en el rendimiento de lechuga (Lactuca sativa L.) variedad white boston en Cajamarca*. Cajamarca, Perú.
- Jayo, J. C. (2019). *Niveles de guano de isla y dosis de microorganismos eficaces en el rendimiento de espinaca (Spinacia oleracea L.) Canaán, 2750 msnm - Ayacucho*. Ayacucho, Perú.
- Mamani, J. M. (2016). *Evaluación del efecto de la fertirrigación en el rendimiento de tres variedades de espinaca (Spinacea oleracea L.) en ambiente atemperado en el centro experimental cota cota*. La paz, Bolivia.
- Maququerhua, L. M. (2019). *Efecto del abonamiento y fertilización en el cultivo de espinaca (Spinacia oleracea L.) bajo condiciones de fitotoldo en Kayra - Cusco*. Cusco, Perú.
- Mendoza, H. R. (2022). *"Huertos orgánicos verticales a partir de materiales reciclados en la ciudad de Guayaquil"*. Guayaquil, Ecuador.
- Moreno, L. A. (2019). *Calidad de abonos orgánicos a partir del estiércol porcino y su efecto en el rendimiento del maíz chala"*. Lima, Perú.
- Muñiz, C. A. (2023). *"Beneficios del biol en el cultivo de pepino (Cucumis sativus)"*. Babahoyo, Ecuador.
- Olarte, F. (18 de Junio de 2023). *Espinaca (Spinacea oleracea)*

Pereyra, C. G. (2022). *Biofertilizante a partir de residuos bovinos y porcinos para su uso en la producción agrícola*. Chiapas, México.

Portal frutícola. (13 de Septiembre de 2018). *Guía básica para el cultivo de la espinaca*.

PROMIX. (7 de Septiembre de 2023).

Pulido , K., & Rincón , A. (2022). *Evaluación de algunas variables de rendimiento agronómico de la espinaca (Spinacia oleracea L.) bajo fertilización orgánica y convencional*.

Rojas, I. (2017). "Calidad microbiológica en tres hortalizas producidas en el estado de México". Toluca, México.

Sangay, H. H. (2022). *Eficiencia de tres Dosis de biol para mejorar el rendimiento de espinaca (Spinacia oleracea sp.), en el departamento de Cajamarca*. Cajamarca, Perú.

Soles, M. J. (2019). *Influencia de tres dosis de fertilización orgánica (biol) en la producción de espinaca Spinacia oleracea L. (Amarantaceae) en condiciones del Valle de Santa Catalina*. Trujillo, Perú.

Ubillús, E. A. (2021). *Determinación de las áreas improductivas para el establecimiento de agricultura urbana en el Barrio Machachi, Cantón Mejía 2021*. Latacunga, Ecuador.

Vargas, M. F. (2020). *La horticultura vertical como fuente para producir alimentos en zonas Periurbanas de Babahoyo - Los Ríos*. Babahoyo, Ecuador. Vera, G. (2021). *Efecto de la fertilización de biol en la producción de acelga bajo condiciones de campo abierto*. Milagro, Ecuador.

Villamar, J. P. (2022). *Efectos del biol bovino en rendimientos de biomasa verde y valores nutricionales del pasto saboya (Megathyrsus maximus)*. Calceta.

YARA. (5 de Junio de 2023). *El reto de alimentar la población en constante crecimiento y la responsabilidad de preservar el planeta*.

## VII. ANEXOS

### Anexo 1. Acta de la Sustentación de Predefensa del TIC



#### UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI



#### FACULTAD DE INDUSTRIAS AGROPECUARIAS Y CIENCIAS AMBIENTALES

#### CARRERA DE AGROPECUARIA

#### ACTA

#### DE LA SUSTENTACIÓN ORAL DE LA PREDEFENSA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

<b>ESTUDIANTE:</b> COYAGO CHIMARRO CECILIA MARIBEL		<b>CÉDULA DE IDENTIDAD</b> 1727243774	
<b>PERIODO ACADÉMICO:</b> 2024 A		<b>DOCENTE TUTOR:</b> MSC. ORTIZ TIRADO PAÚL SANTIAGO	
<b>PRESIDENTE TRIBUNAL</b> MSC. JÁCOME SARCHI GUILLERMO ALEXANDER		<b>DOCENTE:</b> Ph.D. SEGUNDO RAMIRO MORA QUILISMAL	
<b>TEMA DEL TIC:</b> Evaluación de bioles que se producen en los biodigestores del Centro Experimental San Francisco de la Universidad Politécnica Estatal del Carchi sobre el cultivo vertical de espinaca ( <i>Spinacia oleracea</i> )			
No.	CATEGORÍA	Evaluación cuantitativa	OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES
1	PROBLEMA - OBJETIVOS	8,33	
2	FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	8,33	Incluir taxonomía del cultivo
3	METODOLOGÍA	8,33	Detallar en los tratamientos las dosis y frecuencias
4	RESULTADOS	8,33	Explicar el cálculo de los ciclos de producción
5	DISCUSIÓN	8,33	
6	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	8,33	
7	DEFENSA, ARGUMENTACIÓN Y VOCABULARIO PROFESIONAL	8,33	
8	FORMATO, ORGANIZACIÓN Y CALIDAD DE LA INFORMACIÓN	8,33	

Obteniendo una nota de: 8,33 Por lo tanto, **APRUEBA** ; debiendo el o los investigadores acatar el siguiente artículo:

Art. 36.- De los estudiantes que aprueban el Informe final del TIC con observaciones.- Los estudiantes tendrán el plazo de 10 días para proceder a corregir su Informe final del TIC de conformidad a las observaciones y recomendaciones realizadas por los miembros del Tribunal de sustentación de la pre-defensa.

Para constancia del presente, firman en la ciudad de Tulcán el jueves, 13 de junio de 2024

MSC. JÁCOME SARCHI GUILLERMO ALEXANDER  
PRESIDENTE TRIBUNAL

MSC. ORTIZ TIRADO PAÚL SANTIAGO  
DOCENTE TUTOR

PH.D. SEGUNDO RAMIRO MORA QUILISMAL  
DOCENTE



**Anexo 2.** Certificado del Abstract por parte de Idiomas



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI  
FOREIGN AND NATIVE LANGUAGE CENTER**

<b>ABSTRACT- EVALUATION SHEET</b>				
<b>NAME:</b> Cecilia Maribel Coyago Chimarro				
<b>DATE:</b> 21 de junio de 2024				
<b>Topic:</b> "Evaluación de bioles que se producen en los biodigestores del Centro Experimental San Francisco de la Universidad Politécnica Estatal del Carchi sobre el cultivo vertical de espinaca (Spinacia oleracea)"				
<b>MARKS AWARDED</b> <span style="float: right;"><b>QUANTITATIVE AND QUALITATIVE</b></span>				
<b>VOCABULARY AND WORD USE</b>	Use new learnt vocabulary and precise words related to the topic	Use a little new vocabulary and some appropriate words related to the topic	Use basic vocabulary and simplistic words related to the topic	Limited vocabulary and inadequate words related to the topic:
	EXCELLENT: 2 <input checked="" type="checkbox"/>	GOOD: 1 Vera Mélica Edwin Andrés, 5 <input type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
<b>WRITING COHESION</b>	Clear and logical progression of ideas and supporting paragraphs.	Adequate progression of ideas and supporting paragraphs.	Some progression of ideas and supporting paragraphs.	Inadequate ideas and supporting paragraphs.
	EXCELLENT: 2 <input checked="" type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
<b>ARGUMENT</b>	The message has been communicated very well and identify the type of text	The message has been communicated appropriately and identify the type of text	Some of the message has been communicated and the type of text is little confusing	The message hasn't been communicated and the type of text is inadequate
	EXCELLENT: 2 <input checked="" type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
<b>CREATIVITY</b>	Outstanding flow of ideas and events	Good flow of ideas and events	Average flow of ideas and events	Poor flow of ideas and events
	EXCELLENT: 2 <input type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input checked="" type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
<b>SCIENTIFIC SUSTAINABILITY</b>	Reasonable, specific and supportable opinion or thesis statement	Minor errors when supporting the thesis statement	Some errors when supporting the thesis statement	Lots of errors when supporting the thesis statement
	EXCELLENT: 2 <input type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input checked="" type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
<b>TOTAL/AVERAGE</b>	9 - 10: EXCELLENT 7 - 8,9: GOOD 5 - 6,9: AVERAGE 0 - 4,9: LIMITED		<b>TOTAL 9</b>	



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL  
CARCHI FOREIGN AND NATIVE LANGUAGE  
CENTER**

**Informe sobre el Abstract de Artículo Científico o Investigación.**

**Autor:** Cecilia Maribel Coyago Chimarro.

**Fecha de recepción del abstract:** 21 de junio de 2024

**Fecha de entrega del informe:** 21 de junio de 2024

El presente informe validará la traducción del idioma español al inglés si alcanza un porcentaje de: 9 – 10 Excelente.

Si la traducción no está dentro de los parámetros de 9 – 10, el autor deberá realizar las observaciones presentadas en el ABSTRACT, para su posterior presentación y aprobación.

**Observaciones:**

Después de realizar la revisión del presente abstract, éste presenta una apropiada traducción sobre el tema planteado en el idioma Inglés. Según los rubrics de evaluación de la traducción en Inglés, ésta alcanza un valor de 9, por lo cual se valida dicho trabajo.

Atentamente



EDISON PEÑAÑIEL ARCOS  
PEÑAÑIEL ARCOS

Ing. Edison Peñañiel Arcos MSc  
Coordinador del CIDEN

**Anexo 3.** Evidencias del proceso del experimento



**Figura 9.** Preparación y delimitación del terreno



**Figura 10.** Elaboración e implantación de las unidades experimentales(Tubos PVC)



**Figura 11.** Llenado del sustrato y siembra



**Figura 12.** Toma de datos



**Figura 13.** Cosecha

Anexo 4. Análisis de biol bovino- porcino

<b>LABONORT</b>			
LABORATORIOS NORTE			
Juan Hernández y Jaime Roldos (M.Mayorista)	Ibarra-Ecuador.	Telf. cel. 0999591050	

### REPORTE DE ANÁLISIS QUÍMICO

#### RESULTADOS EXPRESADOS EN PPM Y PORCENTAJE

NOMBRE: KATHERIN CHUNATA  
MUESTRA: ORGÁNICA: BIOL CHANCHO  
ANÁLISIS: COMPLETO  
REPORTE: 11681  
FECHA: 2023 11 15  
SITIO: CARCHI- HUACA

#### RESULTADOS

ELEMENTO	CONTENIDO	
	ppm	%
NITRÓGENO*	625,00	0,0625
FÓSFORO	45,34	0,0045
AZUFRE	964,50	0,0965
POTASIO	10483,20	1,0483
CALCIO	1820,00	0,1820
MAGNESIO	946,00	0,0946
ZINC	6,38	0,0006
COBRE	10,02	0,0010
HIERRO	209,50	0,0210
MANGANESO	34,66	0,0035
BORO	1,20	0,00012

\* Nitrogeno amoniacal  
ppm = partes por millón

RESULTADOS ADICIONALES	
pH	8,56 (Alcalino)
CE**	7,16 mS/cm

\*\* (CE)Conductividad eléctrica



Dr.Quim. Edison M. Miño M.  
RESPONSABLE DE LABONORT



<h1 style="margin: 0;">LABONORT</h1>			
LABORATORIOS NORTE			
Juan Hernández y Jaime Roldos (M.Mayorista)	Ibarra-Ecuador.	Telf. cel. 0999591050	

## REPORTE DE ANÁLISIS QUÍMICO

### RESULTADOS EXPRESADOS EN PPM Y PORCENTAJE

**NOMBRE:** KATHERIN CHUNATA  
**MUESTRA:** ORGÁNICA: BIOL DE VACA  
**ANÁLISIS:** COMPLETO  
**REPORTE:** 11680  
**FECHA:** 2023 11 15  
**SITIO:** CARCHI- HUACA

### RESULTADOS

ELEMENTO	CONTENIDO	
	ppm	%
NITRÓGENO*	348,75	0,0349
FOSFORO	42,94	0,0043
AZUFRE	202,50	0,0203
POTASIO	8049,60	0,8050
CALCIO	1512,00	0,1512
MAGNESIO	1674,00	0,1674
ZINC	4,89	0,0005
COBRE	0,74	0,0001
HIERRO	105,41	0,0105
MANGANESO	16,22	0,0016
BORO	0,50	0,00005

\* Nitrógeno amoniacal  
 ppm = partes por millón

RESULTADOS ADICIONALES	
pH	7,24 ( Neutro)
CE**	5,88 mS/cm

\*\* (CE)Conductividad eléctrica



**Dr. Quím. Edison M. Miño M.**  
 RESPONSABLE DE LABONORT



**Anexo 6.** Costo de producción en el cultivo vertical de espinaca en 1000 m<sup>2</sup>

COSTOS DE PRODUCCIÓN EN 1000 m <sup>2</sup>				
CONCEPTO	CANTIDAD	UNIDAD DE MEDIDA	PRECIO UNITARIO	TOTAL
<b>COSTOS DIRECTOS</b>				
<b>1.MANO DE OBRA</b>				
Implantación de tubos	4	jornaleros	\$ 15,00	\$ 60,00
Llenado y Siembra	40	jornaleros	\$ 15,00	\$ 600,00
Fertilización	24	jornaleros	\$ 15,00	\$ 360,00
Fumigación	24	jornaleros	\$ 15,00	\$ 360,00
Cosecha	60	jornaleros	\$ 15,00	\$ 900,00
<b>SUBTOTAL</b>				<b>\$ 2.280,00</b>
<b>2.INSUMOS AGRÍCOLAS</b>				
Plantas espinaca	192000,00	plantas	\$ 0,04	\$ 7.680,00
<b>SUBTOTAL</b>				<b>\$ 7.680,00</b>
<b>3.FERTILIZANTES</b>				
Biol bovino 50%	100800,00	litros	\$ 0,12	\$ 12.096,00
Biol bovino 30%	60480	litros	\$ 0,12	\$ 7.257,60
Biol bovino 10%	20160	litros	\$ 0,12	\$ 2.419,20
Biol porcino 50%	100800,00	litros	\$ 0,12	\$ 12.096,00
Biol porcino 30%	60480	litros	\$ 0,12	\$ 7.257,60
Biol porcino 10%	20160	litros	\$ 0,12	\$ 2.419,20
Químico 30-10-10	44,82	2 kg	\$ 8,00	\$ 358,56
<b>SUBTOTAL</b>				<b>\$ 43.904,16</b>
<b>4. SUSTRATOS</b>				
vermicompost	36	qq	\$ 12,00	\$ 432,00
Pomina	1	Volqueta	\$ 75,00	\$ 75,00
tierra negra	1	Volqueta	\$ 55,00	\$ 55,00
cascarilla de arroz	2	qq	\$ 5,75	\$ 11,50
<b>SUBTOTAL</b>				<b>\$ 573,50</b>
<b>5.MATERIALES</b>				
Tubos PVC	1000	tubos	\$ 11,00	\$ 550,00
Manguera	1	rollo 100 m	\$ 15,00	\$ 15,00
Estacas	100	unidades	\$ 0,10	\$ 10,00
postes	13	unidades	\$ 1,00	\$ 13,00
saran	127	metros	\$ 1,10	\$ 139,70
otros			\$ 24,00	\$ 24,00
<b>SUBTOTAL</b>				<b>\$ 751,70</b>
<b>CONTRO FITOSANITARIO</b>				
Abamectina	12	frasco de 100ml	\$ 3,50	\$ 42,00
methomyl	6	funda 100 gr	\$ 2,80	\$ 16,80
Glifosato	3	unidad 200 ml	\$ 8,00	\$ 24,00
<b>SUBTOTAL</b>				<b>\$ 82,80</b>
<b>COSTOS INDIRECTOS</b>				
COSECHA				
Fundas	320	pq	\$ 0,85	\$ 272,00
<b>SUBTOTAL</b>				<b>\$ 272,00</b>
Arriendo terreno	1	1000m <sup>2</sup>	\$ 30,00	\$ 180,00
<b>SUBTOTAL</b>				<b>\$ 180,00</b>
<b>TOTAL GASTOS</b>				<b>\$ 13.275,58</b>