

# UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI



## FACULTAD DE INDUSTRIAS AGROPECUARIAS Y CIENCIAS AMBIENTALES

### CARRERA DE AGROPECUARIA

**Tema:** “Evaluación de diferentes dosis de zeolita en combinación de biofertilizantes sobre el rendimiento del cultivo de haba (*Vicia faba*) variedad semi verde, en Montúfar - Carchi”

Trabajo de Integración Curricular previo a la obtención del  
título de Ingeniero en Agropecuaria

AUTOR: Martínez Coral Ronaldo Josue

TUTOR: Ing. Herrera Ramírez Carlos David, MSc.

Tulcán, 2026.

## CERTIFICADO DEL TUTOR

Certifico que el estudiante Martínez Coral Ronaldo Josue con el número de cédula 0450209085 ha desarrollado el Trabajo de Integración Curricular: "Evaluación de diferentes dosis de zeolita en combinación de biofertilizantes sobre el rendimiento del cultivo de haba (*Vicia faba*) variedad semi verde, en Montúfar - Carchi"

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. Herrera Ramírez Carlos David, MSc.

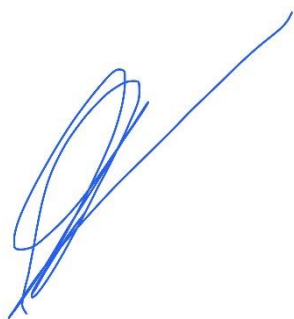
**TUTOR**

Tulcán, marzo de 2026

## **AUTORÍA DE TRABAJO**

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

Yo, Martínez Coral Ronaldo Josue con cédula de identidad número 0450209085 declaro que la investigación es absolutamente original, auténtica, personal y los resultados y conclusiones a los que he llegado son de mi absoluta responsabilidad.



---

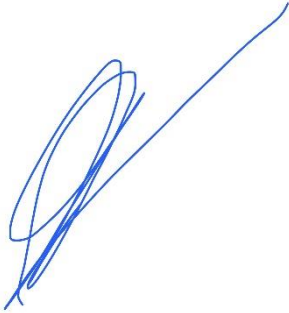
Martínez Coral Ronaldo Josue

**AUTOR**

Tulcán, marzo de 2026

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

Yo Martínez Coral Ronaldo Josue declaro ser autor de los criterios emitidos en el Trabajo de Integración Curricular: "Evaluación de diferentes dosis de zeolita en combinación de biofertilizantes sobre el rendimiento del cultivo de haba (*Vicia faba*) variedad semi verde, en Montúfar - Carchi" y eximo expresamente a la Universidad Politécnica Estatal del Carchi y a sus representantes de posibles reclamos o acciones legales.



---

Martínez Coral Ronaldo Josue

**AUTOR**

Tulcán, marzo de 2026

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios, por ser la fuente inagotable de fortaleza, sabiduría y esperanza, y por acompañarme en cada etapa de este proceso académico. Su guía fue fundamental para mantener la constancia y la fe necesarias para culminar este trabajo, incluso en los momentos de mayor dificultad.

A mis padres, Mónica Coral y Héctor Martínez, expreso mi más profundo y sincero agradecimiento por su amor incondicional, sacrificio y apoyo permanente. Sus valores, enseñanzas y confianza depositada en mí han sido el pilar fundamental de mi formación personal y profesional, este logro es también fruto de su esfuerzo y dedicación.

A mi tutor de tesis, MSc. David Herrera, manifiesto mi gratitud por su acompañamiento académico, orientación técnica y valiosos aportes científicos durante el desarrollo de esta investigación. Su profesionalismo, paciencia y compromiso fueron determinantes para el fortalecimiento metodológico y la correcta ejecución del presente trabajo.

Finalmente, agradezco a la Universidad Politécnica Estatal del Carchi, por brindarme una formación académica integral y de calidad, así como por proporcionar los espacios y recursos necesarios para el desarrollo de mis competencias profesionales, a sus autoridades, docentes y personal administrativo, mi reconocimiento por contribuir de manera significativa a mi crecimiento académico y humano.

Martínez Coral Ronaldo Josue

## **DEDICATORIA**

Con profundo respeto, amor y gratitud, dedico este trabajo a mi madre, Mónica Coral, quien ha sido el pilar fundamental de mi vida y el ejemplo constante de fortaleza, sacrificio y perseverancia. Su apoyo incondicional, sus palabras de aliento en los momentos de dificultad y su confianza permanente en mis capacidades fueron esenciales para alcanzar este logro académico.

A usted, madre, que con esfuerzo silencioso, paciencia infinita y amor genuino supo guiar cada uno de mis pasos, le dedico este triunfo como muestra de reconocimiento y agradecimiento, su entrega y enseñanzas han forjado no solo mi formación profesional, sino también mis valores como persona. Este trabajo es el reflejo de su lucha, su fe y su incansable deseo de verme cumplir mis metas.

Martínez Coral Ronaldo Josue

## ÍNDICE

<b>RESUMEN</b> .....	11
<b>ABSTRACT</b> .....	12
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	13
<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> .....	18
1.4.1. Objetivo General.....	18
1.4.2. Objetivos Específicos.....	18
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. Cultivo de haba. ....	21
2.2.2. Origen del cultivo de haba. ....	21
2.2.3. Importancia del cultivo de haba. ....	21
2.2.4. Taxonomía y morfología del cultivo de haba .....	22
2.2.5 Manejo agronómico del cultivo de haba.....	23
2.2.6. La zeolita en la agricultura.....	25
2.2.7. Biofertilizantes (Biol y Vermicompost).....	26
2.2.8. Biol .....	26
2.2.9. Vermicompost.....	26
<b>III. METODOLOGÍA</b> .....	28

<b>3.1. ENFOQUE METODOLÓGICO.....</b>	<b>28</b>
3.1.1. Enfoque.....	28
3.1.2. Tipo de Investigación .....	28
<b>3.2. HIPÓTESIS .....</b>	<b>28</b>
<b>3.3. DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES.....</b>	<b>29</b>
3.3.1. Definición de variables .....	29
3.3.2 Operacionalización de variables .....	30
<b>3.4. MÉTODOS UTILIZADOS.....</b>	<b>32</b>
3.4.1. Área del estudio .....	32
3.4.2. Tratamientos del diseño experimental .....	32
3.4.3. Características del diseño experimental .....	33
3.4.4 Distribución y características del experimento.....	34
3.4.5. Población y muestra de la investigación.....	35
3.4.6. Procedimientos.....	35
3.4.7. Variables a evaluar.....	37
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>40</b>
<b>4.1. RESULTADOS.....</b>	<b>40</b>
4.1.1. Altura de planta .....	40
4.1.2. Fructificación.....	41
4.1.3. Peso de frutos por sitio. ....	42
4.1.4. Rendimiento total.....	44
4.1.5. Relación costo beneficio. ....	45
<b>4.2. DISCUSIÓN.....</b>	<b>46</b>
<b>V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>49</b>
<b>5.1. CONCLUSIONES.....</b>	<b>49</b>
<b>5.2. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>49</b>
<b>VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>51</b>
<b>VII. ANEXOS .....</b>	<b>55</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Taxonomía del haba ( <i>Vicia faba</i> L.).....	22
Tabla 2: Operacionalización de variables.....	30
Tabla 3: Tabla de composición, dosis y frecuencia de aplicación de tratamientos..	33
Tabla 4: Características del diseño experimental.....	34
Tabla 5: Esquema de análisis de Varianza. ....	39
Tabla 6: Análisis de varianza para la variable altura de plantas en el cultivo de haba. .....	40
Tabla 7: Resultado de la prueba de Tukey al 5% para la variable altura de plantas en el cultivo de haba.....	41
Tabla 8: Análisis de varianza para la variable fructificación en el cultivo de haba. ...	42
Tabla 9: Resultado de la prueba de Tukey al 5% para la variable fructificación en el cultivo de haba.....	42
Tabla 10: Análisis de varianza para la variable peso de vainas por planta. ....	43
Tabla 11: Resultado de la prueba de Tukey al 5% para la variable peso de vainas por planta. ....	43
Tabla 12: Análisis de varianza para la variable rendimiento del cultivo de haba. ....	44
Tabla 13: Resultado de la prueba de Tukey al 5% para la variable rendimiento del cultivo de haba.....	45
Tabla 14: Relación costo beneficio entre tratamientos del cultivo de haba.....	45

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación Geográfica del terreno .....	32
Figura 2. Distribución de tratamientos .....	34
Figura 3. Muestra de la investigación .....	35
Figura 4. Delimitación de parcelas .....	57
Figura 5. Preparación del terreno .....	58
Figura 6. Adquisición de insumos .....	57
Figura 7. Siembra .....	59
Figura 8. Preparación de carteles .....	59
Figura 9. Parcelas rotuladas .....	59

Figura 10. Preparación de bioinsumos .....	58
Figura 11. Dosificación de bioinsumos .....	59
Figura 12. Aplicación (vermicompost y zeolita) .....	58
Figura 13. Germinación .....	60
Figura 14. Toma de datos (Altura) .....	58
Figura 15. Aplicación de biol .....	60
Figura 16. Control de malezas .....	59
Figura 17. Prácticas agrícolas .....	60
Figura 18. Aporque .....	59
Figura 19. Toma de datos (Fructificación) .....	61
Figura 20. toma de datos (Peso de frutos) .....	59
Figura 21. Cosecha .....	61
Figura 22. Toma de datos (rendimiento).....	60

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Acta de la sustentación de Predefensa del TIC .....	55
Anexo 2, Certificado del abstract por parte de idiomas.....	56
Anexo 3. Proceso del experimento.....	57

## RESUMEN

El cultivo de haba (*Vicia faba* L.) en la provincia del Carchi es de gran importancia agronómica y socioeconómica; no obstante, su productividad se ve afectada por la disminución de la fertilidad del suelo y el uso excesivo de fertilizantes químicos. En este contexto, la presente investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto de diferentes dosis de zeolita en combinación con biofertilizantes (biol y vermicompost) sobre el rendimiento del cultivo de haba variedad semiverde, en el cantón Montúfar, provincia del Carchi. El estudio se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, mediante un diseño de bloques completamente al azar (DBCA), con ocho tratamientos y cuatro repeticiones, incluyendo un testigo químico. Se aplicaron dosis de zeolita de 1, 2 y 3 t/ha, combinadas con biofertilizantes (biol y vermicompost), se evaluaron variables agronómicas como altura de planta, fructificación por sitio de siembra, peso de vainas, rendimiento total y relación costo/beneficio. Los datos fueron sometidos a análisis de varianza y comparación de medias mediante la prueba de Tukey al 5%. Los resultados mostraron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos, evidenciándose que las combinaciones de zeolita con vermicompost presentaron los mayores valores en crecimiento vegetativo y rendimiento, superando a los tratamientos con biol y alcanzando valores similares al testigo químico en varias variables evaluadas. Asimismo, el análisis económico indicó que ciertos tratamientos orgánicos alcanzaron una mejor relación costo/beneficio, destacando entre ellos el tratamiento 2 (dosis baja de zeolita + Biol) alcanzando una rentabilidad de 1,18 dólares por cada dólar invertido, lo que demuestra su viabilidad productiva. Se concluye que la aplicación combinada de zeolita y biofertilizantes mejora el rendimiento del cultivo de haba variedad semiverde y además disminuye los costos de producción, constituyéndose en una alternativa sostenible para el manejo de la fertilidad del suelo en sistemas agrícolas del norte andino del Ecuador.

**Palabras clave:** zeolita, biofertilizantes, rendimiento, *Vicia faba*, fertilización sostenible.

## ABSTRACT

Broad bean (*Vicia faba* L.) cultivation in Carchi Province is of great agronomic and socioeconomic importance; however, its productivity is affected by declining soil fertility and the excessive use of chemical fertilizers. In this context, the present study aimed to evaluate the effect of different zeolite doses combined with biofertilizers (biol and vermicompost) on the yield of the semiverde broad bean variety in Montúfar Canton, Carchi Province.

The study was conducted under a quantitative approach using a randomized complete block design (RCBD), with eight treatments and four replications, including a chemical control. Zeolite doses of 1, 2, and 3 t/ha combined with biofertilizers (biol and vermicompost) were applied. Agronomic variables such as plant height, fruiting per planting site, pod weight, total yield, and cost–benefit ratio were evaluated. Data were subjected to analysis of variance and mean comparison using Tukey's test at 5%.

The results showed statistically significant differences among treatments, indicating that combinations of zeolite with vermicompost produced the highest values for vegetative growth and yield, outperforming treatments with biol and reaching values similar to the chemical control for several evaluated variables. Likewise, the economic analysis indicated that some organic treatments achieved a better cost–benefit ratio, with Treatment 2 (low zeolite dose + biol) standing out by reaching a profitability of USD 1.18 for every dollar invested, demonstrating its productive viability.

It is concluded that the combined application of zeolite and biofertilizers improves the yield of the semiverde broad bean crop and reduces production costs, constituting a sustainable alternative for soil fertility management in agricultural systems of the northern Andean region of Ecuador.

**Keywords:** zeolite, biofertilizers, yield, *Vicia faba*, sustainable fertilization.

## INTRODUCCIÓN

El cultivo de haba (*Vicia faba* L.) constituye una de las leguminosas de mayor relevancia agronómica en regiones andinas debido a su capacidad para fijar nitrógeno atmosférico, su contribución a la mejora de la fertilidad edáfica y su eficiencia en sistemas de producción tradicionales y tecnificados. Según Rodríguez y otros, (2021), “El haba es una especie que destaca por su aporte proteico y su adaptación a condiciones de altitud, convirtiéndose en un componente estratégico para la seguridad alimentaria y la sostenibilidad agrícola” (p. 4). En Ecuador, su cultivo se concentra principalmente en provincias de la Sierra norte, donde constituye una fuente importante de ingreso económico para pequeños y medianos productores (Vasquez & Salazar, 2019).

En el cantón Montúfar, provincia del Carchi, el rendimiento del cultivo enfrenta limitaciones derivadas del empobrecimiento progresivo del suelo, la baja disponibilidad de materia orgánica y el uso insuficiente de insumos que mejoren la retención de nutrientes y el desarrollo radicular. De acuerdo con Moreno y otros, (2020), la disminución de la capacidad de intercambio catiónico y la degradación estructural del suelo son factores críticos que afectan los cultivos de leguminosas en zonas altoandinas.

En este contexto, la zeolita se perfila como una alternativa agronómica sostenible debido a su alta porosidad, elevada capacidad de intercambio catiónico y eficiencia para retener nutrientes como amonio y potasio. Estudios recientes han demostrado que “la aplicación de zeolita mejora la aireación, favorece el almacenamiento de nutrientes y potencia el crecimiento vegetal en cultivos de leguminosas” (García, M. 2022). En sistemas agrícolas con limitaciones edáficas similares a las de Montúfar, su uso ha incrementado la disponibilidad de nitrógeno y reducido pérdidas por lixiviación (Salvador, P. 2023).

Complementariamente, los biofertilizantes representan una estrategia biotecnológica que promueve la actividad microbiana beneficiosa del suelo. El empleo de productos como biol y vermicompost mejora la estructura edáfica, incrementa la disponibilidad de nutrientes y estimula procesos fisiológicos que favorecen el crecimiento y rendimiento del cultivo. Según Charles (2021), “los biofertilizantes incrementan la eficiencia en el uso de nutrientes, mejoran la fotosíntesis y fortalecen la interacción planta–microorganismo en leguminosas” (p. 9).

La combinación de zeolita con biofertilizantes se ha destacado como una práctica sinérgica capaz de optimizar la nutrición vegetal. Investigaciones reportan que la zeolita actúa como soporte físico que retiene metabolitos microbianos y nutrientes liberados por biofertilizantes, generando un sistema de fertilización gradual y eficiente (Hady, 2020). Sin embargo, en el cultivo de haba variedad semi verde, particularmente en Montúfar–Carchi, no se dispone de evaluaciones experimentales que determinen dosis óptimas y efectos sobre variables agronómicas específicas.

Por lo tanto, es necesario desarrollar investigaciones que aporten evidencia local sobre el comportamiento del cultivo bajo la aplicación conjunta de zeolita y biofertilizantes. Esto permitirá fortalecer la sostenibilidad productiva, reducir la dependencia de fertilizantes químicos y mejorar la rentabilidad de los productores de la zona. Este estudio se enmarca en la búsqueda de alternativas agroecológicas eficientes y de bajo impacto ambiental, alineadas con las necesidades productivas del sector agrícola del Carchi.

## I. EL PROBLEMA

### 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el cantón Montúfar, provincia del Carchi, el cultivo de haba (*Vicia faba L.*) constituye una de las especies hortícolas de mayor importancia socioeconómica para la agricultura familiar, debido a su aporte proteico, su adaptabilidad a condiciones de clima frío y su rol en la seguridad alimentaria local. Sin embargo, durante la última década se ha observado un incremento sostenido en el uso de fertilizantes químicos nitrogenados y fosfatados por parte de los productores, quienes buscan compensar la disminución de la fertilidad del suelo y aumentar la productividad del cultivo. Este patrón coincide con lo señalado por Altieri (2017), quienes afirman que el modelo agrícola basado en insumos sintéticos genera dependencia, deterioro de la biota edáfica y una reducción progresiva de la capacidad productiva del sistema.

En este contexto, diversos estudios han advertido que el uso excesivo de insumos químicos en hortalizas de grano, incluido el haba, provoca acidificación del suelo, salinización, pérdida de materia orgánica y disminución de microorganismos benéficos, afectando directamente el rendimiento (FAO, 2021). En zonas altoandinas como el norte de Ecuador, estas afectaciones se intensifican por la fragilidad ecológica de los suelos volcánicos, los cuales presentan alta porosidad y susceptibilidad a la degradación química (Viteri, et al. 2019).

A pesar de estas evidencias, en Montúfar predomina un manejo agronómico convencional basado en la aplicación indiscriminada de urea, superfosfato triple y mezclas NPK, sin diagnóstico nutricional previo y sin alternativas sustentables complementarias. Esto coincide con el diagnóstico nacional realizado por el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG, 2020), que advierte que más del 70% de agricultores pequeños en cultivos andinos no aplican prácticas de fertilización sostenible ni bioinsumos, aun cuando estos podrían mejorar la eficiencia de uso de nutrientes y reducir costos.

Frente a este escenario, la zeolita, un aluminosilicato natural con alta capacidad de intercambio catiónico y retención de amonio, ha sido estudiada como tecnología apropiada para disminuir las pérdidas de nitrógeno por lixiviación y mejorar la disponibilidad gradual de nutrientes (Robinson, et al. 2017). De igual manera, los biofertilizantes orgánicos como el biol y el vermicompost han demostrado aumentar la actividad microbiana, mejorar la estructura del suelo y promover el crecimiento vegetal mediante la acción de fitohormonas y microorganismos benéficos (Sánchez, et al. 2020). No obstante, en el cantón Montúfar, el acceso, conocimiento y adopción de estas alternativas sigue siendo limitado, lo cual perpetúa un manejo químico intensivo y una reducción progresiva del rendimiento del cultivo de haba.

En consecuencia, surge la necesidad de evaluar, bajo condiciones locales, si la combinación de zeolita con biofertilizantes puede constituir una estrategia viable para mejorar el rendimiento del haba variedad semi verde, reducir la dependencia de insumos sintéticos y contribuir a la sostenibilidad del sistema productivo. Tal evaluación permitirá generar información científica pertinente para los agricultores de Montúfar, alineándose con la necesidad de fortalecer sistemas agrícolas resilientes y de bajo impacto ambiental, tal como propone la FAO (2021) en sus lineamientos para la agricultura sostenible.

## **1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

Deterioro de suelos y disminución del rendimiento a largo plazo debido al uso intensivo de fertilizantes químicos por parte de los agricultores dedicados al cultivo de haba en el cantón Montúfar.

## **1.3. JUSTIFICACIÓN**

En el contexto de la agricultura andina del norte del Ecuador, particularmente en la provincia del Carchi, el cultivo de haba (*Vicia faba* L.) constituye una alternativa estratégica tanto para la seguridad alimentaria como para la economía de los pequeños y medianos productores. Este cultivo se caracteriza por su alto valor proteico, su capacidad de fijación biológica de nitrógeno y su adaptación a condiciones edafoclimáticas propias de zonas altoandinas (Crespón et al., 2010). No obstante, en sectores productivos como el cantón Montúfar, los rendimientos del cultivo continúan siendo limitados, principalmente por el manejo inadecuado de la fertilización del suelo y la dependencia de insumos químicos convencionales.

La zeolita natural ha sido ampliamente reconocida como un mineral aluminosilicatado con elevada capacidad de intercambio catiónico, alta retención de nutrientes y agua, y potencial para mejorar la eficiencia de la fertilización agrícola. Según Mumpton (1999), la aplicación de zeolitas en suelos agrícolas permite reducir las pérdidas de nitrógeno por lixiviación y volatilización, optimizando su disponibilidad para las plantas. De manera complementaria, los biofertilizantes contribuyen a la activación microbiológica del suelo, favoreciendo procesos de mineralización, solubilización de nutrientes y estimulación del crecimiento vegetal mediante la producción de fitohormonas (Vessey, 2003).

A pesar de la evidencia científica sobre los beneficios individuales de la zeolita y los biofertilizantes, existe una limitada información local y regional que evalúe el efecto combinado de diferentes dosis de zeolita junto con biofertilizantes sobre el rendimiento del cultivo de haba, particularmente en condiciones agroecológicas específicas como las del cantón Montúfar. Esta ausencia de información técnica limita la toma de decisiones por parte de los productores y técnicos agrícolas, quienes continúan aplicando prácticas empíricas con resultados variables y, en muchos casos, poco eficientes.

Desde el punto de vista científico, la presente investigación es relevante porque permitirá generar información experimental sobre la interacción entre un acondicionador mineral del suelo y bioinsumos de origen biológico, aportando evidencia local que fortalezca el conocimiento sobre prácticas de fertilización sostenible en leguminosas. Tal como señalan Tilman et al. (2011), el desarrollo de sistemas agrícolas más eficientes y sostenibles requiere investigaciones orientadas a optimizar el uso de insumos y reducir el impacto ambiental sin comprometer la productividad.

En el ámbito social y económico, los resultados de este estudio podrán constituir una herramienta técnica para los agricultores de Montúfar, al ofrecer alternativas de manejo nutricional que contribuyan a reducir la dependencia de fertilizantes químicos, disminuir los costos de producción y mejorar la rentabilidad del cultivo de haba. Asimismo, el uso de insumos de menor impacto ambiental se alinea con los principios de sostenibilidad promovidos por las políticas agrícolas nacionales y los objetivos de desarrollo sostenible.

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

### 1.4.1. Objetivo General

Evaluar el efecto de la aplicación de zeolita a diferentes dosis en combinación con biofertilizantes sobre el rendimiento del cultivo de haba (*Vicia faba*).

### 1.4.2. Objetivos Específicos

- Determinar el efecto que tienen los diferentes tratamientos sobre las variables productivas del cultivo de haba (Vicia Faba).
- Identificar la dosis de zeolita que alcance el mayor valor de rendimiento en el experimento.
- Definir el tratamiento que presente la mejor relación costo / beneficio.

### 1.4.3. Preguntas de Investigación

- ¿Cuál es la diferencia que alcanzan los diferentes tratamientos implementados respecto a las variables productivas en el presente experimento?
- ¿Qué dosis de zeolita genera mejores resultados en cuanto al rendimiento del cultivo de haba?
- ¿Cuál es el mejor índice costo/beneficio registrado entre tratamientos implantados en el cultivo del presente ensayo?

## II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

### 2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Según Guamba, (2021) en el Centro Experimental San Francisco (UPEC, cantón Huaca, provincia del Carchi) evaluó el efecto de tres abonos orgánicos (vermicompost, gallinaza y biol) en dos variedades de haba (*Vicia faba*), una machetona y otra semiverde. En su diseño experimental (DBCA), se aplicaron tratamientos con mezclas de abonos (como vermicompost 50 % + biol 50 %) y se analizó el rendimiento en vaina y grano, además de características fenológicas. Los resultados indicaron que la variedad semiverde tenía un mejor comportamiento fenológico, mientras que la variedad machetona alcanzó un rendimiento de 15.284,24 kg/ha en grano con el tratamiento vermicompost 50 % + biol 50 %.

Según Chulde, (2021), ejecutó un estudio en Montúfar, Carchi, donde evaluó la respuesta del cultivo de haba semiverde a la aplicación de biol enriquecido con lactosuero. El diseño experimental incluyó diferentes concentraciones de lactosuero aplicadas en fertirriego. Aunque el análisis estadístico no arrojó diferencias significativas entre tratamientos en las variables de producción, sí se evidenciaron tendencias de mejora en número de vainas y peso de grano con las dosis más altas. El rendimiento máximo reportado bordeó los 29 231 kg/ha, lo que sugiere que el uso de bioles como fuente orgánica líquida puede favorecer el desarrollo del cultivo bajo condiciones locales del Carchi.

Yepez et al, (2022) llevaron a cabo un ensayo en La Maná, Cotopaxi, para evaluar el comportamiento agronómico del haba mediante la aplicación de abonos orgánicos combinados con ácido húmico. Se aplicaron humus de lombriz, compost y estiércol aviar en distintas dosis, complementados con humato de potasio. Los resultados mostraron que el humus de lombriz, especialmente en las dosis más altas, promovió mejoras sustanciales en altura de planta, número de vainas por planta y rendimiento

total. Esta investigación respalda el uso de enmiendas orgánicas para mejorar la estructura del suelo y la disponibilidad de nutrientes en cultivos de leguminosas.

Según Peringueza, (2025), evaluó el efecto de bioinsumos incluyendo vermicompost, *Trichoderma* spp. y micorrizas arbusculares sobre el desarrollo y rendimiento del haba en el Centro Experimental San Francisco. El estudio utilizó un diseño de bloques completos al azar con tratamientos combinados, donde la mezcla vermicompost + micorrizas presentó los resultados más sobresalientes. Se obtuvieron rendimientos superiores a 11 700 kg/ha, acompañados de mejoras en vigor vegetativo y número de vainas por planta. Esto demuestra la eficacia de los bioinsumos como alternativas sostenibles en la fertilización del cultivo.

Según Porras, (2020), al comparar la eficiencia de tres tipos de abonos orgánicos (compost, vermicompost y estiércol bovino) aplicados en diferentes dosis sobre el cultivo de haba en terrazas de banco de la UTC. Aunque los análisis de rendimiento no mostraron diferencias significativas entre todos los tratamientos, el vermicompost a dosis intermedias fue el que generó mayor cantidad de vainas por planta y una estructura de planta más vigorosa. Se concluye que la incorporación de materia orgánica mejora gradualmente las propiedades del suelo, lo que incide positivamente en el desarrollo del cultivo.

En el cantón Daule, provincia del Guayas, Díaz, (2021) ejecutó el estudio denominado Incidencia de la aplicación de diferentes dosis de zeolita en la productividad y eficiencia de fertilización, donde evaluó la inclusión de zeolita en la fertilización nitrogenada. Los resultados indicaron que la mezcla con 35 % de zeolita y 65 % de fertilizante nitrogenado presentó el rendimiento más alto y la mayor eficiencia agronómica, debido a la mejora en la retención de nutrientes y la reducción de pérdidas por lixiviación.

En la provincia del Guayas, Bajaña, (2005) realizó el estudio Usos de las zeolitas naturales del Bloque Tecnológico Experimental de la Zeolita y su efecto en el rendimiento del maíz (*Zea mays* L.), donde evaluó sustituciones parciales de urea por zeolita. El autor identificó que la combinación de 80 % de urea con 20 % de zeolita superó al tratamiento convencional con 100 % de urea, incrementando el rendimiento del maíz y mejorando la disponibilidad de nitrógeno en el perfil del suelo (Bajaña, 2005).

Según Hoseini, (2020), al realizar la investigación Interactive effects of planting method and zeolite application on seed yield and leaf nutrient content of common bean under water deficit, desarrollada en condiciones semiáridas de Irán. El estudio reveló que la aplicación de zeolita incrementó la disponibilidad de agua en la rizosfera, elevó las concentraciones foliares de nitrógeno y potasio, y mejoró el rendimiento del frijol bajo estrés hídrico, confirmando la capacidad de la zeolita para atenuar efectos de sequía en leguminosas.

## **2.2. MARCO TEÓRICO**

### 2.2.1. Cultivo de haba.

### 2.2.2. Origen del cultivo de haba.

Diversas investigaciones arqueobotánicas señalan que el haba (*Vicia faba L.*) posee un origen remoto en la región del Mediterráneo oriental, donde se han encontrado las evidencias más antiguas de su domesticación. Según Caracuta y otros (2016), semillas halladas en el Monte Carmelo (Israel) datadas mediante radiocarbono alrededor de 14.000 años AP representan posibles formas silvestres precursoras del cultivo. De igual manera, restos carbonizados localizados en yacimientos neolíticos de la Baja Galilea, fechados en aproximadamente 10.200 años AP, confirman que el proceso de domesticación ya estaba avanzado en el Levante durante el Holoceno temprano (Caracuta et al. 2015). Este origen se complementa con estudios genéticos que sitúan al Mediterráneo oriental y al Cercano Oriente como el centro primario de diversidad, sugiriendo una posterior dispersión hacia Europa, África del Norte y Asia Central (Kaur, et al. 2014). Frente a la ausencia de un pariente silvestre actual totalmente compatible, la especie es considerada un "cultivo huérfano" en términos de domesticación, lo que refuerza la importancia de las evidencias arqueológicas para comprender su evolución y expansión histórica (Sullivan & Angra, 2016).

### 2.2.3. Importancia del cultivo de haba.

El haba (*Vicia faba L.*) constituye un cultivo de alta relevancia agrícola, nutricional y ecológica debido a su elevado contenido proteico entre 24 % y 32 % en base seca y su aporte significativo de aminoácidos esenciales, minerales y fibra dietética, lo que la convierte en un componente estratégico para la seguridad alimentaria en sistemas agrícolas de pequeña y mediana escala (Crespón et al., 2010). Además, su

capacidad de fijar nitrógeno atmosférico a través de la simbiosis con *Rhizobium leguminosarum* favorece la mejora de la fertilidad del suelo y reduce la dependencia de fertilizantes sintéticos, generando beneficios directos en la sostenibilidad de los agroecosistemas (Jensen, 2012). A nivel productivo, el cultivo destaca por su adaptación a climas templados y fríos, su tolerancia relativa a suelos pobres y su eficiencia en rotaciones agrícolas, donde contribuye a la diversificación y al control de malezas y patógenos (Torres, et al. 2018). Asimismo, estudios internacionales reconocen su importancia económica en regiones andinas por su demanda creciente en mercados frescos y procesados, así como por su potencial en programas de agricultura familiar y sistemas agroecológicos (FAO, 2019). En conjunto, estos atributos consolidan al haba como un cultivo estratégico para la resiliencia agrícola, la nutrición humana y la sostenibilidad productiva.

#### 2.2.4. Taxonomía y morfología del cultivo de haba

Según Guanopatín, (2012) el cultivo de haba lo clasifica taxonómicamente de la siguiente manera:

**Tabla 1.** Taxonomía del haba (*Vicia faba* L.)

<b>Categoría taxonómica</b>	<b>Clasificación</b>
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Fabales
Familia	Fabaceae (Leguminosae)
Subfamilia	Faboideae
Género	Vicia
Especie	<i>Vicia faba</i> L.

**Fuente:** Guanopatín (2012).

El haba (*Vicia faba* L.) es una leguminosa dicotiledónea de importancia agrícola que se clasifica dentro de la familia Fabaceae y que presenta una morfología típica de las especies herbáceas de su género.

Raíz. - su sistema radical es predominantemente pivotante, con una raíz principal vigorosa y profundas raíces secundarias en las que se forman los nódulos rizosféricos responsables de la fijación simbiótica de N<sub>2</sub>, "el sistema de la raíz radicular es pivotante y adquiere generalmente gran desarrollo" (Guanopatín, 2012).

Tallos, hojas y flores. - el tallo es erguido y puede variar en altura (0,5–1,9 m) según genética y condiciones de cultivo, produce macollos en la base y presenta entrenudos y nudos bien diferenciados; las hojas son compuestas, pinnadas, con 4–7 foliolos y estípulas desarrolladas; la inflorescencia se organiza en racimos con flores papilionáceas (estandarte, alas y quilla) típicas de Fabaceae, cuya polinización puede ser parcialmente autógama pero frecuentemente favorecida por insectos (Guanopatín, 2012).

Vaina. - la vaina (fruto) es una legumbre que contiene habitualmente 2–6 semillas, y la variación fenotípica en tamaño de semilla, número de vainas por planta y peso de 100 semillas es elevada entre cultivares, rasgos que condicionan rendimiento y adaptabilidad a diferentes altitudes y densidades de siembra (Pérez, et al. 2014).

Estas características morfológicas y fenológicas determinan prácticas de manejo específicas (espaciamiento, densidad de siembra, fertilización y manejo hídrico) que son claves para optimizar la productividad de V. faba en sistemas de pequeños y medianos agricultores, como los reportados en trabajos realizados en la región Andina (Pérez, et al. 2014).

#### 2.2.5 Manejo agronómico del cultivo de haba.

El manejo agronómico del haba inicia con una selección adecuada del terreno, priorizando suelos de textura franca a franco-arcillosa, buena profundidad y contenido medio de materia orgánica. Según Jensen, (2012), la especie se adapta eficientemente a suelos ligeramente alcalinos y tolera niveles moderados de salinidad, aunque su mejor desempeño ocurre en suelos bien drenados y con suficiente disponibilidad de agua durante las etapas reproductivas. De forma complementaria, Pérez y otros, (2014) señalan que una adecuada estructura del suelo favorece el desarrollo del sistema radicular pivotante y la formación activa de nódulos fijadores de nitrógeno, condición fundamental para asegurar un crecimiento vigoroso.

La preparación del suelo requiere labores que permitan mullir la capa arable y eliminar malezas iniciales. Cerrato y otros (1981) describen que un arado profundo seguido de uno o dos pases de rastra contribuye a mejorar la aireación y uniformiza la superficie para la siembra. Asimismo, en regiones andinas, se recomienda incorporar entre 10 y 20 t ha<sup>-1</sup> de materia orgánica para mejorar la capacidad de retención hídrica y estimular la actividad microbiana del suelo (Guanopatín, 2012).

La siembra puede realizarse de forma manual o mecanizada, utilizando una densidad que varía entre 30 y 70 mil plantas por hectárea, 0,5 m entre plantas y 0,75 m entre surco según la variedad y la disponibilidad de humedad, como plantean Salazar y otros (2016). Las semillas deben seleccionarse por tamaño y sanidad, priorizando granos sin daños mecánicos para garantizar una germinación homogénea. La profundidad de siembra oscila entre 5 y 8 cm, procurando un contacto adecuado con el suelo para favorecer la emergencia. Jensen, (2012) subraya que el espaciamiento típico para sistemas tradicionales es de 0,8 – 1,0 m entre surcos y 0,20– 0,30 m entre plantas.

Respecto a la fertilización, aunque el haba es capaz de fijar nitrógeno atmosférico mediante simbiosis con *Rhizobium leguminosarum*, este proceso se optimiza cuando el suelo dispone de fósforo y potasio en niveles adecuados. Jensen et al. (2012) explican que el aporte de fósforo mejora el desarrollo radicular y la nodulación, mientras que el potasio contribuye al llenado de grano y tolerancia a estrés hídrico. En la práctica, Pérez, (2014) reporta respuestas positivas con aplicaciones de 40–80 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y 40–60 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, ajustándose según análisis de suelo. La aplicación de nitrógeno en cantidades moderadas (20–40 kg ha<sup>-1</sup>) antes de la emergencia puede estimular el crecimiento inicial, sin inhibir la fijación biológica posterior.

El manejo del riego depende de la disponibilidad y distribución de las precipitaciones. Salazar y otros (2016) señalan que los periodos críticos de demanda hídrica corresponden a la floración, formación y llenado de vainas, donde la deficiencia puede reducir drásticamente el rendimiento. En zonas de secano, se privilegia la conservación de humedad mediante coberturas vegetales, riego por surcos o riego suplementario cuando sea posible, evitando encharcamientos que afecten la aireación del suelo y favorezcan enfermedades.

El control de malezas es esencial durante las primeras seis semanas. Jensen, (2010) destaca que la competencia temprana reduce altura y número de vainas, recomendándose deshierbas manuales o mecánicas antes del cierre del follaje. En sistemas con manejo sostenible se suelen aplicar coberturas orgánicas para limitar la emergencia de malezas.

En cuanto al manejo fitosanitario, enfermedades como el mildiu (*Peronospora viciae*), la antracnosis (*Ascochyta fabae*), mancha chocolate (*Botrytis fabae*) y la roya

(*Uromyces viciae-fabae*) representan problemas importantes. Según Torres y otros (2018), la rotación de cultivos, el uso de semilla certificada y la eliminación de residuos infectados constituyen medidas preventivas efectivas. Las plagas frecuentes incluyen pulgones (*Aphis fabae*), trips y gorgojos, cuya incidencia aumenta bajo condiciones de estrés; su manejo incluye control biológico y monitoreo permanente para evitar proliferación (Salazar, et al. 2016).

Finalmente, la cosecha se realiza a las 20 semanas aproximadamente, cuando las vainas presentan madurez fisiológica y las semillas alcanzan un contenido de humedad cercano al 12–14%. Pérez y otros (2014) subrayan que un retraso en la cosecha favorece el desgrane y deterioro de la calidad del grano. En cultivos destinados al consumo fresco, la cosecha puede iniciarse antes, cuando las vainas aún conservan turgencia y el grano presenta textura tierna. Posteriormente, el grano seco debe secarse y almacenarse en condiciones de baja humedad relativa para evitar ataques de insectos y pérdidas poscosecha.

#### 2.2.6. La zeolita en la agricultura.

La zeolita es un mineral aluminosilicatado de estructura porosa cuya aplicación en agricultura ha demostrado beneficios significativos en la mejora de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, debido a su alta capacidad de intercambio catiónico (CIC) y su habilidad para retener agua y nutrientes esenciales como amonio, potasio y calcio. De acuerdo con Montalvo, (2012), la zeolita actúa como un reservorio natural que libera gradualmente nutrientes, aumentando la eficiencia del fertilizante y reduciendo pérdidas por lixiviación. Asimismo, Jensen, (2010) reporta que la incorporación de zeolitas mejora la estructura del suelo y favorece el desarrollo radicular, especialmente en suelos degradados o de baja fertilidad, permitiendo mayor estabilidad de agregados y mejor infiltración. Por otro lado, estudios en sistemas agrícolas tropicales señalan que este mineral contribuye a incrementar la disponibilidad de nitrógeno amoniacal y optimiza la absorción de nutrientes en cultivos de leguminosas, lo que se traduce en un incremento del rendimiento y una mayor resiliencia frente al estrés hídrico (Rodríguez, et al. 2021). Gracias a estas propiedades, la zeolita se ha consolidado como un insumo estratégico en prácticas de agricultura sostenible, ya que promueve la eficiencia nutricional, reduce el uso de fertilizantes sintéticos y mejora la calidad productiva de diversos cultivos.

### 2.2.7. Biofertilizantes (Biol y Vermicompost)

Los biofertilizantes representan alternativas agroecológicas que promueven la sostenibilidad productiva al mejorar la fertilidad del suelo, incrementar la disponibilidad de nutrientes y fortalecer la actividad microbiana beneficiosa. Su aplicación permite reducir el uso de fertilizantes sintéticos y favorecer procesos naturales como la mineralización de la materia orgánica y la fijación biológica de nitrógeno, aspectos fundamentales para cultivos leguminosos como Vicia faba (Bernal, 2009).

### 2.2.8. Biol

El biol es un biofertilizante líquido obtenido mediante la fermentación anaerobia de estiércoles, residuos vegetales y otros materiales orgánicos, proceso en el que se generan compuestos bioactivos como enzimas, fitohormonas, ácidos húmicos y microorganismos benéficos. Bernal, (2009) explica que esta fermentación incrementa la solubilización de nutrientes, especialmente nitrógeno, potasio y micronutrientes, lo que favorece procesos fisiológicos como el desarrollo foliar y la actividad fotosintética. Asimismo, estudios reportan que el biol mejora la capacidad del suelo para retener agua y estimula la microbiota rizosférica, lo que se traduce en plantas más vigorosas y con mayor resistencia frente a condiciones de estrés (Rodríguez, et al. 2021). En cultivos de leguminosas, el uso de biol contribuye a potenciar la nodulación y la fijación de nitrógeno mediante la interacción simbiótica con rizobios, lo cual se asocia con incrementos significativos en rendimiento y biomasa (Arancon, 2012).

### 2.2.9. Vermicompost

El vermicompost es un abono orgánico sólido producido por la acción conjunta de lombrices y microorganismos sobre residuos vegetales o estiércoles, generando un material altamente estable, rico en nutrientes y con elevada capacidad de mejorar las propiedades físicas del suelo. Domínguez y Edwards (2011) señalan que este biofertilizante destaca por su contenido disponible de nitrógeno, fósforo y potasio, así como por su aporte de compuestos húmicos que favorecen la formación de agregados estables y una mayor retención de humedad. Además, investigaciones como las de Arancon, (2004) evidencia que el vermicompost estimula el crecimiento radicular y la absorción de nutrientes, al tiempo que contribuye a la supresión natural

de patógenos mediante la actividad de microorganismos antagonistas presentes en su matriz orgánica. Estas características facilitan un desarrollo más uniforme del cultivo y mejoran la eficiencia fisiológica de especies como *Vicia faba*, especialmente en sistemas de agricultura sostenible.

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. ENFOQUE METODOLÓGICO

##### 3.1.1. Enfoque

La investigación se encuentra dentro del enfoque cuantitativo, debido a que se fundamentó en la recopilación, procesamiento y comparación de información expresada en valores numéricos, lo que permite identificar tendencias, establecer relaciones y verificar planteamientos experimentales. Este enfoque resulta pertinente porque el estudio implica analizar la respuesta del cultivo frente a la aplicación de diferentes dosis de zeolita en combinación de biofertilizantes, situación que demanda la medición sistemática de variables agronómicas específicas. Entre estas se incluyen parámetros como el rendimiento por unidad experimental, la altura de las plantas, el número de vainas, el peso de vainas por sitio, cuya cuantificación posibilita evaluar con precisión el comportamiento fisiológico y productivo del haba en cada tratamiento.

##### 3.1.2. Tipo de Investigación

Experimental: implicó intervenir deliberadamente sobre una o varias variables independientes con el propósito de analizar cómo estas influyen en determinadas variables dependientes. En este contexto, se ejecutarán ensayos bajo condiciones controladas que permitan contrastar el comportamiento productivo del haba tratada con distintas dosis de zeolita en combinación de biofertilizantes respecto a un tratamiento testigo (testigo químico).

#### 3.2. HIPÓTESIS

Hipótesis Alternativa (Ha)

La aplicación de zeolita en combinación con biofertilizantes (Biol y vermicompost) tiene efecto en el rendimiento del cultivo de haba (*Vicia faba L.*).

Hipótesis Nula (H0)

La aplicación de zeolita en combinación con biofertilizantes (Biol y vermicompost) no tiene efecto en el rendimiento del cultivo de haba (*Vicia faba L.*).

### **3.3. DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES**

#### 3.3.1. Definición de variables

Variable independiente

- Biofertilizantes (biol y vermicompost)
- Aplicación de zeolita a diferentes dosis de 1 t/ha, 2 t/ha, 3 t/ha.

Variable dependiente

- Rendimiento del haba, (la altura de planta, el número de vainas por sitio, el peso de vainas por sitio, rendimiento total por parcela, relación costo beneficio).

### 3.3.2 Operacionalización de variables

**Tabla 2.** Operacionalización de variables.

Variable	Dimensiones	Indicadores	Técnicas	Instrumentos
<b>Independiente</b> Zeolita + biofertilizantes	Zeolita	Dosis baja. - se aplicó en dosis de una tonelada / hectárea lo que es equivalente a 0,9 kg / parcela, se lo dividió en dos aplicaciones, al momento de la siembra y al momento del aporque.	Aplicación directa al suelo.	- Báscula - Recipiente
		Dosis media. - se aplicó en dosis de dos toneladas / hectárea lo que es equivalente a 1,8 kg / parcela, se lo dividió en dos aplicaciones, al momento de la siembra y al momento del aporque.	Aplicación directa al suelo	- Báscula - Recipiente
		Dosis alta. - se aplicó en dosis de tres toneladas / hectárea lo que es equivalente a 2,7 kg / parcela, se lo dividió en dos aplicaciones, al momento de la siembra y al momento del aporque.	Aplicación directa al suelo	- Báscula - Recipiente
	Biol	Aplicación en una única dosis de 2 l / 18 l por parcela por seis ocasiones, cada 15 días después de haber pasado un mes del día de siembra, durante 90 días.	Aplicación foliar	- Báscula - Bomba de mochila
	Vermicompost	Aplicación en una única dosis de 2,7 kg por parcela, se lo dividió en dos ocasiones, a la siembra y al momento de aporque.	Aplicación directa al suelo	- Báscula - Recipiente
<b>Dependiente</b> Rendimiento del haba	Altura de planta en el cultivo	Se realizó la medición de manera manual con ayuda de un flexómetro desde la base de la planta hasta su yema apical, los resultados se expresaron en cm, se evaluó la altura una vez al	Medición de planta.	- Flexómetro - Libreta de anotación

	mes después de 30 días del momento de siembra en 4 ocasiones.		
Fructificación (# vainas)	Se realizó el conteo de forma manual del número de frutos por sitio de siembra, se tomó datos en dos ocasiones, al día de la cosecha y 30 días antes de la cosecha.	Conteo de frutos por sitio de siembra.	- Conteo manual - Libreta de anotación
Peso de frutos (vainas)	Se realizó la evaluación con ayuda de una báscula y la recolección manual de los frutos, se relejo el peso en kg / sitio de siembra, en una sola ocasión al día de la cosecha.	Evaluación por sitio de siembra.	- Báscula - Libreta de anotación
Rendimiento total.	Se realizó la evaluación con ayuda de una báscula y la recolección manual de frutos, con estos datos se calculó el rendimiento total expresado en kg/ha, en una sola ocasión al día de la cosecha	Evaluación del rendimiento expresado en kg / ha.	- Báscula - Libreta de anotación
Relación costo beneficio	Se evaluó el índice costo beneficio calculando el resultado de utilidad neta entre el costo de producción de cada tratamiento una vez concluida la investigación	Cálculo de utilidad neta / costo de producción	- Calculadora - Costos de producción

---

### 3.4. MÉTODOS UTILIZADOS

#### 3.4.1. Área del estudio

La investigación se ejecutó en El barrio San Andrés, Ciudad de San Gabriel, cantón Montúfar, provincia del Carchi. Este espacio experimental se localiza a 2850 m s. n. m., con una temperatura media de 13 °C, una humedad relativa aproximada del 75 % y un régimen pluviométrico anual que oscila entre 200 y 1200 mm (Ponce, 2020).



**Figura 1.** Ubicación Geográfica del terreno

#### 3.4.2. Tratamientos del diseño experimental

La actual investigación consta de 8 tratamientos, cada uno con 4 repeticiones, también se incluyó un testigo químico para evaluar la variabilidad obtenida respecto a los demás tratamientos en análisis, cada tratamiento constó de una diferente composición, dosis y frecuencia de aplicación como lo ilustra la siguiente tabla:

**Tabla 3.** Tabla de composición, dosis y frecuencia de aplicación de tratamientos.

Tratamientos	Composición	Dosis	Frecuencia de aplicación
T0	Testigo químico Abono 10-30-10	0,4 kg por parcela.	Aplicación edáfica, 2 veces: siembra, aporque
T1	Zeolita D.B. + Vermicompost	0,9 kg/parcela y 2,7 kg/parcela, respectivamente	Aplicación edáfica, 2 veces: siembra, aporque
T2	Zeolita D.B. + Biol	0,9 kg/parcela y 2 L/18 L, respectivamente	Aplicación edáfica, 2 veces: siembra y aporque + foliar, 4 veces, cada 15 días luego de los 30 dds.
T3	Zeolita D.M. + Vermicompost	1,8 kg/parcela y 2,7 kg/parcela, respectivamente	Aplicación edáfica, 2 veces: siembra, aporque
T4	Zeolita D.M. + Biol	1,8 kg/parcela y 2 L/18 L, respectivamente	Aplicación edáfica, 2 veces: siembra y aporque + foliar, 4 veces, cada 15 días luego de los 30 dds.
T5	Zeolita D.A. + Vermicompost	2,7 kg/parcela y 2,7 kg/parcela, respectivamente.	Aplicación edáfica, 2 veces: siembra, aporque
T6	Zeolita D.A. + Biol	2,7kg/parcela y 2 l/18 l, respectivamente.	Aplicación edáfica, 2 veces: siembra y aporque + foliar, 4 veces, cada 15 días luego de los 30 dds.
T7	Zeolita Dosis Media	1,8/kg / Parcela	Aplicación edáfica 2 veces: siembra y aporque.

### 3.4.3. Características del diseño experimental

En la presente investigación se empleó un diseño de bloques completamente al azar, con 8 tratamientos, cada tratamiento con 4 repeticiones con un total de 32 unidades experimentales, de las cuales se evaluaron 8 plantas (sitio de siembra) que constituyen la parcela neta, cada parcela tiene un área de 9 m<sup>2</sup>.

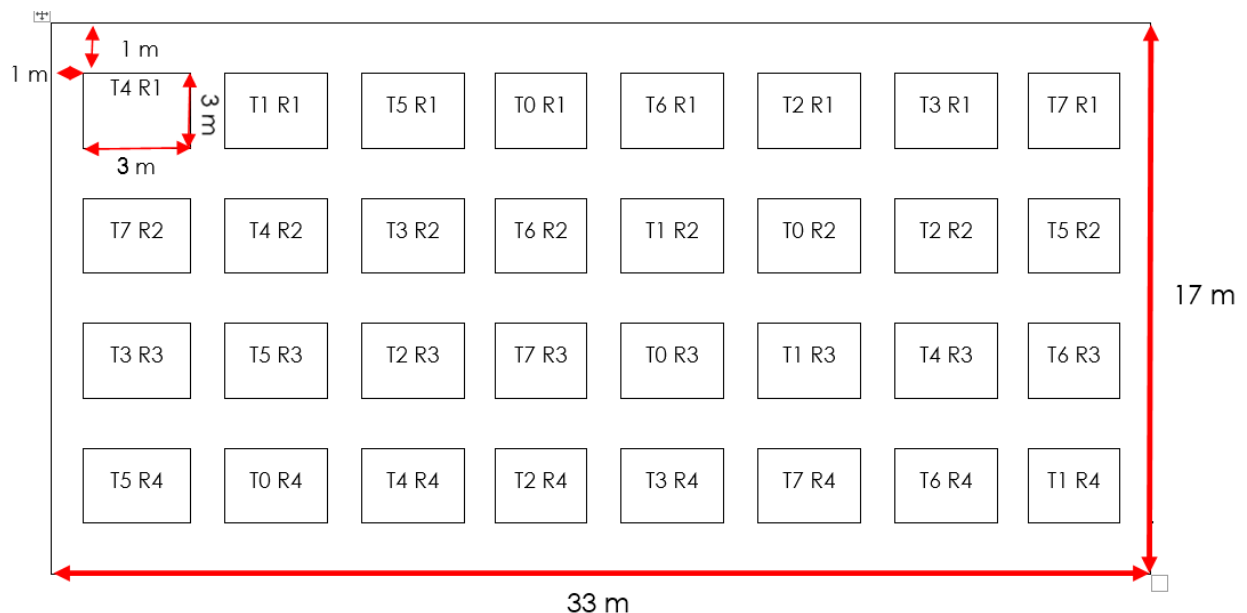
**Tabla 4.** Características del diseño experimental.

Diseño de bloques completamente al azar	Dimensiones
Tratamientos	8
Repeticiones	4
Unidad Experimental	32
Área de parcela	(3m x 3m) 9m <sup>2</sup>
Área total del ensayo	561 m <sup>2</sup>
Área total de parcelas	288 m <sup>2</sup>
Distancia entre surcos	0,75 cm
Distancia entre plantas	0,5 cm
Total de plantas	768
Plantas por parcela	24
Plantas por parcela neta	8

#### 3.4.4 Distribución y características del experimento

En el experimento se empleó un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA), este se delimitó mediante 4 estacas y el uso de piola para diferenciar cada parcela o unidad experimental, cada una con 9 m<sup>2</sup> y un cartel de madera rotulado, para diferenciar el tratamiento y el número de repetición.

También se incluyeron caminos de 1 metro entre cada parcela tal como se muestra en la figura 2.



**Figura 2.** Distribución de tratamientos

### 3.4.5. Población y muestra de la investigación

El diseño implementado en la presente investigación estuvo constituido por 32 unidades experimentales con 8 tratamientos y 4 repeticiones, cada unidad experimental o parcela contó con 24 plantas (sitio de siembra), de las cuales, 8 fueron tomadas en cuenta como muestra para realizar las distintas evaluaciones para las diferentes variables tal y como lo ilustra la figura 2.

	3 m					
	X	X	X	X	X	X
3 m	X	X	X	X	X	X
	X	X	X	X	X	X
	X	X	X	X	X	X

**Figura 3.** Muestra de la investigación

### 3.4.6. Procedimientos.

#### 1. Preparación del terreno.

La preparación del terreno tuvo como propósito generar condiciones óptimas de estructura, aireación y retención hídrica para garantizar una emergencia uniforme del cultivo de haba. En esta fase se efectuó una roturación inicial mediante arado, acción que permitió romper capas compactadas y favorecer la infiltración de agua. Una labranza profunda mejora significativamente el establecimiento inicial del cultivo, posteriormente, se realizó un pase de rastra para desmenuzar terrones, homogeneizar la superficie y mejorar la porosidad del suelo. Y por último se utilizó un caballo para poder guachar el suelo, de esta manera el área experimental quedó así acondicionada para las siguientes actividades, asegurando condiciones edáficas homogéneas para evaluar con precisión los efectos de la zeolita y los biofertilizantes.

#### 2. Delimitación de las unidades experimentales

Con la finalidad de garantizar uniformidad y evitar interferencias entre tratamientos, el área se dividió en 32 parcelas de 9 m<sup>2</sup> (3 m × 3 m), separadas por 1 m entre parcelas. Estas dimensiones coinciden con recomendaciones metodológicas para ensayos con leguminosas de porte medio como el haba, donde se sugiere mantener distancias suficientes para minimizar movimientos laterales de agua y nutrientes (Porras, M. 2020). La delimitación se realizó utilizando estacas, piola y carteles de madera codificados, en concordancia con el diseño experimental planteado, lo que permitió asegurar validez interna y reducir el error experimental.

### 3. Siembra

La siembra se efectuó de manera manual utilizando semilla certificada de haba variedad semiverde, seleccionada previamente para asegurar calidad fisiológica y sanitaria, también se desinfectó con thiodicarb (carbin) y kasugamicina (kasumin) en dosis de 250 ml/200L. Se estableció una densidad de 24 sitios de siembra por cada 9 m<sup>2</sup>, dejando una distancia de 50 cm entre planta y 75 cm entre surcos.

### 4. Aplicación de zeolita y biofertilizantes

La zeolita junto a los biofertilizantes se aplicó de manera manual de la siguiente manera, zeolita en todos los tratamientos a excepción de T0, vermicompost en T1, T3 y T5 y Biol en T2, T4 y T6 en las dosis descritas en la tabla 3. La zeolita y el vermicompost se incorporaron al suelo de manera edáfica en dos ocasiones, durante la etapa de siembra y aporque, mientras que el biol se fumigó con ayuda de una bomba de mochila en 6 ocasiones, cada 15 días durante 3 meses, 30 días dds, distribuyéndose en cada parcela según la dosis asignada.

### 5. Control de malezas

Para reducir la competencia de malezas por recursos esenciales, se efectuaron controles manuales cada 30 días, complementándose con un deshierbe general dirigido a la segunda aplicación de bioinsumos. Debido a que el cultivo de haba presenta sensibilidad a herbicidas residuales, se evitó el uso de productos químicos, siguiendo recomendaciones de Hernández y Torres (2022), quienes indican que un manejo manual en condiciones andinas reduce daños fisiológicos y maximiza la integridad de las parcelas experimentales.

### 6. Manejo fitosanitario

El control fitosanitario se enfocó en prevenir enfermedades foliares y plagas como minadores y barrenadores para lo cual se aplicó abamectina (newmectin) y también para la mancha chocolate se utilizó difenoconazol (score), en 3 aplicaciones foliares con ayuda de una bomba de mochila en dosis de 250 ml por tanque de 200 L. Como aporte a ese control fitosanitario también encontramos la desinfección de la semilla con thiodicarb (carbin) y kasugamicina (kasumin) en dosis de 250/tanque

### 7. Cosecha

La cosecha se efectuó de manera manual cuando las vainas alcanzaron madurez fisiológica, siguiendo los indicadores fenológicos descritos por FAO (2019), tales como

el viraje del color y la firmeza característica. Las plantas de cada parcela se cortaron con hoz y se trasladaron en sacos identificados para evitar mezclas entre tratamientos. Posteriormente, se separaron las vainas, las cuales fueron pesados en una balanza digital de precisión para obtener el rendimiento total por parcela (9 m<sup>2</sup>). Este procedimiento permitió estimar el rendimiento por hectárea y constituyó la base para el análisis estadístico del estudio.

#### 3.4.7. Variables a evaluar

##### 3.4.7.1. Altura de planta

Se evaluó la altura de planta porque es un parámetro ideal para saber cómo es el rendimiento de los diferentes productos aplicados ya que representa el vigor del cultivo, para evaluar este parámetro se utilizó un flexómetro con el cual se tomó medidas desde la base de la planta hasta su yema apical.

Esta actividad se la repitió cada 30 días durante 120 días, empezando desde los 30 días después de la siembra (dds), en cada evaluación se tomaron datos de las 8 plantas las cuales eran la muestra del presente experimento.

Todos los datos fueron recogidos en una libreta de campo para posteriormente ser ingresados a una base de datos creada en Excel para su próximo análisis estadístico.

##### 3.4.7.2. Fructificación (vainas/planta)

Se evaluó el número de vainas por planta porque es un parámetro fundamental para medir la capacidad que tuvo la planta para fecundar flores de manera adecuada y esto a la vez constituye un valor fundamental en el rendimiento del cultivo. La evaluación se la llevo a cabo de manera manual durante dos ocasiones, una 30 días antes de la cosecha contando las vainas que tenía cada sitio de siembra pegadas al tallo, por último se evaluó el número de vainas que salían por cada sitio de siembra al momento de la cosecha, 150 dds.

Se anotaron los resultados con la ayuda de una libreta de campo para su posterior análisis.

##### 3.4.7.3. Peso de vainas por sitio

El peso es un parámetro fundamental, ya que entre más vainas genere un sitio de siembra, estas aportaran con más peso y esto elevara la producción general de todo el cultivo.

Se llevo a cabo la evaluación de este apartado con la ayuda de una báscula digital al momento de la cosecha, el análisis se lo realizo por cada sitio de siembra y de esta manera, recolectando todas las vainas se pesó y finalmente se pasaron todos los datos recolectados a una libreta de campo para su correcto análisis.

#### 3.4.7.4. Rendimiento total por parcela.

El rendimiento total representa uno de los parámetros más relevantes en la presente investigación, ya que evaluando estos valores podemos tener una idea del impacto que tuvo cada uno de los diferentes tratamientos en la producción total del cultivo.

Se lo evaluó de manera manual, con ayuda de una báscula digital se pesó toda la producción obtenida de una parcela neta, este valor se utilizó como base para calcular el rendimiento total en kilogramos que tiene una hectárea que obtuvo cada tratamiento, cabe mencionar que se cosecho el haba en estado tierno a los 150 días dds. Según la FAO (2016), "la recolección debe efectuarse cuando los granos han alcanzado su tamaño comercial y cuando las vainas han alcanzado su tamaño máximo, presentan un color verde intenso de consistencia firme y de textura turgente".

Se anotaron los diferentes valores con ayuda de una libreta de campo para su posterior uso en el análisis estadístico.

#### 3.4.7.5. Relación costo beneficio.

Considerablemente es el parámetro más importante de la evaluación final, podemos medir de manera cuantitativa la rentabilidad que obtuvo cada tratamiento, y de esta manera saber cuál fue el tratamiento con mayor margen de ganancia.

Se lo calculo con ayuda de una tabla en la que se evaluaron los costos de producción, posteriormente se calculó el valor de venta final y con la diferencia entre estos dos valores se obtuvo la ganancia final de cada tratamiento. Por último se calculó el índice costo/beneficio con ayuda de la relación entre la utilidad neta sobre el costo de producción.

### **3.5. Análisis estadístico.**

El procesamiento estadístico de los datos se efectuó mediante el software InfoStat, verificándose previamente los supuestos de análisis. En primer lugar, se evaluó la normalidad de los resultados mediante la prueba de Shapiro. Cuando las variables

cumplieron con estos criterios, se procedió a ejecutar un análisis de varianza (ANOVA) con el objetivo de determinar diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos y los bloques. Finalmente, para la comparación de medias se aplicó la prueba de Tukey al 5% de probabilidad, con el fin de establecer contrastes precisos entre los tratamientos evaluados.

En la siguiente tabla se muestra el esquema del análisis de varianza utilizado;

**Tabla 5.** Esquema de análisis de Varianza.

<b>F.V.</b>	<b>F.V.</b>
Total	31
Tratamiento	7
Repetición	3
Error	21
CV	%
Promedio	

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. RESULTADOS

#### 4.1.1. Altura de planta

En la Tabla 6 se presenta el análisis de varianza correspondiente a la variable altura de planta en el cultivo de haba bajo el efecto de zeolita a diferentes dosis en combinación de biofertilizantes, evaluada desde los 30 días después de la siembra (A1) y posteriormente en intervalos de 30 días hasta los 120 días (A4). En las cuatro evaluaciones no se detectaron diferencias estadísticas entre repeticiones. En contraste, sí se identificaron diferencias estadísticas entre tratamientos, tal como lo indican los p-valores < 0,05. Los coeficientes de variación obtenidos fueron de 7,38 % para A1, 4,74 % para A2, 1,69 % para A3 y 2,42 % para A4. Asimismo, se registran medias de altura de planta de 15,41 cm, 68,88 cm, 146,02 cm y 172,53 cm para A1, A2, A3 y A4, respectivamente.

**Tabla 6.** Análisis de varianza para la variable altura de plantas en el cultivo de haba.

F.V.	gl	A1 (30dds)	A2 (60dds)	A3(90dds)	A4(120dds)
		P-VALOR			
Total	31				
Tratamiento	7	0,032 *	0,010*	0,001 **	0,001 **
Repetición	3	0,849 ns	0,993 ns	0,473 ns	0,980 ns
Error	21				
CV (%)		7,38	4,74	1,69	2,42
Promedio (cm)		15,41	68,88	146,02	172,53

**NOTA:** significado de los códigos; **(ns):** p-valor > 0,05, no existen diferencias estadísticas, **(\*):** p-valor < 0,05 y > 0,01, diferencias estadísticas al 5%, **(\*\*):** p-valor < 0,01, diferencias estadísticas al 1%

En la Tabla 7, los resultados de la prueba de Tukey al 5 % para la variable altura de planta en el cultivo de haba bajo el efecto de zeolita a diferentes dosis en combinación de biofertilizantes muestran que, en la primera evaluación (A1), el T0

presenta la media más alta y se encuentra en categoría A, los demás tratamientos se encuentran en categoría AB a excepción de T7 que es categoría B. Esta tendencia del T0 a obtener medias elevadas se mantiene en las tres evaluaciones posteriores. En la segunda medición (A2) T3, T1, T5, T2 se encuentran en categoría AB y el resto de los tratamientos en categoría B. En la tercera evaluación (A3), T3, T5, T1 y T4 se encuentran en categoría AB, T6 y T2 categoría B y T7 categoría BC. Finalmente, en la cuarta medición (A4), los tratamientos T3 y T5 son categoría AB, todos los demás son categoría B a excepción de T7 que es categoría C.

**Tabla 7.** Resultado de la prueba de Tukey al 5% para la variable altura de plantas en el cultivo de haba.

T	A1 (30 dds)		T	A2 (60 dds)		T	A3 (90 dds)		T	A4 (120 dds)	
	Medias (cm)			Medias (cm)			Medias (cm)			Medias (cm)	
T0	17,13	A	T0	74,69	A	T0	150,69	A	T0	177,77	A
T3	16,22	A B	T3	71,66	A B	T3	148,22	A B	T3	174,69	A B
T5	15,72	A B	T1	68,97	A B	T5	147,47	A B	T5	173,22	A B
T1	15,38	A B	T5	68,47	A B	T1	145,59	A B	T4	172,13	B
T6	15,16	A B	T2	68,28	A B	T4	145,16	A B	T2	172,13	B
T2	14,94	A B	T6	66,91	B	T6	144,94	B	T1	171,91	B
T4	14,59	A B	T4	66,34	B	T2	144,63	B	T6	171,63	B
T7	14,12	B	T7	65	B	T7	141,44	BC	T7	166,81	C

**NOTA:** T0: Testigo químico, T1: zeolita dosis baja+ Vermicompost, T2: zeolita dosis baja + Biol, T3: zeolita dosis media + Vermicompost, T4: zeolita dosis media + Biol, T5: zeolita dosis alta + Vermicompost, T6: zeolita dosis alta + Biol y T7: zeolita dosis media.

#### 4.1.2. Fructificación.

En la Tabla 8 se presenta el análisis de varianza correspondiente a la variable fructificación (Número de vainas) por sitio de siembra en el cultivo de haba sobre el efecto de diferentes dosis de zeolita en combinación de biofertilizantes, se tomaron datos 30 días antes de la cosecha (PC) y en la cosecha (C). En las dos evaluaciones no se detectaron diferencias significativas entre repeticiones. Por otra parte, sí se identificaron diferencias estadísticas al 1% entre tratamientos, tal como lo indican los p-valores < 0,01. Los coeficientes de variación obtenidos son de 4,82% para PC y 4,25% para C. Asimismo, se registran medias de 47,33 y 63,97 para PC y C, respectivamente.

**Tabla 8.** Análisis de varianza para la variable fructificación en el cultivo de haba.

F.V.	gl	Vainas PC	Vainas C
		P-V ALOR	
Total	31		
Tratamiento	7	0,001 **	0,008 **
Repetición	3	0,684 ns	0,681 ns
Error	21		
CV		4,82	4,25
Promedio		47,33	63,97

**NOTA:** significado de los códigos; **(ns):** p-valor > 0,05, no existen diferencias estadísticas, **(\*)**: p-valor < 0,05 y > 0,01, diferencias estadísticas al 5%, **(\*\*)**: p-valor < 0,01, diferencias estadísticas al 1%

En la Tabla 9, los resultados de la prueba de Tukey al 5 % para la variable fructificación por sitio de siembra en el cultivo de haba bajo el efecto de zeolita a diferentes dosis en combinación de biofertilizantes muestran que, en ambas evaluaciones T0 presenta la media más alta situándose en categoría A, así mismo, en la primera evaluación T5 y T3 son categoría AB y el resto de los tratamientos categoría B. En la segunda evaluación T3 y T5 son categoría AB, los demás tratamientos son categoría BC a excepción de T7 que es categoría C.

**Tabla 9.** Resultado de la prueba de Tukey al 5% para la variable fructificación en el cultivo de haba.

Tratamiento	Precosecha		Tratamiento	Cosecha	
	Medias (# V./sitio)			Medias (# V./sitio)	
T0	54,75	A	T0	70,34	A
T5	49,09	AB	T3	65,5	AB
T3	48,75	AB	T5	64,47	AB
T1	46,47	B	T4	63,94	BC
T6	45,91	B	T6	63,28	BC
T2	45,78	B	T1	63,25	BC
T4	44,69	B	T2	62,34	BC
T7	44,22	B	T7	58,66	C

**NOTA:** T0: Testigo químico, T1: zeolita dosis baja+ Vermicompost, T2: zeolita dosis baja + Biol, T3: zeolita dosis media + Vermicompost, T4: zeolita dosis media + Biol, T5: zeolita dosis alta + Vermicompost, T6: zeolita dosis alta + Biol y T7: zeolita dosis media.

#### 4.1.3. Peso de frutos por sitio.

En la Tabla 10 se presenta el análisis de varianza correspondiente a la variable peso de frutos (vainas) por sitio de siembra en el cultivo de haba sobre el efecto de

diferentes dosis de zeolita en combinación de biofertilizantes. En la evaluación no se detectaron diferencias significativas entre repeticiones. Por otra parte, se identifican diferencias estadísticas al 5% entre tratamientos, tal como lo indican los p-valores < 0,05. El coeficiente de variación es de 3,86% y una media de 0,89 kg/planta para esta variable.

**Tabla 10.** Análisis de varianza para la variable peso de vainas por planta.

F.V.	gl	Peso de Vainas/planta	
		P-V ALOR	
Total	31		
Tratamiento	7		0,012 *
Repetición	3		0,192 ns
Error	21		
CV			3,86
Promedio			0,89

**NOTA:** significado de los códigos; **(ns):** p-valor > 0,05, no existen diferencias estadísticas, **(\*)**: p-valor < 0,05 y > 0,01, diferencias estadísticas al 5%, **(\*\*)**: p-valor < 0,01, diferencias estadísticas al 1%

En la Tabla 11, los resultados de la prueba de Tukey al 5 % para la variable peso de frutos por sitio de siembra en el cultivo de haba sobre el efecto de diferentes dosis de zeolita en combinación de biofertilizantes muestran que, en la evaluación realizada el T0 presenta el valor de media más alta situándose en categoría A, los demás tratamientos se encuentran en categoría AB a excepción de T7 que es categoría B.

**Tabla 11.** Resultado de la prueba de Tukey al 5% para la variable peso de vainas por planta.

Tratamiento	Peso de frutos por sitio	
	Medias (Kg/sitio)	
T0	0,97	A
T3	0,91	AB
T5	0,90	AB
T4	0,90	AB
T1	0,89	AB
T6	0,89	AB
T2	0,88	AB
T7	0,84	B

**NOTA:** T0: Testigo químico, T1: zeolita dosis baja+ Vermicompost, T2: zeolita dosis baja + Biol, T3: zeolita dosis media + Vermicompost, T4: zeolita dosis media + Biol, T5: zeolita dosis alta + Vermicompost, T6: zeolita dosis alta + Biol y T7: zeolita dosis media.

#### 4.1.4. Rendimiento total

En la Tabla 12 se presenta el análisis de varianza correspondiente al rendimiento del cultivo de haba sobre el efecto de diferentes dosis de zeolita en combinación de biofertilizantes, se tomaron datos del peso de cada parcela y se calculó al rendimiento en kg/ha. En la evaluación no se detectaron diferencias significativas entre repeticiones. Tampoco se identificaron diferencias estadísticas entre tratamientos, tal como lo indican los p-valores  $> 0,05$ . El coeficiente de variación es de 4,89 y una media de 23858,33 kg/ha para esta variable.

**Tabla 12.** Análisis de varianza para la variable rendimiento del cultivo de haba.

F.V.	gl	Kg/ha
		P-V ALOR
Total	31	
Tratamiento	7	0,101 ns
Repetición	3	0,220 ns
Error	21	
CV		5,00
Promedio		23858,33

**NOTA:** significado de los códigos; **(ns)**: p-valor  $> 0,05$ , no existen diferencias estadísticas, **(\*)**: p-valor  $< 0,05$  y  $> 0,01$ , diferencias estadísticas al 5%, **(\*\*)**: p-valor  $< 0,01$ , diferencias estadísticas al 1%

En la Tabla 13, los resultados de la prueba de Tukey al 5% para la variable rendimiento del cultivo de haba sobre el efecto de diferentes dosis de zeolita en combinación de biofertilizantes muestran que, en la evaluación realizada al día de la cosecha el T0 se encuentra en la categoría A, con el valor de media más alto, los demás tratamientos son categoría AB, a excepción de T7 que es categoría B, con un valor de media más bajo.

**Tabla 13.** Resultado de la prueba de Tukey al 5% para la variable rendimiento del cultivo de haba.

Tratamiento	Rendimiento	
	Medias kg/ha	
T0	24716,67	A
T5	23750,00	AB
T3	23700,00	AB
T4	23616,67	AB
T1	23300,00	AB
T2	23033,33	AB
T6	22916,67	AB
T7	21833,33	B

**NOTA:** T0: Testigo químico, T1: zeolita dosis baja+ Vermicompost, T2: zeolita dosis baja + Biol, T3: zeolita dosis media + Vermicompost, T4: zeolita dosis media + Biol, T5: zeolita dosis alta + Vermicompost, T6: zeolita dosis alta + Biol y T7: zeolita dosis media.

#### 4.1.5. Relación costo beneficio.

En la tabla 14, los resultados de la relación costo beneficio en el cultivo de haba demuestran que el T2, constituido por la aplicación de dosis baja de zeolita en combinación de Biol, tiene el valor más alto en el índice de relación costo beneficio, mientras tanto, el valor más bajo lo tiene el T5, Dosis alta de zeolita más vermicompost.

**Tabla 14.** Relación costo beneficio entre tratamientos del cultivo de haba.

N	Descripción de tratamiento	Costo de producción por tratamiento (Ha)	Rendimiento en qq/ha	Valor de venta 12\$/qq	Utilidad neta (\$)	Relación C/B
<b>T0</b>	T0 Testigo químico	3136,33	549,26	6591,11	3454,78	1,10
<b>T1</b>	T1 Zeolita D.B. + Vermicompost	2974,09	517,78	6213,33	3239,24	1,09
<b>T2</b>	T2 Zeolita D.B. + Biol	2819,13	511,85	6142,22	3323,10	1,18
<b>T3</b>	T3 Zeolita D.M. + Vermicompost	3122,53	526,67	6320,00	3197,47	1,02
<b>T4</b>	T4 Zeolita D.M. + Biol	3019,91	524,81	6297,78	3277,87	1,09
<b>T5</b>	T5 Zeolita D.A. + Vermicompost	3256,59	527,78	6333,33	3076,74	0,94
<b>T6</b>	T6 Zeolita D.A. + Biol	3123,13	509,26	6111,11	2987,98	0,96
<b>T7</b>	T7 Zeolita D.M.	2826,59	485,19	5822,22	2995,63	1,06

## 4.2. DISCUSIÓN

Respecto a la variable altura de planta, se mostraron patrones en los que el testigo químico alcanzó medias superiores en varias evaluaciones, lo cual sugiere que la fertilización química proporcionó un suministro más inmediato de nutrientes favoreciendo el vigor vegetativo inicial. Esta tendencia coincide con observaciones en estudios andinos donde este tipo de fertilización produce respuestas de crecimiento más rápidas en etapas tempranas, mientras que las enmiendas orgánicas y la zeolita manifiestan efectos más graduales y acumulativos sobre las propiedades físicas y biológicas del suelo (Chulde, 2021). En ensayos comparables, la incorporación de zeolita y vermicompost mostró mejoras en retención de agua y disponibilidad de ciertos iones, pero la traducción de estos efectos al incremento inmediato de la altura depende de la dosis y del estado inicial del suelo Benítez et al., (2020). Por tanto, los resultados de altura del presente ensayo en Montúfar son coherentes con la literatura regional: la zeolita + biofertilizantes puede favorecer la dinámica edáfica a mediano plazo, pero no necesariamente supera la respuesta vegetativa inmediata que otorga la fertilización química (Chulde, 2021). Empatando con los resultados obtenidos en el presente ensayo.

Respecto a la variable fructificación, se registraron medias que indican una mayor capacidad reproductiva en los tratamientos con vermicompost combinados con zeolita. Esta respuesta es consistente con estudios de la región andina que atribuyen al vermicompost la provisión de metabolitos y fitoestimulantes (citoquininas, auxinas) además de una mayor actividad microbiana que favorece el cuajado y el establecimiento de vainas en leguminosas (Galarraga, 2018). Asimismo, ensayos realizados en la Universidad Técnica del Norte (Ecuador) reportan aumentos en número de frutos o vainas cuando se combina materia orgánica (vermicompost) con enmiendas minerales, incluida la zeolita, debido a la sinergia entre retención de nutrientes y estimulación biológica (Rojas, 2021). Por ende, la significancia observada en la presente investigación puede interpretarse como una respuesta funcional de la planta a la mejora local de nutrientes y bioactividad.

En cuanto al peso de vainas por sitio presentó diferencias significativas, con el testigo químico mostrando la media más alta, mientras los tratamientos con zeolita y biofertilizantes quedaron mayormente en categorías AB. Este patrón sugiere una compensación cantidad-tamaño: algunos tratamientos incrementaron el número

de vainas (más órganos reproductivos) puede llevar a una redistribución de fotoasimilados, limitando el peso promedio por sitio cuando la liberación nutricional es más lenta, en comparación con la fertilización mineral (Guamba, 2021). Trabajos en frejol, haba y otros cultivos muestran respuestas mixtas, mientras la enmienda con vermicompost y zeolita mejora el número de órganos reproductivos, el peso individual puede no aumentar si no hay suficiente disponibilidad de nutrientes durante la llenada (Galarraga, 2018). Por tanto, el presente resultado enfatiza que la evaluación del rendimiento debe considerar tanto el conteo de órganos como la masa por órgano para emitir recomendaciones agronómicas precisas en Montúfar.

Respecto al rendimiento total, la media fue de 23 858,33 kg/ha, el ANOVA indicó ausencia de diferencias significativas entre tratamientos, lo que sugiere que las variaciones numéricas observadas no fueron estadísticamente robustas en esta evaluación. Esta circunstancia es frecuentemente reportada en investigaciones andinas, la zeolita y los biofertilizantes pueden mejorar componentes (fructificación, estructura del suelo, retención hídrica) sin que dichos efectos se reflejen inmediatamente en un incremento significativo del rendimiento total durante una única temporada; es habitual que los beneficios de la zeolita sean acumulativos y más evidentes en ensayos multianuales (Palacios, 2014). Ensayos en maíz, fréjol y fresa, resaltan la necesidad de evaluaciones prolongadas para captar los efectos residuales y la estabilización de la fertilidad que la zeolita puede generar (Beltrán, 2021). Por tanto, los resultados apoyan la recomendación de continuar con monitoreo multianual y análisis de suelos pos-aplicación para determinar si la zeolita produce incrementos sostenidos en productividad bajo las condiciones de Montúfar a largo plazo.

El análisis costo/beneficio evidencia que T2 (zeolita dosis baja + biol) obtuvo el mejor índice de relación (1,18), por cada dólar invertido existe un retorno de 1,18 dólares, lo que indica que la dosis baja de zeolita combinada con biol alcanzó el equilibrio más favorable entre incremento productivo y control de costos. La literatura regional corrobora que la rentabilidad de enmiendas y biofertilizantes depende en gran medida de la dosificación y del costo de insumos frente al precio de mercado; en varios trabajos de repositorios se encontró que dosis moderadas de zeolita con enmiendas orgánicas pueden optimizar la RCB, mientras que dosis altas incrementan costos sin un aumento proporcional de rendimiento (Aupas, 2016). Además, estudios de caso en la región andina subrayan que el biol suele ser una alternativa efectiva

para pequeños productores cuando su aplicación se ajusta a la capacidad económica local y a la respuesta productiva observada (Guamba, 2021). En consecuencia, los resultados obtenidos en el ensayo recalcan el uso de enmiendas orgánicas en dosis moderadas para reducir los costos de producción.

## **V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **5.1. CONCLUSIONES**

- La aplicación de diferentes dosis de zeolita en combinación con biofertilizantes alcanza valores similares al tratamiento testigo, estadísticamente alcanzan cifras que sugieren su consideración y aplicación en el cultivo de haba, esto evidencia que la aplicación de estos productos es una alternativa eficaz al tradicional control químico.
- En cuanto a las variables productivas, de todos los tratamientos en cuestión, T3 y T5 son ensayos que se acercan a los resultados que alcanzo el testigo químico en la mayoría de las ocasiones, esto sugiere que la implementación de vermicompost y zeolita en dosis de 2 y 3 toneladas por hectárea alcanzan parámetros productivos muy similares a la implementación química tradicional, esto aporta a su uso en campo como una alternativa ecológica.
- Por otro lado, evaluando las dosis de zeolita en la presente investigación se concluye que como tal no tienen una influencia directa en el cultivo, se puede evidenciar esto gracias a los resultados obtenidos en el tratamiento 7 en donde no se aplicó ningún tipo de fertilizante, se observa claramente que las dosis fluctúan y que la aplicación de biofertilizantes interactúa y complementa los resultados obtenidos en los diferentes casos.
- En cuanto al mejor tratamiento respecto al índice de costo/beneficio, el T2 (Dosis baja de zeolita + Biol) es el que obtuvo el mejor resultado con un índice de 1,18 dólares respecto a cada dólar invertido.

### **5.2. RECOMENDACIONES**

- Se recomienda a los productores de haba del cantón Montúfar utilizar dosis bajas de zeolita (1 t/ha) en combinación con biol, debido a que esta alternativa mostró la mejor relación costo-beneficio, permitiendo optimizar los recursos económicos sin comprometer el rendimiento productivo del cultivo.

- Para futuras investigaciones, se sugiere realizar ensayos de carácter multianual, con dosis distintas e implementar la interacción de biol más vermicompost, permitiendo así evaluar los efectos residuales y acumulativos de la zeolita sobre la fertilidad del suelo y el rendimiento que puedan obtener ambos biofertilizantes trabajando de manera conjunta en el cultivo, considerando principalmente la restauración edáfica a mediano y largo plazo.
- Se recomienda complementar la evaluación agronómica con análisis en laboratorio del grano, esto con el fin de identificar si la zeolita con diferentes biofertilizantes no solo influye en el rendimiento y crecimiento vegetativo, sino que también evaluar como esto incide en la calidad nutricional del grano.
- Finalmente, se recomienda directamente el uso de estas alternativas, ya que se logró identificar que estadísticamente estos tratamientos alcanzan cifras similares a las del control químico, se contribuiría así a la reducción directa de los costos de producción y de igual manera al cuidado y conservación del medio ambiente y los recursos naturales.

## VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Altieri, M. (2017). Agroecology: A brief account of its origins and currents of thought. *Agroecology and Sustainable Food Systems*.  
<https://doi.org/10.1080/21683565.2017.1407911>
- Aupas, D. (2016). Evaluación de zeolita en diferentes dosis y su efecto en cultivos [Tesis]. Repositorio UPEC.  
<https://repositorio.upec.edu.ec/bitstreams/69641e6a-8681-4180-a85d-fbea709058d3/download>. repositorio.upec.edu.ec
- Bajaña, M. (2005). Usos de las zeolitas naturales del bloque tecnológico experimental de la zeolita (BTEZ) y su efecto en el rendimiento del maíz (*Zea mays* L.). ESPOL.  
<https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/34789/1/D-65241.pdf>
- Caracuta, V., Barzilai, O., Khalaily, H., Regev, L., & Weiner, S. (2015). The onset of faba bean cultivation in the Southern Levant. *Scientific Reports*, 5, 1–6.  
<https://doi.org/10.1038/srep15599>
- Caracuta, V. & Kaufman, D., (2016). 14,000-year-old seeds indicate the Levantine origin of the lost progenitor of faba bean. *Scientific Reports*, 6, 1–7.  
<https://doi.org/10.1038/srep37399>
- Cerrato, A., Camarena, R., & Chiape, J. (1981). Descripción morfológica y manejo agronómico tradicional de Vicia faba (citado en Guanopatín Chicaiza, 2012).
- Charles, A. (2021). Biofertilizers and their role in sustainable agriculture. *Journal of Plant Nutrition*, 44(10), 1501–1515. <https://doi.org/10.1080/01904167.2020.1868029>
- Chulde, C. (2021). Evaluación del rendimiento del cultivo de haba (*Vicia faba* L.) con la aplicación de biol enriquecido con lactosuero en el Cantón Montúfar, Carchi. Universidad Politécnica Estatal del Carchi.  
<https://repositorio.upec.edu.ec/items/e029e638-3451-4aee-8346-a30c6202a199>
- Chulde, F. (2021). Evaluación del rendimiento del cultivo de haba (*Vicia faba* L.) con la aplicación de biol enriquecido con lactosuero en el cantón Montúfar - Carchi [Tesis].
- Crespón, K. (2010). Nutritional value of faba bean (*Vicia faba* L.) seeds for feed and food. *Field Crops Research*, 115(3), 329–339.  
<https://doi.org/10.1016/j.fcr.2009.09.016>
- Díaz, R. (2021). Incidencia de la aplicación de diferentes dosis de zeolita en la productividad y eficiencia de fertilización. Universidad Agraria del Ecuador.  
<https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/DIAZ%20PALACIOS%20RICARDO%20EFR%C3%89N.pdf>


- FAO. (2016). *Leguminosas de grano: manejo agronómico y cosecha*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. <https://www.fao.org/3/i5564s/i5564s.pdf>
- FAO. (2017). *The future of food and agriculture – Trends and challenges*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://www.fao.org/3/i6583e/i6583e.pdf>
- FAO. (2019). *Faba bean: agronomic importance and global production*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. <https://www.fao.org/3/i8568en.pdf>
- FAO. (2021). *The state of the world's land and water resources for food and agriculture*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. <https://www.fao.org/3/cb7654en.pdf>
- Galarraga, S. (2018). *Respuesta del fréjol (Phaseolus vulgaris L.) a fertilizantes orgánicos (vermicompost) en condiciones locales [Tesis]*. Repositorio UCE. <https://www.dspace.uce.edu.ec/bitstreams/a07697e4-35c5-4b3b-8876-80be4974cb3e/download>. dspace.uce.edu.ec
- García, M. (2022). *Zeolite application improves nutrient efficiency and growth parameters in legume crops*. *Soil Use and Management*, 38(1), 108–118. <https://doi.org/10.1111/sm.12745>
- Guamba, A. (2021). *Evaluación de tres abonos orgánicos en la producción de dos variedades de haba (Vicia faba L.) en el cantón Huaca (Tesis de licenciatura)*. Universidad Politécnica Estatal del Carchi. Recuperado de <http://repositorio.upec.edu.ec/handle/123456789/1021>
- Guanopatín, M. (2012). *Aplicación de Biol en el cultivo establecido de alfalfa*. Universidad Técnica de Ambato. Documento proporcionado por el usuario.
- Hady, M (2020). *Effect of natural zeolite and biofertilizer on soil properties and productivity of legume crops*. *Egyptian Journal of Soil Science*, 60(2), 145–158. [https://ejss.journals.ekb.eg/article\\_77057.html](https://ejss.journals.ekb.eg/article_77057.html)
- Horque, H. (2004). [Descripción morfológica y fenología de Vicia faba citada en trabajos regionales] (citado en Guanopatín Chicaiza, 2012).
- Hoseini, S. (2020). *Interactive effects of planting method and zeolite application on seed yield and leaf nutrient content of common bean under water deficit*. <https://pdfs.semanticscholar.org/bcdc/2812134839558d7d2b80ec92a7e7c81e5909.pdf>
- Jensen, E. (2010). *Intercropping of pea and barley for increased productivity and sustainability*. *Field Crops Research*, 125(2), 128–137. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2010.09.004>
- Jensen, E. (2012). *Faba bean in cropping systems*. *Field Crops Research*, 115(2), 203–216. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2011.12.004>

- Kaur, S. (2014). Molecular diversity and population structure in faba bean (*Vicia faba* L.). *Theoretical and Applied Genetics*, 127(5), 1085–1098. <https://doi.org/10.1007/s00122-014-2283-4>
- MAG. (2020). Diagnóstico del uso de fertilizantes en la agricultura familiar campesina del Ecuador. Ministerio de Agricultura y Ganadería. <https://www.agricultura.gob.ec>
- Moreno, R., López, M., & Castillo, P. (2020). Fertilidad de suelos altoandinos y su relación con el rendimiento de leguminosas. *Revista Geoespacial*, 17(3), 55–64. <https://revistageoespacial.org/2020/17-3-55>
- Mumpton, F. (1999). La roca mágica: usos de la zeolita natural en la agricultura y la industria. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 96(7), 3463–3470. <https://www.pnas.org/doi/10.1073/pnas.96.7.3463>
- O'Sullivan, D. (2016). Advances in faba bean genetics and genomics. *Frontiers in Genetics*, 7, 150. <https://doi.org/10.3389/fgene.2016.00150>
- Palacios, N. (2014). Revisión sobre zeolita como optimizador de fertilizantes [Tesis]. Repositorio UTA. <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstreams/739fcac7-f699-4a23-86a9-3aadc65fadc9/download>. Repositorio UTA
- Pérez, L. (2014). Aplicación de métodos multivariados para identificar cultivares sobresalientes de haba para el Estado de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 5(2), 264–279. <https://doi.org/10.29312/remexca.v5i2.264> (URL literal: <https://doi.org/10.29312/remexca.v5i2.264>).
- Peringueza, J. (2025). Evaluación de bioinsumos para el desarrollo y rendimiento del cultivo de haba (*Vicia faba*). Universidad Politécnica Estatal del Carchi. <https://repositorio.upec.edu.ec/items/006d9e60-92a0-4c55-8e23-3ee11d9934a0>
- Porras, M. (2020). Evaluación de la eficiencia de la adición de tres tipos de abonos orgánicos y tres dosis en el cultivo de haba (*Vicia faba* L.) en terrazas de banco. Universidad Técnica de Cotopaxi. <https://repositorio.utc.edu.ec/items/3741e111-9eca-453c-807e-c4b6de7049a6>
- Repositorio UPEC. <https://repositorio.upec.edu.ec/items/e029e638-3451-4aee-8346-a30c6202a199>. [repositorio.upec.edu.ec](https://repositorio.upec.edu.ec)
- Robinson, J. (2017). Agricultural and agrochemical uses of natural zeolite. *Chemické Listy*, 101(7), 554–565. <https://www.researchgate.net/publication/319020816>
- Rodríguez, J., Torres, A., & Lima, P. (2021). Caracterización agronómica y productiva de *Vicia faba* L. en sistemas tradicionales andinos. *Agronomía Andina*, 9(1), 1–10. <https://revistas.uandes.cl/agronomiaandina/vol9>


- Rojas, J. (2021). Efecto del agregado de zeolita y compost/vermicompost en variables de crecimiento y suelo [Tesis]. Repositorio UNAS. <https://repositorio.unas.edu.pe/bitstreams/004bbc77-598c-4607-91f2-f3d26cbaa535/download>. repositorio.unas.edu.pe
- Salazar, A. (2016). Determination of optimum plant density for faba bean (*Vicia faba* L.) on Vertisols at Haramaya, Eastern Ethiopia. *Food and Agricultura*, 2(1), 1–10.
- Salvador, P. (2023). Nutrient retention and soil improvement through zeolite in sustainable farming systems. *Applied Clay Science*, 231, 106791. <https://doi.org/10.1016/j.clay.2023.106791>
- Sánchez, R. (2020). Effects of vermicompost on soil fertility and crop productivity: A review. *Revista de Biología Tropical*, 68(4), 1160–1175. <https://doi.org/10.15517/rbt.v68i4.40904>
- Tilman, D. (2011). Global food demand and the sustainable intensification of agriculture. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(50), 20260–20264. <https://www.pnas.org/doi/10.1073/pnas.1116437108>
- Torres, A. (2018). Importancia agronómica y ambiental de *Vicia faba* en sistemas de producción sostenible. *Revista de Agroecología*, 12(1), 45–57. <https://revistas.agroecologia.org/torres2018>
- UTN. (2020). Efecto de Zeolita y vermicompost en el mejoramiento del suelo y rendimiento [Trabajo de grado]. Repositorio UTN. <https://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/10236/2/PG%20782%20TRABAJO%20GRADO.pdf>. Repositorio UTN
- Vasquez, E. (2016). Situación productiva de leguminosas en el norte del Ecuador. *Revista Ciencia y Campo*, 6(2), 23–31. <https://revistacienciaycampo.org/2019/6-2-23>
- Vessey, J. (2003). Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. *Plant and Soil*, 255(2), 571–586. <https://doi.org/10.1023/A:1026037216893>
- Vicente, Z. (2014). Estudio sobre zeolita y su efecto en el rendimiento del fréjol en Quevedo [Tesis]. Repositorio UTC. <https://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/3537/1/T-UTC-00814.pdf>.
- Viteri, P. (2019). Fertilidad de los suelos andinos y su relación con la producción agrícola en Ecuador. *Ciencias Agrícolas*, 36(2), 45–58. <https://www.researchgate.net/publication/336025429>
- Yepez, H. (2022). Comportamiento agronómico del cultivo de haba (*Vicia faba* L.) con diferentes dosis de abonos orgánicos más ácido húmico en el sector Chipe Hamburgo, cantón La Maná. Universidad Técnica de Cotopaxi. <https://repositorio.utc.edu.ec/items/fedbe983-01b6-4d8d-b71d-59aa685b7ee7>

## 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 PREDENSA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

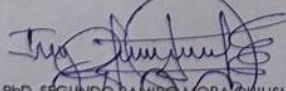
<b>ESTUDIANTE:</b> Martínez Coral Ronaldo Josue		<b>CÉDULA DE IDENTIDAD:</b> 0450209085	
<b>PERIODO ACADÉMICO:</b> 2026A		<b>DOCENTE TUTOR:</b> MSC. CARLOS DAVID HERRERA RAMIREZ	
<b>PRESIDENTE TRIBUNAL:</b> Ph.D. SEGUNDO RAMIRO MORA QUILISMAL		<b>DOCENTE:</b> MSC. JULIO JAIRO PEÑA CHAMORRO	
<b>TEMA DEL TIC:</b> "Evaluación de diferentes dosis de zeolita en combinación de biofertilizantes sobre el rendimiento del cultivo de haba (Vicia faba) variedad semí verde, en Montúfar - Carchi"			

No.	CATEGORÍA	Evaluación cuantitativa	OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES
1	PROBLEMA - OBJETIVOS	8,00	
2	FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	8,00	
3	METODOLOGÍA	8,00	Analizar la metodología y los tratamientos en estudio en el cultivo
4	RESULTADOS	8,00	Revisar las tablas de análisis económico
5	DISCUSIÓN	8,00	Mejorar la discusión de los tratamientos tratados
6	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	8,00	Las conclusiones deben concordar con los objetivos de la investigación
7	DEFENSA, ARGUMENTACIÓN Y VOCABULARIO PROFESIONAL	8,00	
8	FORMATO, ORGANIZACIÓN Y CALIDAD DE LA INFORMACIÓN	8,00	Revisar normas de redacción, faltas de ortografía y formato.

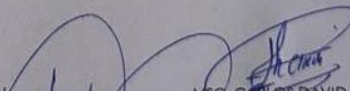
Obteniendo una nota de: **8,00** Por lo tanto, **APRUEBA** ; debiendo el o los investigadores acatar el siguiente artículo:

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.

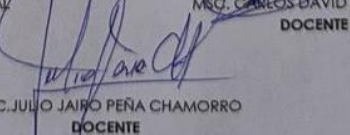
Para constancia del presente, firman en la ciudad de Tulcán el **miércoles, 21 de enero de 2026**



Ph.D. SEGUNDO RAMIRO MORA QUILISMAL  
**PRESIDENTE TRIBUNAL**



MSC. CARLOS DAVID HERRERA RAMIREZ  
**DOCENTE TUTOR**



MSC. JULIO JAIRO PEÑA CHAMORRO  
**DOCENTE**

## Anexo 2. Certificado del abstract por parte de idiomas



### UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI- FOREIGN AND NATIVE LANGUAGES CENTER

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

**Autor:** Ronaldo Josue Martínez Coral

**Fecha de recepción del abstract:** 27 de enero de 2026

**Fecha de entrega del informe:** Miércoles, 28 de enero de 2026

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 la rúbrica de evaluación de la traducción en Inglés, ésta alcanza un valor de 9; por lo cual se valida dicho trabajo.

Atentamente



MA. Martha Viveros  
RESPONSABLE CIDEN



**Figura 8.** Preparación de carteles



**Figura 9.** Parcelas rotuladas



**Figura 10.** Preparación de bioinsumos



**Figura 11.** Dosificación de bioinsumos



**Figura 12.** Aplicación (vermicompost y zeolita)



**Figura 13.** Germinación



**Figura 14.** Toma de datos (Altura)

**Figura 15.** Aplicación de biol



**Figura 16.** Control de malezas



**Figura 17.** Prácticas agrícolas



**Figura 18.** Aporque



**Figura 19.** Toma de datos (Fructificación)



**Figura 20.** toma de datos (Peso de frutos)



**Figura 21.** Cosecha



**Figura 22.** Toma de datos (rendimiento)