

UNEMI

UNIVERSIDAD ESTATAL DE MILAGRO

REPÚBLICA DEL ECUADOR

UNIVERSIDAD ESTATAL DE MILAGRO

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

FACULTAD DE POSTGRADOS

INFORME DE INVESTIGACIÓN

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:

MAGÍSTER EN BIOTECNOLOGÍA

TEMA:

EVALUACIÓN DE UN BIOESTIMULANTE DE MICORRIZAS Y EXTRACTO VEGETAL DE ORTIGA (*Urtica dioica*) PARA LA PRODUCCIÓN DE RÁBANO (*Raphanus sativus*).

Autores:

Kevin Patricio Murillo Noboa

Rony Ricardo Haro Reinoso

Director:

Maricela Carpio Arias

Milagro, 2024

Derechos de autor

Sr. Dr.

Fabricio Guevara Viejó

Rector de la Universidad Estatal de Milagro

Presente.

Nosotros, **Kevin Patricio Murillo Noboa** y **Rony Ricardo Reinoso Haro** en calidad de autores y titulares de los derechos morales y patrimoniales de este informe de investigación, mediante el presente documento, libre y voluntariamente cedo los derechos de Autor de este proyecto de desarrollo, que fue realizada como requisito previo para la obtención de mi Grado, de **Magíster en Biotecnología**, como aporte a la Línea de Investigación **Innovación Tecnológica en Procesos de Producción Agropecuaria** de conformidad con el Art. 114 del Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, concedemos a favor de la Universidad Estatal de Milagro una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos. Conservo a mi favor todos los derechos de autor sobre la obra, establecidos en la normativa citada.

Así mismo, autorizo a la Universidad Estatal de Milagro para que realice la digitalización y publicación de este Informe de Investigación en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Los autores declaran que la obra objeto de la presente autorización es original en su forma de expresión y no infringe el derecho de autor de terceros, asumiendo la responsabilidad por cualquier reclamación que pudiera presentarse por esta causa y liberando a la Universidad de toda responsabilidad.

Milagro, 29 de junio del 2024.



Firmado electrónicamente por:
KEVIN PATRICIO
MURILLO NOBOA

Kevin Patricio Murillo Noboa
0603938531



Firmado electrónicamente por:
RONY RICARDO
REINOSO HARO

Rony Ricardo Reinoso Haro
0604319632

Aprobación del director del Trabajo de Titulación

Yo, **Maricela Carpio Arias** en mi calidad de director del trabajo de titulación, elaborado por **Kevin Patricio Murillo Noboa** y **Rony Ricardo Reinoso Haro** cuyo tema es **Evaluación de un Bioestimulante de micorrizas y extracto vegetal de ortiga (*Urtica dioica*) para la producción de rábano (*Raphanus sativus*)** que aporta a la Línea de Investigación **Innovación Tecnológica en Procesos de Producción Agropecuaria** previo a la obtención del GradoMagister en Biotecnología. Trabajo de titulación que consiste en una propuesta innovadora que contiene, como mínimo, una investigación exploratoria y diagnóstica, base conceptual, conclusiones y fuentes de consulta, considero que el mismo reúne los requisitos y méritos necesarios para ser sometido a la evaluación por parte del tribunal calificador que se designe, por lo que lo **APRUEBO**, a fin de que el trabajo sea habilitado para continuar con el proceso de titulación de la alternativa de Informe de Investigación de la Universidad Estatal de Milagro.

Milagro, 29 de junio del 2024.



Maricela Carpio Arias

0940092901

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO
FACULTAD DE POSGRADO
CERTIFICACIÓN DE LA DEFENSA

El TRIBUNAL CALIFICADOR previo a la obtención del título de **MAGÍSTER EN BIOTECNOLOGÍA**, presentado por **ING. MURILLO NOBOA KEVIN PATRICIO**, otorga al presente proyecto de investigación denominado "EVALUACIÓN DE UN BIOESTIMULANTE DE MICORRIZAS Y EXTRACTO DE ORTIGA PARA LA PRODUCCIÓN DE RÁBANO", las siguientes calificaciones:

TRABAJO ESCRITO	59.33
SUSTENTACIÓN	39.33
PROMEDIO	98.67
EQUIVALENTE	Excelente



JUAN DIEGO
VALENZUELA COBOS

Ph.D. VALENZUELA COBOS JUAN DIEGO
PRESIDENTE/A DEL TRIBUNAL



ALEX EDWIN GUILLEN
BONILLA

Ing. GUILLEN BONILLA ALEX EDWIN
VOCAL



CESAR ANIBAL
BARZOLA GAIBOR

Ing. BARZOLA GAIBOR CESAR ANIBAL
SECRETARIO/A DEL TRIBUNAL

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO
FACULTAD DE POSGRADO
CERTIFICACIÓN DE LA DEFENSA

El TRIBUNAL CALIFICADOR previo a la obtención del título de **MAGÍSTER EN BIOTECNOLOGÍA**, presentado por **ING. REINOSO HARO RONY RICARDO**, otorga al presente proyecto de investigación denominado "EVALUACIÓN DE UN BIOESTIMULANTE DE MICORRIZAS Y EXTRACTO DE ORTIGA PARA LA PRODUCCIÓN DE RÁBANO", las siguientes calificaciones:

TRABAJO ESCRITO	59.33
SUSTENTACIÓN	39.00
PROMEDIO	98.33
EQUIVALENTE	Excelente



JUAN DIEGO
VALENZUELA COBOS

Ph.D. VALENZUELA COBOS JUAN DIEGO
PRESIDENTE/A DEL TRIBUNAL



ALEX EDWIN GUILLEN
BONILLA

Ing. GUILLEN BONILLA ALEX EDWIN
VOCAL



CESAR ANIBAL
BARZOLA GAIBOR

Ing. BARZOLA GAIBOR CESAR ANIBAL
SECRETARIO/A DEL TRIBUNAL

DEDICATORIA

A nuestros Padres,

Por su apoyo incondicional y sacrificios que han hecho posible nuestro camino académico, sus enseñanzas, perseverancia y esfuerzos son los pilares fundamentales de este logro.

AGRADECIMIENTOS

A nuestra tutora y cotutor

Cuya guía y sabiduría iluminaron nuestro sendero, por su pasión por la investigación han sido una fuente de inspiración constante.

Gracias por creer en nosotros no solo como investigadores sino como personas.

Con profunda gratitud y afecto.

Resumen

El rábano (*Raphanus sativus*) se presenta como un vegetal de alta demanda gracias a sus propiedades nutracéuticas y su potencial como fuente de compuestos bioactivos; sin embargo, su productividad se ve comprometida por una amplia gama de factores de estrés biótico y abiótico, siendo necesario el empleo de técnicas de innovación biotecnológica en la producción agrícola, tales como la utilización de bioestimulantes y biofertilizantes en el desarrollo de plantaciones vegetales. En el presente trabajo de titulación se evaluó un bioestimulante elaborado a partir de micorrizas y extracto vegetal de ortiga, a distintas concentraciones, mediante la comparación de los parámetros de crecimiento y producción en la plantación de rábano bajo condiciones de invernadero; demostrando que el bioestimulante a partir de extracto de ortiga al 20 % y micorrizas alcanzó un rendimiento significativo frente a los demás tratamientos, con base a las variables analizadas. Para la comparación de tratamientos se realizó un Análisis de Varianza (ANOVA) y un test de *Tukey*, con su respectivo nivel de confianza de 95 %, verificando la diferencia existente entre las medias de los tratamientos, destacando el tratamiento antes mencionado. Se recomienda replicar el presente trabajo bajo condiciones de campo abierto para analizar la influencia de las condiciones ambientales sobre la producción de rábano y otras especies vegetales.

Palabras clave: <RÁBANO (*Raphanus sativus*)>, <BIOESTIMULANTE>, <MICORRIZAS>, <ORTIGA>, <EXTRACTO VEGETAL>, <BIOTECNOLOGÍA VERDE>.

Abstract

Radish (*Raphanus sativus*) is a vegetable in high demand thanks to its nutraceutical properties and its potential as a source of bioactive compounds; however, its productivity is compromised by a wide range of biotic and abiotic stress factors, making it necessary to use biotechnological innovation techniques in agricultural production, such as the use of biostimulants and biofertilizers in the development of vegetable plantations. In the current graduation work, a biostimulant made from mycorrhizae and nettle plant extract was evaluated, at different concentrations, by comparing the growth and production parameters on a radish plantation under greenhouse conditions; demonstrating that the biostimulant from 20% nettle extract and mycorrhizae achieved a significant performance compared to the other treatments, based on the variables analyzed. For the comparison of treatments, an Analysis of Variance (ANOVA) and a Tukey test were performed, with their respective confidence level of 95%, verifying the difference between the means of the treatments, highlighting the aforementioned treatment. It is recommended to replicate this work under open field conditions to analyze the influence of environmental conditions on the production of radish and other plant species.

Keywords: <RADISH (*Raphanus sativus*)>, <BIOSTIMULANT>, <MYCORRHIZAE>, <NETTLE>, <PLANT EXTRACT>, <GREEN BIOTECHNOLOGY>.

Índice

Introducción	1
Capítulo I: El problema de la investigación	2
1.1. Planteamiento del problema	2
1.2. Delimitación del problema	3
1.3. Formulación del problema	3
1.4. Preguntas de investigación	4
1.5. Determinación del tema.....	4
1.6. Objetivo general	4
1.7. Objetivos específicos.....	4
1.8. Hipótesis.....	4
1.9. Declaración de las variables	4
1.9.1. Variables independientes	4
1.9.2. Variables dependientes	5
1.10. Justificación.....	5
1.11. Alcance y limitaciones.....	6
CAPÍTULO II: Marco teórico referencial.....	8
2.1. Antecedentes	8
2.2. Contenido teórico que fundamenta la investigación.....	9
2.2.1. Beneficios de los Bioestimulantes en la Agricultura	9
2.2.2. Bioestimulantes Micorrízicos En Diversos Cultivos	11
2.2.3. Tendencias Actuales en el Uso de Bioestimulantes Naturales en la Agricultura Sostenible	12
2.2.4. Limitaciones y Desafíos Asociados con el Uso de Bioestimulantes Micorrízicos	12
2.2.5. Composición de los Extractos de Ortiga (<i>Urtica dioica</i>).....	13
2.2.6. Beneficios Conocidos del Uso de Extractos de Ortiga en la Agricultura	14
2.2.7. Efectos Sinérgicos de Combinar Bioestimulantes Micorrízicos y Extractos de Ortiga	14
2.2.8. ANOVA	15
2.2.9. HJ BILOT	16
CAPÍTULO III: Diseño metodológico.....	17
3.1. Tipo y diseño de investigación	17
3.2. La población y la muestra	17
3.2.1. Localización.....	17
3.2.2. Condiciones Edafoclimáticas	17
3.2.3. Características de la población.....	18

3.2.4.	Delimitación de la población	18
3.2.5.	Tipo de muestra.....	18
3.2.6.	Tamaño de la muestra	18
3.2.7.	Proceso de selección de la muestra	18
3.2.8.	Los métodos y las técnicas	18
3.3.	Preparación de Extracto vegetal de ortiga (<i>Urtica dioica</i>).....	19
3.4.	Inoculación de Micorrizas	19
3.5.	Aplicación del Bioestimulante	19
3.6.	VARIABLES A EVALUAR	20
3.6.1.	VARIABLES DE CRECIMIENTO.....	20
3.6.2.	VARIABLES DE RENDIMIENTO	21
3.7.	Procesamiento estadístico de la información.	21
3.7.1.	Análisis Exploratorio de los Datos.....	21
3.7.2.	Análisis de Varianza (ANOVA)	22
3.7.3.	Análisis Exploratorio Multivariante	22
CAPÍTULO IV: Análisis e interpretación de resultados.....		24
4.1.	Análisis de los resultados	24
4.1.1.	Repetición.	24
4.1.2.	Altura de la Planta (cm).	24
4.1.3.	Número de Hojas	25
4.1.4.	Diámetro Polar del Fruto (cm).....	25
4.1.5.	Diámetro Ecuatorial del Fruto (cm).....	25
4.1.6.	Peso del Fruto (g).....	25
4.1.7.	Longitud de la Raíz (cm).	25
4.1.8.	Peso Fresco de la Raíz (g).....	25
4.1.9.	Peso Fresco de la Parte Aérea (g).	25
4.2.	ANOVA	28
4.2.1.	Principales contrastes.....	28
4.3.	Prueba Post-Hoc.....	29
4.3.1.	Resultados de la prueba de Tukey:	30
4.4.	Scree plot.....	31
4.5.	HJ BILOT	32
CAPÍTULO V: Conclusiones y Recomendaciones		34
5.1.	Conclusiones	34
5.2.	Recomendaciones.....	34
Bibliografía		36
Anexos		45

Introducción

En la agricultura moderna, donde la innovación y la sostenibilidad se entrelazan cada vez más estrechamente, el cultivo del rábano (*Raphanus sativus*) emerge como un fascinante objeto de estudio. Esta hortaliza, miembro de la familia *Brassicaceae*, ha trascendido su papel tradicional en la cocina para convertirse en un modelo que contiene muchos de los desafíos y oportunidades que enfrentamos en la producción agrícola actual.

El rábano, con su ciclo de vida corto y su adaptabilidad, ha captado la atención de los investigadores no solo por sus cualidades culinarias, sino también por su potencial como fuente de compuestos bioactivos beneficiosos para la salud. Sin embargo, como tantos otros cultivos, se enfrenta a una serie de amenazas que ponen en riesgo su productividad: desde plagas y enfermedades hasta los patrones climáticos por el cambio global.

En este contexto, la presente investigación se adentra en el campo de los bioestimulantes naturales, enfocándose específicamente en la posible sinergia entre las micorrizas y los extractos de ortiga (*Urtica dioica*). Las micorrizas, y sus fascinantes asociaciones simbióticas entre hongos del suelo y raíces vegetales, han demostrado repetidamente su capacidad para mejorar la absorción de nutrientes, influir en la expresión génica y conferir resistencia a diversos tipos de estrés en las plantas. Por otro lado, los extractos de ortiga, ricos en una compleja mezcla de metabolitos bioactivos, han mostrado efectos positivos en el crecimiento y desarrollo de varios cultivos.

La idea de combinar estos dos elementos en una única formulación bioestimulante nace de una intuición de que la naturaleza, en su infinita complejidad, a menudo ofrece soluciones más efectivas que nuestros más sofisticados productos sintéticos. Sin embargo, esta intuición debe ser rigurosamente puesta a prueba mediante el método científico.

El objetivo de la investigación va más allá de simplemente cuantificar sus efectos sobre parámetros de crecimiento y producción; se pretende identificar los mecanismos que explican su acción promotora del crecimiento vegetal. Este enfoque integral permitirá, no solo desarrollar una herramienta práctica para los agricultores, sino también profundizar la comprensión de las complejas interacciones entre plantas, microorganismos y metabolitos vegetales.

Capítulo I: El problema de la investigación

1.1. Planteamiento del problema

El rábano (*Raphanus sativus L.*) es una hortaliza de la familia *Brassicaceae* que ha adquirido una relevancia significativa en la producción agrícola (Solis et al., 2023). Más allá de su tradicional papel como alimento, este vegetal ha experimentado un aumento en su demanda gracias a sus reconocidas propiedades nutraceuticas (González-Palomares, 2020), su potencial como fuente de compuestos bioactivos y su sabor distintivo, lo que lo convierte en un cultivo de gran importancia en la dieta humana (Saha et al., 2023).

No obstante, la productividad óptima de este cultivo se ve frecuentemente comprometida por una amplia gama de factores de estrés biótico y abiótico, tales como plagas, enfermedades, sequía, salinidad, temperaturas extremas, entre otros. Esta situación amenaza la sostenibilidad de su producción y ha impulsado la búsqueda de soluciones innovadoras que permitan mitigar estos desafíos y maximizar el rendimiento y la calidad del rábano de manera respetuosa con el medio ambiente (Taladrid & Espinosa, 2020).

El empleo de bioestimulantes derivados de fuentes naturales ha emergido como una estrategia prometedora para potenciar el crecimiento y el vigor de las plantas, al tiempo que se reduce la dependencia de insumos químicos sintéticos (Colla et al., 2015). Dentro de este ámbito, las micorrizas, asociaciones simbióticas entre hongos del suelo y las raíces vegetales, han demostrado su capacidad para modular positivamente diversos procesos fisiológicos y metabólicos en las plantas hospederas, incrementando la absorción de nutrientes y agua, modulando la expresión génica, mejorando la tolerancia a estreses abióticos y confiriendo una mayor resistencia a patógenos (Barea et al., 2011)

Paralelamente, los extractos de plantas ricas en metabolitos bioactivos, como la ortiga (*Urtica dioica*), han exhibido efectos beneficiosos en el crecimiento y desarrollo de diversos cultivos, atribuidos a su riqueza en compuestos tales como polifenoles, ácidos orgánicos, fitohormonas y aminoácidos. Estos extractos han demostrado la capacidad de modular rutas metabólicas clave, estimular la actividad enzimática antioxidante y fortalecer los mecanismos de defensa de las plantas frente a condiciones de estrés (Castillo & Rodriguez, 2014)

Si bien los efectos beneficiosos de las micorrizas y los extractos de ortiga han sido documentados de forma individual en diversos cultivos, la evaluación de formulaciones que combinen ambos componentes representa un área de investigación aún inexplorada. Sin embargo, para aprovechar al máximo las ventajas de esta estrategia biotecnológica, es imperativo determinar las concentraciones óptimas y proporciones adecuadas de los componentes del bioestimulante, así como comprender los mecanismos implicados en la respuesta del cultivo. A través de este estudio será posible desarrollar un producto eficaz y que contribuya a incrementar de manera sostenible la producción de rábano.

1.2. Delimitación del problema

Existen importantes limitaciones que deben ser abordadas para lograr una adopción exitosa de los bioestimulantes en la producción comercial de rábano. Una de las principales restricciones radica en la falta de información específica sobre las formulaciones óptimas y los mecanismos de acción involucrados cuando se combinan diferentes tipos de bioestimulantes naturales.

Si bien las micorrizas y los extractos vegetales han sido ampliamente estudiados de manera individual, la evaluación de sus efectos sinérgicos en un cultivo determinado constituye un desafío de gran relevancia. Cada especie vegetal puede responder de forma distinta a la interacción de estos compuestos, lo que dificulta la extrapolación directa de resultados obtenidos en otros sistemas.

Existe una importante brecha de conocimiento en cuanto a las concentraciones y proporciones adecuadas de los componentes bioactivos presentes en los bioestimulantes complejos. Dosis excesivas o desequilibradas podrían conducir a efectos adversos.

Cabe destacar que esta investigación se limitará al empleo de esporas y extractos específicos, seleccionados en función de su potencial bioestimulante y accesibilidad comercial. Asimismo, se enfocará en una variedad de rábano ampliamente cultivada en la provincia de Chimborazo, con el objetivo de maximizar la relevancia y aplicabilidad de los resultados obtenidos en el contexto agrícola local.

1.3. Formulación del problema

Si bien el uso de bioestimulantes derivados de fuentes naturales ha ganado creciente interés, persisten importantes interrogantes respecto a su formulación óptima y los mecanismos

subyacentes a su acción promotora del crecimiento vegetal.

Ante esta situación, surge la interrogante que debe ser abordada de manera sistemática y rigurosa ¿Cuáles son las concentraciones y proporciones óptimas de micorrizas y extracto de ortiga que maximizan el crecimiento y la productividad del rábano?

1.4. Preguntas de investigación

¿Cuál es el efecto del bioestimulante compuesto por micorrizas y extracto de ortiga sobre los parámetros de crecimiento y producción del rábano en comparación con un cultivo control sin tratamientos?

¿Existen diferencias significativas en las variables al emplear diversas concentraciones y proporciones del bioestimulante compuesto por micorrizas y extracto de ortiga?

1.5. Determinación del tema

Evaluación de un bioestimulante de micorrizas y extracto vegetal de ortiga (*Urtica dioica*) para la producción de rábano (*Raphanus sativus*).

1.6. Objetivo general

- Evaluar la efectividad de un bioestimulante elaborado a partir de micorrizas y extracto vegetal de ortiga (*Urtica dioica*) en la producción de rábano (*Raphanus sativus*).

1.7. Objetivos específicos

- Elaborar el bioestimulante con micorrizas y extracto de ortiga.
- Medir las variables de crecimiento y producción de las plántulas de rábano tratadas con el bioestimulante seleccionado
- Analizar la variabilidad en las respuestas del rábano a diferentes concentraciones y combinaciones del extracto vegetal y micorrizas.

1.8. Hipótesis

El bioestimulante compuesto por una concentración de extracto vegetal de ortiga y micorrizas aumentará significativamente las variables de crecimiento y producción en comparación con el cultivo sin tratamiento

1.9. Declaración de las variables

1.9.1. Variables independientes

- Concentración del extracto de ortiga: Masa de materia vegetal por Litros de agua (kg/L)
- Concentración de inoculo de micorrizas: Masa de micorriza en polvo por litro de agua

(g/L)

1.9.2. Variables dependientes

- Altura de la planta (cm)
- Número de hojas
- Diámetro polar del fruto (cm)
- Diámetro ecuatorial del fruto (cm)
- Peso del fruto (g)
- Longitud de la raíz (cm)
- Peso fresco de la raíz (g)
- Peso fresco de la parte aérea (g)

1.10. Justificación

La presente investigación resulta conveniente y pertinente debido a la creciente demanda de alternativas sostenibles que permitan incrementar la productividad de cultivos de importancia alimentaria, como el rábano (*Raphanus sativus*), sin comprometer el equilibrio ambiental ni la salud de los consumidores. El desarrollo de estrategias biotecnológicas respetuosas con el medio ambiente representa un área prioritaria en la investigación agrícola moderna, con el fin de garantizar la seguridad alimentaria y la preservación de los recursos naturales.

En este contexto, el empleo de bioestimulantes derivados de fuentes naturales ha emergido como una estrategia prometedora (Du Jardin, 2015). Sin embargo, la combinación sinérgica de diferentes tipos de bioestimulantes, como las micorrizas y los extractos vegetales ricos en metabolitos bioactivos, representa un área de investigación relativamente inexplorada que podría aportar soluciones innovadoras para potenciar el crecimiento y la productividad de los cultivos.

Esta investigación aporta un enfoque novedoso al evaluar los efectos de un bioestimulante compuesto por micorrizas y extracto de ortiga en el cultivo de rábano, contribuyendo a llenar los vacíos de conocimiento existentes en torno a las concentraciones óptimas, las proporciones adecuadas y los mecanismos fisiológicos y bioquímicos subyacentes a su acción sinérgica. Asimismo, la comprensión de los modos de acción de los bioestimulantes es fundamental para

el desarrollo de estrategias agrícolas sostenibles para ayudar a mitigar los efectos sobre el ambiente

Los beneficios potenciales de esta investigación son múltiples. En primera instancia, el desarrollo de un bioestimulante eficaz y optimizado podría traducirse en un aumento significativo en el rendimiento y la calidad del cultivo de rábano, lo que representaría un impacto económico positivo para los productores. Adicionalmente, al tratarse de una formulación natural y biodegradable, su implementación reduciría la dependencia de insumos químicos sintéticos, minimizando el impacto ambiental de la actividad agrícola y promoviendo la transición hacia un modelo de producción más sostenible (Yakhin et al., 2017)

Los beneficiarios directos de esta investigación serían los productores de rábano, quienes podrían aprovechar los hallazgos para optimizar sus rendimientos y mejorar su competitividad en el mercado. De igual manera, los consumidores se verían favorecidos al tener acceso a un producto de mayor calidad y obtenido mediante prácticas agrícolas más respetuosas con el medio ambiente. Finalmente, los resultados de este estudio contribuirían al avance del conocimiento científico en el campo de la biología vegetal y la biotecnología agrícola, sentando las bases para futuras investigaciones y aplicaciones en otros cultivos de importancia económica.

1.11. Alcance y limitaciones

El alcance de la presente investigación se centra en la evaluación de un bioestimulante compuesto por micorrizas y extracto vegetal de ortiga para su aplicación en el cultivo de rábano y podría tener las siguientes limitaciones

En primer lugar, el enfoque se basa en una variedad comercial de rábano ampliamente cultivada en la región, lo que podría limitar la extrapolación directa de los hallazgos a otras variedades de esta especie.

Asimismo, el estudio se llevará a cabo bajo condiciones controladas de invernadero, lo que implica que los efectos observados podrían variar en entornos de campo abierto, donde intervienen factores ambientales adicionales.

Otra limitación relevante radica en la especificidad de las cepas de micorrizas y el extracto de ortiga empleados. Si bien se seleccionarán insumos con un potencial bioestimulante

comprobado, es posible que otros aislados fúngicos o fuentes vegetales puedan exhibir efectos diferentes sobre el crecimiento y la productividad del rábano.

Finalmente, cabe mencionar que el estudio se enmarca dentro de un proyecto de investigación con recursos y plazos definidos, lo que podría restringir el alcance de ciertos ensayos o análisis complementarios que podrían brindar información adicional valiosa.

CAPÍTULO II: Marco teórico referencial

2.1. Antecedentes

Los bioestimulantes se definen como sustancias o microorganismos aplicados a las plantas o al suelo para mejorar el vigor, el rendimiento y la calidad de los cultivos, independientemente de su contenido en nutrientes. Según la *European Biostimulants Industry Council* (EBIC), los bioestimulantes incluyen productos que "estimulan los procesos naturales para mejorar o beneficiar la absorción de nutrientes, la eficiencia de los nutrientes, la tolerancia al estrés abiótico y la calidad del cultivo" (Malusá & Vassilev, 2014; Tahiri et al., 2014).

Además, los sistemas de cultivo sin suelo representan una alternativa viable a la agricultura tradicional, permitiendo la reducción del uso de agua y la formulación precisa de soluciones nutritivas para maximizar el rendimiento y la calidad de los productos (Tomasi et al., 2015). Esta capacidad de personalización incluye la adición de bioestimulantes y la biofortificación con micronutrientes, lo cual es crucial para la sostenibilidad agrícola (Ajeng et al., 2024). No se ha informado sobre la síntesis de estos dos bioestimulantes, aunque cada uno de los bioestimulantes micorrízicos y extractos de ortiga ha mostrado un efecto beneficioso independiente en diferentes cultivos, incluido el rábano.

Esta investigación implica revisar la situación actual de las prácticas agrícolas sostenibles, así como analizar bioestimulantes micorrízicos y extractos de ortiga. Hacemos esto analizando sus niveles de efectividad y sostenibilidad cuando los comparamos con otros bioestimulantes, un estudio que suma su voz a las discusiones ya existentes sobre el uso de bioestimulantes naturales para prácticas agrícolas más efectivas y respetuosas con el medio ambiente que tienen lugar dentro de su contexto natural (Xavier & Boyetchko, 2002).

Los vacíos que se vislumbran en estudios previos son señales para profundizar en este ámbito; nos invitan con indicaciones sobre caminos inexplorados para el cultivo sostenible de bioestimulantes agrícolas (Sun & Shahrajabian, 2023). Los bioestimulantes han emergido como una tecnología innovadora y prometedora en la agricultura moderna debido a su capacidad para mejorar el crecimiento de las plantas y la productividad de los cultivos de manera sostenible (du Jardin, 2015). Estos productos, que incluyen extractos de plantas, microorganismos beneficiosos y sustancias naturales, no son fertilizantes tradicionales ni

pesticidas, sino que actúan sobre la fisiología de las plantas para aumentar su eficiencia en el uso de nutrientes y su resistencia al estrés abiótico y biótico (Xu et al., 2024; Zhang et al., 2024).

Los bioestimulantes actúan a través de varios mecanismos que incluyen la mejora de la eficiencia de los nutrientes, la promoción del crecimiento vegetal y el aumento de la tolerancia al estrés. Por ejemplo, Tahiri et al. (2014) compararon sustancias húmicas extraídas de lixiviados de vertederos con una formulación estable de HS llamada "Humifirst" y encontraron que el tratamiento de brotes con una baja concentración de lixiviado de HS durante la fase de elongación de enraizamiento afectó la formación de raíces laterales. Esta investigación destaca cómo los bioestimulantes pueden influir en el desarrollo de las raíces, lo cual es crucial para la absorción de nutrientes y el crecimiento general de las plantas (Vultaggio et al., 2024).

Además, la investigación, producción y uso de microorganismos para mejorar la nutrición de las plantas han llevado a una definición inconsistente del término "biofertilizante", y propusieron una definición que distingue estos productos de los bioestimulantes y otros fertilizantes (Malusá & Vassilev, 2014). Los biofertilizantes se definen por su uso de microorganismos con propiedades multifuncionales, destacando la importancia de los microorganismos en la mejora de la nutrición de las plantas y la promoción del crecimiento (Saini et al., 2024).

2.2. Contenido teórico que fundamenta la investigación

2.2.1. Beneficios de los Bioestimulantes en la Agricultura

Un bioestimulante es un material orgánico que, cuando se aplica en pequeñas cantidades, mejora el crecimiento y desarrollo de las plantas de una manera que no puede atribuirse a la aplicación de nutrientes tradicionales (Sharma et al., 2014). Este estudio resume los componentes biológicamente activos de las macroalgas marrones y examina los factores que apoyan el uso de bioestimulantes derivados de macroalgas para manejar el estrés abiótico y biótico en las plantas (Michalak et al., 2016). Los beneficios reportados incluyen un mejor enraizamiento, mayores rendimientos de cultivos y frutas, tolerancia a la sequía y la sal, y una mayor actividad fotosintética (Neveux et al., 2020).

En su revisión, Calvo et al., (2014) describen las definiciones emergentes de bioestimulantes y revisan la literatura sobre cinco categorías de bioestimulantes: inoculantes microbianos, ácidos húmicos, ácidos fúlvicos, hidrolizados de proteínas y aminoácidos, y extractos de algas marinas. Los resultados indican que hay una creciente evidencia científica que respalda el uso de bioestimulantes como insumos agrícolas en diversas especies vegetales, destacando el crecimiento de las raíces, la mejora en la absorción de nutrientes y la tolerancia al estrés.

Los desafíos que enfrenta la producción agrícola moderna, tales como la creciente demanda de alimentos y productos vegetales debido al aumento rápido de la población mundial y el impacto adverso de las condiciones estresantes causadas por la actividad humana. Los bioestimulantes, siendo productos relativamente novedosos, tienen un efecto positivo en los procesos vitales de las plantas, y su impacto es más notable en situaciones de estrés. Este estudio proporciona información sobre el mecanismo de acción de un bioestimulante basado en nitrofenolatos, *Atonik*, en especies modelo y cultivos de importancia económica, tanto en campo abierto como en condiciones controladas (Przybysz et al., 2014).

Los resultados de la investigación han revelado que los bioestimulantes formulados con microorganismos y otros materiales mejoran significativamente el crecimiento, el desarrollo y la adaptación de las plantas al estrés abiótico. Los productos a base de *Trichoderma* se destacan en el control de hongos patógenos y al mismo tiempo estimulan el crecimiento de las raíces al liberar auxinas y otros metabolitos en el punto de contacto (López-Bucio et al., 2015). Asimismo, el uso de aminoácidos y metanol como bioestimulantes en plantas medicinales ha mostrado resultados positivos en el tomillo tanto cualitativa como cuantitativamente. Esto implica que un enfoque integrado de estos estimulantes puede conducir a un menor uso de fertilizantes químicos, promoviendo la agricultura sostenible (Badi et al., 2015). Por el contrario, se ha señalado que es beneficioso combinar microorganismos beneficiosos con compuestos naturales activos, ya que esta doble acción sirve para fomentar una mejor relación planta-microorganismo y garantizar que haya más nutrientes disponibles en el suelo (Vassilev et al., 2015). Considere las vides: el extracto de *Ascophyllum nodosum* mejora la conductancia estomática y la termorregulación de las hojas, lo que ayuda a la recuperación después de los períodos de estrés (Tombesi et al., 2021). De manera similar, la preparación de semillas con nanopartículas micógenas de selenio demuestra una resistencia sustancial contra el tizón tardío del tomate (Joshi et al., 2021).

Se ha subrayado el potencial de los compuestos bioestimulantes de origen marino, en particular los productos nanotecnológicos diseñados con polisacáridos de algas (Munaro et al., 2024; Shahrajabian et al., 2021) revisaron los efectos de la quitina y el quitosano en los cultivos hortícolas, destacando su capacidad para promover la conductancia estomática, reducir la transpiración y mejorar la liberación lenta de nutrientes en fertilizantes. La aplicación de rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPR) en la mejora de la salud del suelo y las plantas bajo condiciones de estrés, señala los desafíos para su comercialización debido a la variabilidad en el rendimiento y la vida útil limitada (Sarker et al., 2021). Por último, pero no menos importante, la fisiología de la planta de calabacín se ha mejorado enormemente con la formulación de fosfitos más *Trichoderma harzianum* (Formisano et al., 2021).

2.2.2. Bioestimulantes Micorrízicos En Diversos Cultivos

Los beneficios documentados de los bioestimulantes micorrízicos en diversos cultivos son múltiples y mejoran significativamente el desempeño agronómico a través de varios mecanismos. Una de las principales ventajas de la simbiosis micorrízica es la mejora de la absorción de agua y nutrientes, lo que contribuye directamente a mayores rendimientos de los cultivos y productos de mejor calidad. Esta relación no sólo mejora los parámetros de crecimiento, sino que también fortalece los cultivos contra los factores estresantes ambientales, promoviendo así la resiliencia general. Por ejemplo, la aplicación de hongos micorrízicos arbusculares (AMF) en cultivos de alto valor en América Latina, como frutas y productos hortícolas, ha demostrado mejoras tanto en el rendimiento como en la calidad del producto final (Chen et al., 2018).

El uso de bioestimulantes como las micorrizas en cultivos como el calabacín también ha mostrado una notable reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero, indicando su potencial para prácticas agrícolas sostenibles (Herath et al., 2024). Para aprovechar plenamente estos beneficios, es esencial adoptar un enfoque técnico-científico que implique una cuidadosa selección de bioestimulantes adaptados a las condiciones y objetivos específicos del sitio, respaldados por rigurosos ensayos agronómicos (Wahab et al., 2023). Este método garantiza que los bioestimulantes se establezcan eficazmente y se maximicen sus efectos positivos en las características del cultivo, confirmando así la indispensable integración de bioestimulantes micorrízicos en los sistemas agrícolas modernos. Los bioestimulantes micorrízicos no solo mejoran el rendimiento y la calidad de los cultivos, sino que también contribuyen a la

sostenibilidad agrícola al reducir la dependencia de fertilizantes químicos y mitigar el impacto ambiental negativo.

2.2.3. Tendencias Actuales en el Uso de Bioestimulantes Naturales en la Agricultura Sostenible

La incorporación de bioestimulantes naturales a la agricultura sostenible es una tendencia importante que busca abordar preocupaciones tanto ambientales como de productividad agrícola. Los bioestimulantes naturales, como extractos de algas, sustancias húmicas y microorganismos beneficiosos, mejoran el crecimiento y la resiliencia de las plantas al optimizar la absorción de nutrientes, la tolerancia al estrés y la salud del suelo. Estas prácticas son esenciales en la investigación e innovación agrícola actual, que busca aumentar la producción minimizando el impacto ambiental (Rouphael & Colla, 2018; Hamid et al., 2021; Mannino, 2023).

En regiones como América Latina y España, se ha investigado el uso de desechos agrícolas como bioestimulantes, destacando el beneficio dual de reducir desechos y mejorar el rendimiento de los cultivos. En Colombia, por ejemplo, la industria del café ha adoptado métodos de producción sostenibles que enfatizan la competitividad (Yakhin et al., 2017). Además, la integración de bioestimulantes puede reducir significativamente la dependencia de fertilizantes y pesticidas químicos, promoviendo una agricultura más ecológica (Zaini et al., 2023).

Los extractos de algas, como el de *Ascophyllum nodosum*, han demostrado ser efectivos en la mejora de la tolerancia al estrés hídrico y salino en diversos cultivos, aumentando la productividad y la calidad del producto final. Las sustancias húmicas y fúlvicas mejoran la estructura del suelo y facilitan la disponibilidad de nutrientes esenciales, mientras que los microorganismos beneficiosos, como las micorrizas y las bacterias promotoras del crecimiento, fortalecen las raíces y mejoran la absorción de nutrientes (Colla et al., 2017; Sun & Shahrajabian, 2023).

2.2.4. Limitaciones y Desafíos Asociados con el Uso de Bioestimulantes Micorrícicos

A pesar de los prometedores beneficios de los bioestimulantes micorrícicos, existen varias

limitaciones y desafíos que obstaculizan su adopción generalizada en la agricultura. Un desafío importante es la alta presión de enfermedades causadas por patógenos como *Fusarium oxysporum*, que puede tener consecuencias devastadoras como el abandono de huertos afectados y la reubicación de cultivos (Xavier & Boyetchko, 2002). Aunque las micorrizas pueden actuar como bioprotectores, su eficacia puede variar según las condiciones ambientales y el cultivo específico (Sychta et al., 2018; Zheng et al., 2023).

La adopción de bioestimulantes micorrícicos también se enfrenta a restricciones y regulaciones que complican su uso para los productores. En la Unión Europea, por ejemplo, la falta de marcos regulatorios estandarizados para los bioestimulantes ha llevado a una implementación desigual de estos productos. Estas limitaciones resaltan la necesidad de estudios integrales para optimizar las condiciones de uso de los bioestimulantes micorrícicos, asegurando tanto la sostenibilidad ambiental como la viabilidad económica.

Los desafíos también incluyen la variabilidad en la calidad de los productos comercializados y la falta de información técnica disponible para los agricultores sobre cómo aplicar adecuadamente estos bioestimulantes. Además, las interacciones complejas entre los microorganismos del suelo y las plantas pueden influir en la eficacia de las micorrizas, lo que requiere más investigación para entender y optimizar estas relaciones (Win et al., 2018).

2.2.5. Composición de los Extractos de Ortiga (*Urtica dioica*)

Los extractos de ortiga (*Urtica dioica*) están diseñados específicamente para maximizar sus beneficios naturales sin la inclusión de aditivos artificiales. El extracto es una solución hidroglicerizada derivada de las hojas de la planta de ortiga, destacando su pureza y eficacia. Cabe destacar que la composición no incluye conservantes ni propilenglicol, lo que garantiza que el extracto permanezca lo más natural posible (Yakhin et al., 2017; Rashid et al., 2021). Esta ausencia de componentes artificiales hace que el extracto de ortiga sea un ingrediente favorable para diversas aplicaciones cosméticas y medicinales.

Las propiedades antimicrobianas y purificantes del extracto de ortiga lo hacen particularmente eficaz para combatir la caspa y promover la salud del cuero cabelludo, aportando brillo y frescura al cabello. Además, sus cualidades antisépticas aumentan aún más su valor en productos para el cuidado de la piel, donde puede ayudar a mantener la higiene de la piel y prevenir infecciones.

2.2.6. Beneficios Conocidos del Uso de Extractos de Ortiga en la Agricultura

Además de los beneficios que ofrecen los bioestimulantes micorrícicos, los extractos de ortiga se han convertido en una herramienta valiosa en la agricultura sostenible debido a sus propiedades multifacéticas. Los extractos de ortiga son conocidos por sus efectos reconstituyentes y remineralizantes, que pueden mejorar la salud del suelo y promover un crecimiento robusto de las plantas. Estos extractos contienen una variedad de minerales y nutrientes que pueden reponer los suelos agotados, lo que genera cultivos más saludables y mayores rendimientos. Las propiedades astringentes de las raíces de ortiga desempeñan un papel crucial en el fortalecimiento de los tejidos vegetales, mejorando así su resistencia a plagas y enfermedades (DAR et al., 2012; Maričić et al., 2021).

Esta fortificación natural reduce la dependencia de pesticidas químicos, fomentando así una práctica agrícola más ecológica. Además, las propiedades antiinflamatorias de las raíces de ortiga contribuyen a mitigar el estrés de las plantas, que puede ser inducido por diversos factores ambientales. Al inhibir la síntesis de leucotrienos mediante la acción de la 5-lipoxigenasa, los extractos de ortiga también ayudan a reducir los daños relacionados con la inflamación en las plantas (Farag et al., 2013; Maričić et al., 2021). Estos beneficios subrayan colectivamente el potencial de los extractos de ortiga para mejorar la resiliencia y la productividad de los cultivos y, al mismo tiempo, alinearse con los principios de la agricultura sostenible. La integración de extractos de ortiga en las prácticas agrícolas no solo respalda la salud de las plantas, sino que también promueve un enfoque de la agricultura más sostenible y ambientalmente consciente.

2.2.7. Efectos Sinérgicos de Combinar Bioestimulantes Micorrícicos y Extractos de Ortiga

La combinación de bioestimulantes de micorrizas y extractos de ortiga presenta una sinergia prometedora que puede mejorar significativamente la salud y la productividad de las plantas. Uno de los beneficios más notables de esta combinación es su efecto preventivo contra el mildiú, una enfermedad común y a menudo devastadora en las plantas (Ertani et al., 2017; Ali et al., 2022). Al aprovechar las propiedades naturales de ambos componentes, las plantas pueden desarrollar un mecanismo de defensa más sólido. Además, la compatibilidad del bioestimulante de ortiga con otros fertilizantes y productos fitosanitarios permite una integración perfecta en las prácticas agrícolas existentes, garantizando que los agricultores

puedan adoptar esta combinación sin alterar su régimen actual. La versatilidad del bioestimulante de ortiga al mezclarlo con la mayoría de los extractos de plantas abre más posibilidades para crear mezclas de bioestimulantes personalizadas que aborden las necesidades específicas de las plantas (Ertani et al., 2017).

Para maximizar la eficacia de esta combinación contra los ataques de mildiú, es esencial incorporar otros extractos de plantas o productos cúpricos, que pueden proporcionar una capa adicional de protección y mejorar la resistencia general de las plantas. El uso estratégico de bioestimulantes de micorrizas y extractos de ortiga, complementados con otros agentes de apoyo, representa un enfoque holístico para la agricultura sostenible que puede conducir a cultivos más saludables y sistemas agrícolas más resilientes (Pereira et al., 2021; Daouti et al., 2024).

Estudios anteriores han investigado exhaustivamente el uso combinado de bioestimulantes como la ortiga y los hongos micorrízicos, revelando sinergias significativas que mejoran la salud y la productividad de las plantas. Específicamente, se ha descubierto que la ortiga no solo estimula y regula el crecimiento de las plantas, sino que también actúa como un eficaz repelente de insectos, reduciendo la necesidad de pesticidas químicos (Godlewska et al., 2020). Esta doble funcionalidad de la ortiga, como promotor del crecimiento y disuasivo de plagas, complementa los efectos beneficiosos de los hongos micorrízicos, que mejoran la absorción de nutrientes y la salud del suelo.

La integración de estos bioestimulantes puede dar como resultado prácticas agrícolas más sostenibles al promover la aplicación de estrategias de manejo integrado de plagas y reducir la dependencia de productos químicos sintéticos (Szpunar-Krok et al., 2022). Se ha demostrado que las propiedades insecticidas de la ortiga son particularmente efectivas contra plagas comunes como pulgones y moscas blancas, lo que respalda aún más su papel en los sistemas de manejo integrado de plagas. La aplicación combinada de estos bioestimulantes representa un enfoque prometedor para mejorar la resiliencia y la sostenibilidad de los cultivos, lo que enfatiza la necesidad de continuar con la investigación y el desarrollo en esta área (Godlewska et al., 2021).

2.2.8. ANOVA

El análisis de varianza (ANOVA) es un método estadístico empleado para discernir la

diferencia de medias entre tres o más grupos independientes y determinar que una de las medias del grupo, al menos, no es significativamente idéntica a las demás. Este enfoque se basa en descomponer la variabilidad total de los datos en componentes distintos que surgen de diversas fuentes de variabilidad. Esto nos ayuda a juzgar si las diferencias observadas entre las medias de los grupos son más significativas de lo que normalmente produciría la aleatoriedad. Profundiza en la conexión entre la variabilidad intragrupo y la variabilidad intergrupala. Cuando este último supera al primero por un margen notable, indica diferencias notables entre los medios del grupo. ANOVA utiliza la prueba F para determinar la significancia estadística relacionada con estas distinciones. El procedimiento estadístico, conocido como Análisis de Varianza (ANOVA), se puede expresar matemáticamente (Hobbs et al., 2024).

2.2.9. HJ BILOT

La técnica gráfica denominada *HJ Biplot* fue propuesta por Galindo en 1986. Es un método visual que logra una fidelidad óptima tanto para filas como para columnas mediante factorización. Este método goza de gran aceptación entre los profesionales debido a sus fuertes características, sin mencionar que la ubicación de las filas, columnas y sus relaciones se pueden interpretar de manera similar al Análisis de Correspondencia. (Galindo y Cuadras, 1986).

El *HJ Biplot* presenta observaciones y variables simultáneamente en el mismo espacio de la trama para que pueda discernir visualmente cómo se relacionan entre sí. Los dos primeros componentes principales del PCA representan la mayor parte de la variación de los datos. Esto permite un reconocimiento rápido de patrones entre puntos de datos, mientras que las distancias entre ellos indican similitudes o diferencias y los ángulos de los vectores muestran señales de correlación.

CAPÍTULO III: Diseño metodológico

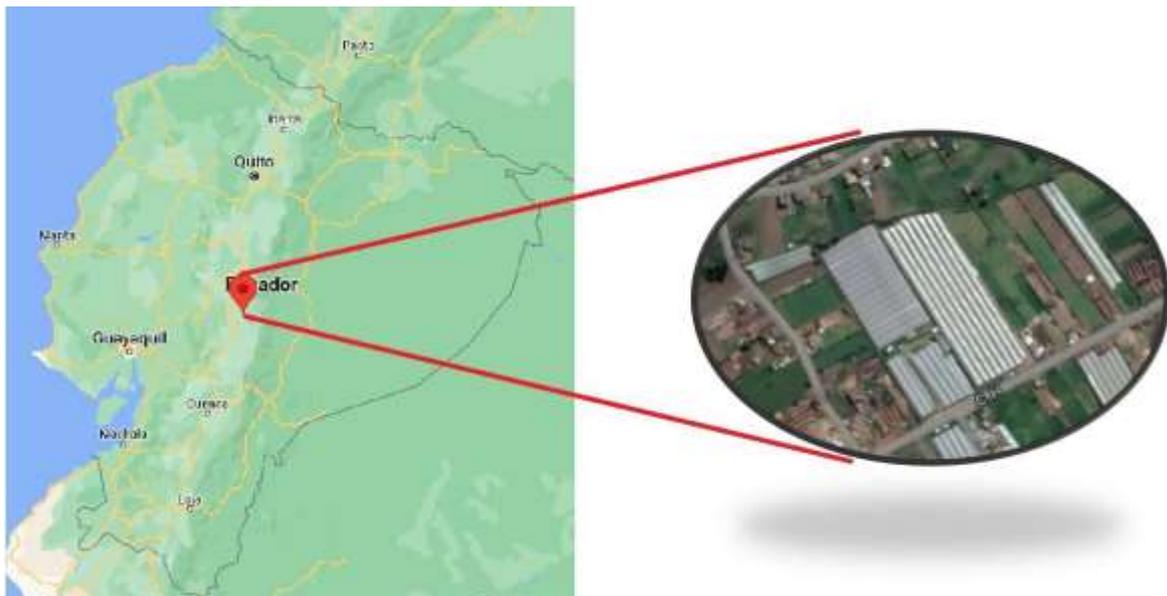
3.1. Tipo y diseño de investigación

La presente investigación es de carácter cuantitativo, puesto que las variables serán sometidas a un análisis estadístico; correlacional, ya que los tratamientos a aplicar serán comparados; y, experimental, debido a que existe la manipulación de variables independientes y dependientes durante la aplicación de los tratamientos.

3.2. La población y la muestra

3.2.1. Localización:

El presente estudio se llevó a cabo en un invernadero ubicado en el sector denominado El Quinto, perteneciente a la parroquia Matriz del cantón Chambo, provincia de Chimborazo, Ecuador. El sitio seleccionado se encuentra a una altitud de 2570 metros sobre el nivel del mar, con coordenadas geográficas de $1^{\circ}10'29''$ de latitud Sur y $78^{\circ}34'95''$ de longitud Oeste.



3.2.2. Condiciones Edafoclimáticas:

Las principales variables climáticas del cantón Chambo, provincia de Chimborazo se detallan en la tabla 1, los datos son tomados del último plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDYOT) del Cantón.

Tabla 1. Variables Edafoclimáticas del cantón Chambo.

VARIABLE	CARACTERÍSTICA
Altitud	2400 a 4730 msnm
Temperatura	0 – 15°C
Precipitación	700 a 1500 mm
Tipo de suelo	Andisoles 76.51%

Secretaría Nacional de Planificación. 2019.

3.2.3. Características de la población

La población objeto de estudio estará constituida por plantas de rábano (*Raphanus sativus*) pertenecientes a una variedad comercial de amplia difusión en la región. Se seleccionará una variedad con características agronómicas deseables, tales como un ciclo de cultivo relativamente corto, resistencia a enfermedades comunes y adaptabilidad a las condiciones Edafoclimáticas locales.

3.2.4. Delimitación de la población

La población se delimitará a plantas de rábano cultivadas en condiciones controladas de invernadero, con el fin de minimizar la influencia de factores ambientales externos que puedan interferir en los resultados del experimento. El invernadero estará equipado con sistemas de control de temperatura, humedad y riego, lo que permitirá mantener condiciones óptimas y homogéneas para el desarrollo del cultivo.

3.2.5. Tipo de muestra

Se utilizará un muestreo aleatorio para seleccionar las unidades experimentales (plantas de rábano) que conformarán los diferentes tratamientos y repeticiones.

3.2.6. Tamaño de la muestra

El tamaño de la muestra vendrá determinado por 4 tratamientos con 17 repeticiones cada uno, sumando un total de 68 plantas.

3.2.7. Proceso de selección de la muestra

Se procederá a la selección aleatoria de las unidades experimentales (plantas de rábano) que conformarán cada tratamiento y repetición.

3.2.8. Los métodos y las técnicas

La investigación se llevó a cabo en un invernadero, donde se preparó las camas para los 4 tratamientos. Se sembró rábano, con una distancia de siembra de 0.15 m entre planta.

3.3. Preparación de Extracto vegetal de ortiga (*Urtica dioica*)

La obtención del extracto vegetal de ortiga (*Urtica dioica*) se llevó a cabo mediante un protocolo estandarizado de maceración y fermentación, siguiendo las directrices establecidas por (Quishpe, 2019) y la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER, 2020).

En primera instancia, se recolectaron cuidadosamente dos kilogramos de material vegetal fresco, seleccionando minuciosamente las plantas con tallos y hojas en óptimas condiciones, descartando cualquier presencia de impurezas o material indeseable, posteriormente, se procedió a la etapa de maceración, sumergiendo la totalidad del material vegetal seleccionado en un volumen de 20 litros de agua libre de cloro. Esta mezcla se dejó reposar en un contenedor opaco, a temperatura ambiente, durante un período de 14 días, asegurando una agitación y homogeneización diaria mediante el removido y mezclado del macerado.

Transcurrido el tiempo de fermentación, se aplicó un proceso de filtrado empleando un colador de malla fina, con el objetivo de separar eficientemente la fracción líquida de los residuos sólidos vegetales. Finalmente, el extracto líquido obtenido se trasvasó a envases plásticos herméticos, asegurando su conservación adecuada para su posterior utilización en los ensayos experimentales.

3.4. Inoculación de Micorrizas

De acuerdo al fabricante (Confiabonos, 2023) se deben seguir las siguientes instrucciones para su manejo y utilización:

- Disolver 50 gramos del inóculo de micorrizas en 1 litro de agua.
- Agitar suavemente la solución para asegurar una distribución homogénea del inóculo.
- Aplicar la solución alrededor de la base del tallo de cada planta, procurando un buen contacto con las raíces.

3.5. Aplicación del Bioestimulante

La aplicación del bioestimulante en los tratamientos experimentales involucró la preparación de soluciones a partir de un extracto vegetal de ortiga (*Urtica dioica*) a diferentes concentraciones. Para obtener la concentración del 10 %, se diluyeron cuidadosamente 100 mL del extracto crudo en un volumen total de 1 L de agua libre de cloro. Por otro lado, la concentración del 20 % se logró mediante la dilución de 200 mL del extracto vegetal en 1 L de agua sin presencia de cloro. Estas soluciones fueron preparadas siguiendo estrictos protocolos

de medición volumétrica y empleando material de vidrio previamente esterilizado, con el fin de garantizar la precisión y evitar posibles contaminaciones que pudieran interferir en los resultados.

La incorporación del inóculo de micorrizas al bioestimulante se realizó en los tratamientos 2 y 3, siguiendo rigurosamente las instrucciones del fabricante. Tras la preparación previa de las soluciones con extracto de ortiga (*Urtica dioica*) a las concentraciones establecidas, se procedió a adicionar cuidadosamente las micorrizas, asegurando una distribución homogénea y evitando posibles daños o contaminaciones de acuerdo a la tabla 2.

Tabla 2. Tratamientos.

Nombre del tratamiento	Aplicación
T0	Control
T1	Extracto de Ortiga al 10%
T2	Extracto de ortiga al 10% + Micorrizas
T3	Extracto de Ortiga al 20% + Micorrizas

Legenda: T0- tratamiento control, T1 – tratamiento 1, T2 - tratamiento 2, T3- tratamiento 3.

El régimen de aplicación del bioestimulante compuesto por micorrizas y extracto vegetal se aplicó cada 8 días a partir de la siembra.

3.6. Variables a evaluar

3.6.1. Variables de crecimiento

- **Altura de la planta (cm):** cuantificada mediante el empleo de un flexómetro debidamente calibrado. Las mediciones se realizaron de manera precisa, desde la base de la planta hasta el punto más alejado de la misma, asegurando una técnica consistente a lo largo de todas las unidades experimentales.
- **Longitud de la raíz (cm):** Una vez finalizado el ciclo de crecimiento y alcanzada la madurez comercial, se procedió a la extracción cuidadosa de las plantas, preservando la integridad de las raíces. Estas fueron extendidas sobre una superficie plana y nivelada, permitiendo cuantificar su longitud mediante el uso de una regla graduada o una cinta métrica, midiendo desde el ápice de la raíz más larga hasta su punto de unión con el tallo.
- **Biomasa fresca de las hojas (g):** una vez finalizado el experimento, se procedió al cuidadoso retiro de todas las hojas de cada planta, agrupándolas y pesándolas en una balanza analítica de precisión. Este procedimiento se realizó de manera

sistemática y estandarizada, asegurando la consistencia y comparabilidad de los datos obtenidos.

- **Biomasa fresca de la raíz (g):** las raíces fueron cuidadosamente extraídas del medio de cultivo y, tras eliminar cualquier resto adherido, se registró su biomasa fresca empleando una balanza analítica.
- **Número de hojas:** al finalizar el experimento se llevó a cabo un recuento exhaustivo del número de hojas completamente desarrolladas en cada planta de rábano

3.6.2. Variables de rendimiento

- **Diámetro polar del fruto (cm):** se seleccionó cuidadosamente el fruto de cada espécimen vegetal y se procedió a determinar sus dimensiones mediante el uso de un calibrador pie de rey mecánico de alta precisión, marca Pretul.
- **Diámetro ecuatorial del fruto (cm):** se seleccionó cuidadosamente el fruto de cada espécimen vegetal y se procedió a determinar sus dimensiones mediante el uso de un calibrador pie de rey mecánico de alta precisión, marca Pretul.
- **Biomasa fresca del fruto (g):** al finalizar la etapa cada fruto fue sometido a un pesaje en una balanza analítica de lectura digital.

3.7. Procesamiento estadístico de la información.

Los datos fueron recolectados en campo y en laboratorio, posteriormente organizados en el Programa Microsoft Excel, Los análisis estadísticos fueron realizados en el software RStudio.

Para llevar a cabo un análisis riguroso y comprensivo de los datos obtenidos en el estudio, se propone el siguiente flujo de trabajo:

3.7.1. Análisis Exploratorio de los Datos

En esta fase inicial, se realizará un análisis exploratorio de los datos para obtener una comprensión preliminar de las medidas de dispersión y de tendencia central. Este análisis incluirá:

- **Medidas de tendencia central:** Cálculo de la media de las variables medidas.
- **Medidas de dispersión:** Cálculo de la desviación estándar

3.7.2. Análisis de Varianza (ANOVA)

Para determinar si existen diferencias significativas entre los tratamientos aplicados (T0, T1, T2 y T3), se llevará a cabo un Análisis de Varianza (ANOVA). El ANOVA permitirá evaluar si las medias de los tratamientos son estadísticamente diferentes y ayudará a identificar cuál de los tratamientos es el más efectivo. Este análisis incluirá:

1. Hipótesis:

- Hipótesis nula (H0): No hay diferencias significativas entre las medias de los tratamientos.
- Hipótesis alternativa (H1): Al menos una de las medias de los tratamientos es significativamente diferente.

2. Post-hoc: Si el ANOVA indica diferencias significativas, se realizarán pruebas post-hoc (por ejemplo, Tukey's HSD) para identificar qué tratamientos específicos difieren entre sí.

3. Interpretación de resultados: Presentación detallada de los resultados del ANOVA, incluyendo tablas y gráficos de intervalos de confianza para las diferencias en los niveles medios de tratamiento.

3.7.3. Análisis Exploratorio Multivariante

Para contrastar los resultados obtenidos del ANOVA y obtener una visión más profunda de las relaciones multivariantes en los datos, se empleará el método *HJ Biplot*. Este análisis permitirá visualizar simultáneamente las variables y las muestras en el espacio de las componentes principales y evaluar la varianza acumulada. Los pasos incluirán:

- **Transformación de datos:** Aplicación del análisis de componentes principales (PCA) para reducir la dimensionalidad y facilitar la interpretación.
- **HJ Biplot:** Creación del *Biplot* para representar las muestras y las variables en un mismo gráfico, permitiendo la identificación de patrones y relaciones.
- **Interpretación:** Análisis de los vectores de las variables en el *Biplot* para entender sus contribuciones a las componentes principales y la relación entre las muestras y los tratamientos.

- **Extracción de varianza acumulada:** Evaluación de la varianza explicada por las primeras componentes principales para determinar la eficiencia del PCA en la captura de la variabilidad en los datos.

CAPÍTULO IV: Análisis e interpretación de resultados

4.1. Análisis de los resultados

Tratamiento 0 (Control): Se observó una germinación deficiente, con tres plantas que no emergieron. Las plantas que sí germinaron mostraron un crecimiento subóptimo, caracterizado por una altura reducida y un menor número de hojas. Se detectó una infestación significativa de plagas, principalmente de mosca blanca, que causó perforaciones en las hojas. El follaje presentó una coloración amarillenta, indicativa de posibles deficiencias nutricionales. Los frutos no lograron desarrollarse adecuadamente, sin alcanzar la forma característica del rábano.

Tratamiento 1 (Extracto de ortiga): Se logró una germinación completa. La incidencia de plagas fue menor en comparación con el tratamiento control. Los frutos desarrollaron la forma típica del rábano, aunque su tamaño fue inferior al esperado al finalizar el ciclo de producción.

Tratamiento 2 (Extracto de ortiga al 10% + Inóculo de micorrizas): Se observó una germinación exitosa de todas las plantas. No se detectaron plagas y el desarrollo foliar fue notablemente superior a los tratamientos anteriores. Las hojas mostraron una coloración saludable y los frutos alcanzaron el peso y las dimensiones ideales para su comercialización.

Tratamiento 3 (Extracto de ortiga al 20% + Inóculo de micorrizas): Este tratamiento produjo un cultivo visiblemente saludable, libre de plagas y con un follaje de color óptimo. Se notó un crecimiento acelerado en comparación con los demás tratamientos. Los frutos exhibieron características de producción favorables.

La tabla 3 proporciona un resumen de los estadísticos descriptivos para varias variables medidas en diferentes tratamientos (T0, T1, T2, T3). Cada tratamiento corresponde a un conjunto diferente de condiciones experimentales aplicadas a las plantas. A continuación, se presenta una interpretación detallada de cada grupo de variables:

4.1.1. Repetición.

La repetición de los experimentos para cada tratamiento es constante, con una media de 9 repeticiones y una desviación típica de 5.050, lo que indica una variabilidad considerable en el número de repeticiones.

4.1.2. Altura de la Planta (cm).

Aumenta progresivamente con cada tratamiento, lo que sugiere que los tratamientos tienen un

efecto positivo en el crecimiento de las plantas. La menor variabilidad en T1 sugiere que este tratamiento es más consistente en su efecto sobre la altura de las plantas.

4.1.3. Número de Hojas.

También aumenta con cada tratamiento, con una notable consistencia en los tratamientos T1 y T2, lo que indica una menor variabilidad en estos grupos.

4.1.4. Diámetro Polar del Fruto (cm).

Muestra un aumento significativo a través de los tratamientos, con T3 teniendo la mayor media y variabilidad, lo que sugiere que los tratamientos avanzados pueden inducir una mayor variación en el tamaño del fruto.

4.1.5. Diámetro Ecuatorial del Fruto (cm).

Muestra un aumento significativo a través de los tratamientos, con T3 teniendo la mayor media y variabilidad, lo que sugiere que los tratamientos avanzados pueden inducir una mayor variación en el tamaño del fruto.

4.1.6. Peso del Fruto (g).

Muestra un aumento considerable con cada tratamiento, siendo más notable en T3, aunque con mayor variabilidad, lo que sugiere que este tratamiento tiene un efecto significativo pero variable en el peso del fruto.

4.1.7. Longitud de la Raíz (cm).

Aumenta con los tratamientos, con T3 mostrando la mayor longitud media y también la mayor variabilidad.

4.1.8. Peso Fresco de la Raíz (g).

Muestra un aumento significativo en los tratamientos avanzados, particularmente en T2 y T3, aunque con mayor variabilidad en T3.

4.1.9. Peso Fresco de la Parte Aérea (g).

Muestra un aumento considerable con cada tratamiento, especialmente en T2 y T3, con una mayor variabilidad en T3.

Los datos indican que los tratamientos tienen un efecto positivo significativo en todas las variables medidas (altura de la planta, número de hojas, diámetro del fruto, peso del fruto, longitud de la raíz, peso fresco de la raíz y peso fresco de la parte aérea). Los tratamientos T2 y T3, en particular, muestran mayores incrementos en comparación con T0 y T1, aunque con una mayor variabilidad en algunos casos, lo que sugiere que estos tratamientos son más efectivos, pero también más variables en su impacto.

Tabla 3. Estadísticos Descriptivos

		Válido	Media	Desviación Típica	Asimetría	Curtosis	Mínimo	Máximo
Repetición	T0	17	9.000	5.050	0.000	-1.200	1.000	17.000
Repetición	T1	17	9.000	5.050	0.000	-1.200	1.000	17.000
Repetición	T2	17	9.000	5.050	0.000	-1.200	1.000	17.000
Repetición	T3	17	9.000	5.050	0.000	-1.200	1.000	17.000
Altura de la planta (cm)	T0	17	13.465	7.236	-0.889	0.481	0.000	25.500
Altura de la planta (cm)	T1	17	18.976	2.198	0.190	-1.120	16.000	23.000
Altura de la planta (cm)	T2	17	31.582	3.065	-0.853	0.826	24.500	36.000
Altura de la planta (cm)	T3	17	36.547	3.436	1.670	3.535	31.800	46.300
Numero de hojas	T0	17	3.588	1.938	-0.910	0.234	0.000	6.000
Numero de hojas	T1	17	5.294	0.470	0.994	-1.166	5.000	6.000
Numero de hojas	T2	17	6.529	0.514	-0.130	-2.267	6.000	7.000
Numero de hojas	T3	17	7.647	0.786	0.760	-0.862	7.000	9.000
Diámetro polar del fruto(cm)	T0	17	1.376	0.781	-0.659	-0.171	0.000	2.500
Diámetro polar del fruto(cm)	T1	17	2.418	0.313	0.037	-0.278	1.800	3.000
Diámetro polar del fruto(cm)	T2	17	3.953	0.517	0.119	-1.286	3.200	4.800
Diámetro polar del fruto(cm)	T3	17	4.941	0.988	0.762	0.314	3.600	7.300

Diámetro ecuatorial del fruto (cm)	T0	17	0.865	0.590	0.383	0.418	0.000	2.200
Diámetro ecuatorial del fruto (cm)	T1	17	2.018	0.246	0.315	1.084	1.600	2.600
Diámetro ecuatorial del fruto (cm)	T2	17	3.118	0.334	0.476	-1.054	2.600	3.700
Diámetro ecuatorial del fruto (cm)	T3	17	3.641	0.281	1.133	1.926	3.300	4.400
Peso del fruto(g)	T0	17	1.230	1.571	2.167	4.508	0.000	5.880
Peso del fruto(g)	T1	17	5.615	1.593	-0.017	-0.782	2.800	8.300
Peso del fruto(g)	T2	17	19.608	5.182	0.623	0.512	12.550	32.150
Peso del fruto(g)	T3	17	32.267	8.729	0.135	-0.953	18.690	46.830
longitud de la raíz(cm)	T0	17	2.224	1.249	-0.829	-0.343	0.000	3.900
longitud de la raíz(cm)	T1	17	4.665	1.288	1.308	1.612	3.200	8.000
longitud de la raíz(cm)	T2	17	7.053	1.490	0.194	-0.603	4.500	9.700
longitud de la raíz(cm)	T3	17	7.829	2.439	0.741	-0.598	4.500	12.500
peso fresco de la raíz (g)	T0	17	0.091	0.057	-0.345	-0.876	0.000	0.170
peso fresco	T1	17	0.112	0.047	1.054	-0.064	0.060	0.210

de la raíz (g) peso fresco	T2	17	0.425	0.084	-0.946	0.568	0.220	0.530
de la raíz (g) peso fresco	T3	17	0.521	0.238	0.252	-0.625	0.110	0.960
de la parte aérea (g) peso fresco	T0	17	2.034	1.167	-0.694	0.024	0.000	4.120
de la parte aérea (g) peso fresco	T1	17	2.874	0.572	1.713	2.893	2.100	4.400
de la parte aérea (g) peso fresco	T2	17	11.358	2.064	-0.206	-0.440	7.410	14.670
de la parte aérea (g) peso fresco	T3	17	15.831	5.271	0.925	-0.148	10.150	26.370

4.2. ANOVA

En este capítulo se presenta el análisis de varianza (ANOVA) realizado para evaluar las diferencias entre los diferentes tratamientos (T0, T1, T2 y T3) aplicados en el estudio. El ANOVA se utiliza para determinar si las diferencias observadas entre las medias de los tratamientos son estadísticamente significativas.

Después de realizar el ANOVA, se obtuvo el Gráfico 1 de intervalos de confianza del 95 % para las diferencias en los niveles medios de los tratamientos, lo cual permite una visualización clara de las comparaciones par a par entre los tratamientos.

4.2.1. Principales contrastes:

T1 vs T0: Disparidad sustancial, lo que implica impactos divergentes entre T1 y T0.

T2 frente a T0: diferenciación marcada, lo que sugiere un efecto más pronunciado para T2 sobre T0.

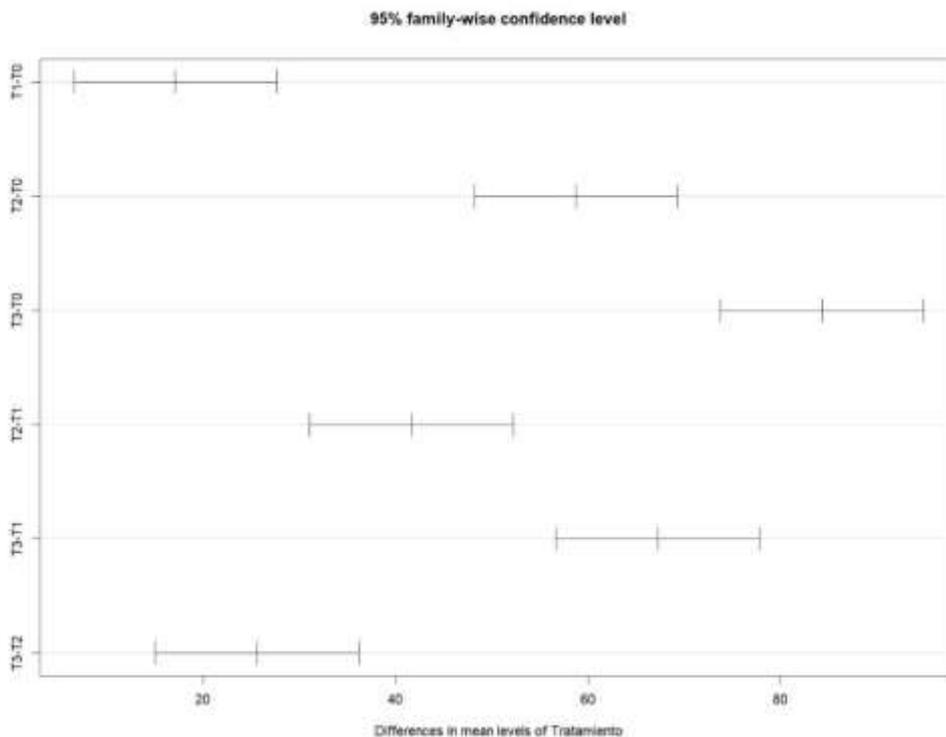
T3 vs T0: Se distinguen enormemente: muestran un impacto abrumadoramente superior de T3 sobre T0.

T2 frente a T1: contraste aparente, lo que significa una mayor eficacia de T2 sobre T1.

T3 frente a T1: se observa un contraste que apunta hacia un efecto superior de T3 sobre T1.

T3 en comparación con T2: gran disimilitud que indica claramente que T3 es más eficiente que T2.

Gráfico 1. Intervalos de confianza.



El Anova y los intervalos de confianza del 95 % para las diferencias de medias muestran una variación significativa, lo que implica que no hay puntos en común entre los tratamientos. T3 emerge como el tratamiento más eficaz, seguido de T2 y luego T1. Dichos resultados actúan como referencias seguras para cualquier aplicación o estudio futuro que involucre selecciones de tratamientos, acercándonos así a nuestro objetivo final: la optimización de las prácticas agrícolas hacia la maximización del rendimiento y el logro de la eficiencia.

4.3. Prueba Post-Hoc

Los resultados de la prueba de *Tukey* muestran que hay diferencias significativas entre todos los tratamientos. Se interpretan los resultados de forma detallada:

4.3.1. Resultados de la prueba de Tukey:

1. **T1 vs. T0:**
 - **Diferencia:** 17.10
 - **Intervalo de confianza:** [6.55, 27.65]
 - **Valor p:** 0.0003719
 - **Interpretación:** T1 es significativamente mejor que T0.
2. **T2 vs. T0:**
 - **Diferencia:** 58.75
 - **Intervalo de confianza:** [48.20, 69.31]
 - **Valor p:** 0.0000000
 - **Interpretación:** T2 es significativamente mejor que T0.
3. **T3 vs. T0:**
 - **Diferencia:** 84.35
 - **Intervalo de confianza:** [73.80, 94.91]
 - **Valor p:** 0.0000000
 - **Interpretación:** T3 es significativamente mejor que T0.
4. **T2 vs. T1:**
 - **Diferencia:** 41.65
 - **Intervalo de confianza:** [31.10, 52.21]
 - **Valor p:** 0.0000000
 - **Interpretación:** T2 es significativamente mejor que T1.
5. **T3 vs. T1:**
 - **Diferencia:** 67.25
 - **Intervalo de confianza:** [56.70, 77.81]
 - **Valor p:** 0.0000000
 - **Interpretación:** T3 es significativamente mejor que T1.
6. **T3 vs. T2:**
 - **Diferencia:** 25.60
 - **Intervalo de confianza:** [15.05, 36.15]
 - **Valor p:** 0.0000001
 - **Interpretación:** T3 es significativamente mejor que T2.

De los resultados, se puede observar que el tratamiento T3 tiene la mayor diferencia positiva

en comparación con todos los demás tratamientos (T0, T1, y T2). Esto sugiere que el tratamiento T3 es el mejor, ya que muestra las mayores mejoras y todas las comparaciones son altamente significativas (con valores p extremadamente bajos).

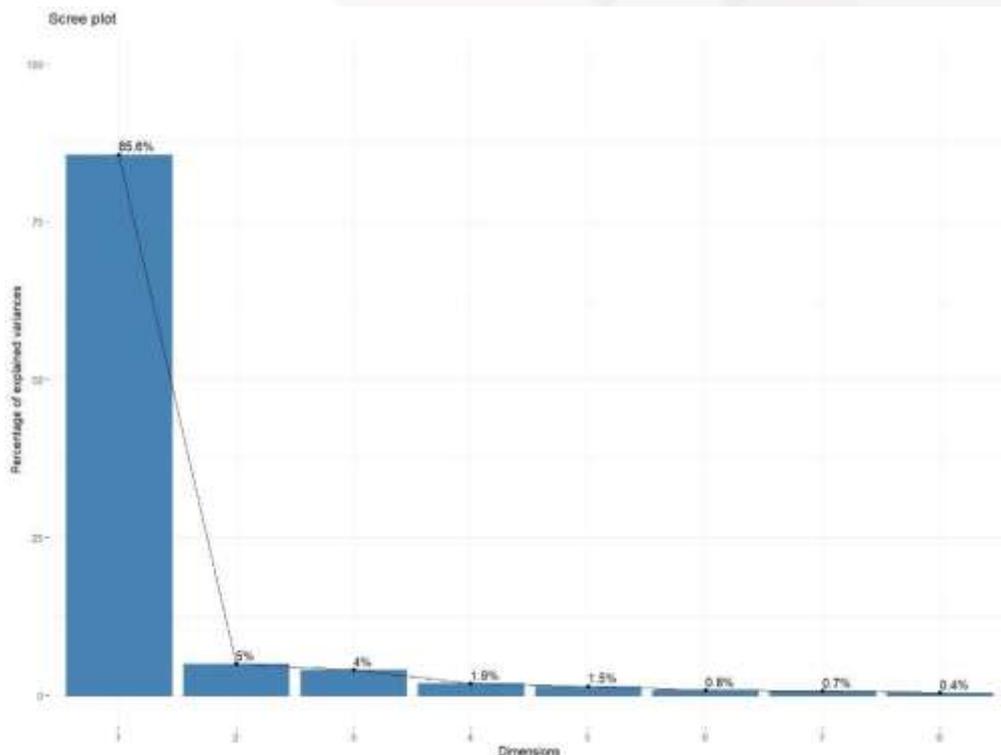
El análisis estadístico realizado mediante el ANOVA ha permitido establecer que las diferencias observadas entre los tratamientos son estadísticamente significativas. La hipótesis nula (H0) ha sido rechazada y se ha aceptado la hipótesis alternativa (H1), confirmando que los tratamientos tienen efectos diferenciados sobre las variables medidas. Estos hallazgos son fundamentales para orientar las decisiones futuras en la implementación de tratamientos agrícolas más efectivos.

4.4. Scree plot

Se hacen evidentes grandes disparidades en la dimensionalidad al observar el gráfico de sedimentación porque el Componente Primario (Dim1) revela el 85,6 % de la variabilidad total representada en el gráfico 2. Una abrumadora mayoría de esta magnitud sugiere que casi todos los puntos de información pueden rastrearse hasta esta única fuente, una implicación significativa para nuestro análisis. El Segundo Componente Principal (Dim2) sólo representa el 5 % de esta variabilidad, sin embargo, conserva importancia a pesar de haber sido eclipsado por su predecesor; mientras tanto, otros componentes proporcionan aún menos información sobre la composición de nuestros datos: el tercer componente explica el 4 %, y así sucesivamente, con contribuciones decrecientes de cada componente posterior.

El punto de inflexión, o "codo", se observa después del primer componente principal. Este punto indica que la mayoría de la variabilidad en los datos se explica por el primer componente, y la inclusión de componentes adicionales agrega poca información adicional. Para nuestro análisis y visualización, es razonable centrarse en los dos primeros componentes principales.

Gráfico 2. Scree Plot: Variabilidad de los datos.

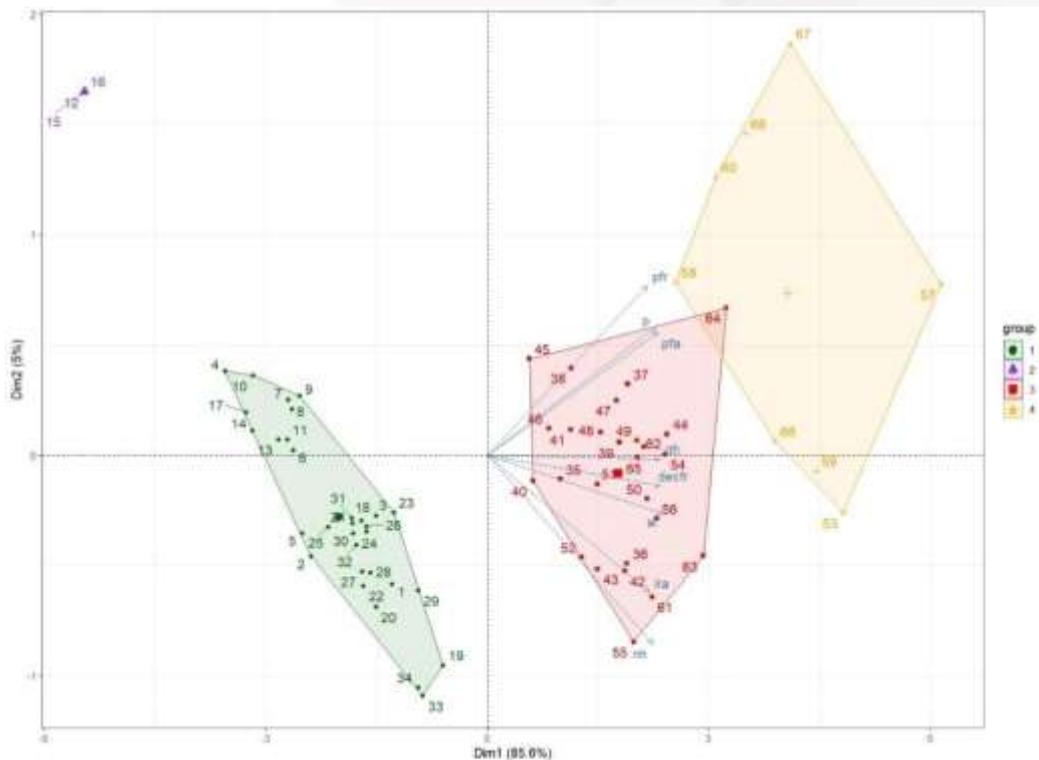


4.5. HJ BILOT

El gráfico de el gráfico 3 muestra el *HJ Biplot* obtenido mediante el Análisis de Componentes Principales (PCA) para las muestras de nuestro estudio. Los dos ejes de este gráfico corresponden a los dos primeros componentes principales que explican la mayor parte de la varianza presente en el conjunto de datos.

Las muestras se clasificaron en cuatro grupos distintos, cada uno indicado por un color único. El grupo 1 (verde) indica las muestras 1 a 17 que son representativas del tratamiento T0. El grupo 2 (púrpura) denota las muestras 18 a 34 que representan el tratamiento T1. El grupo 3 (rojo) denota las muestras 35 a 51 que representan el tratamiento T2. Por último, el Grupo 4 (amarillo) indica las muestras 52 a 68 que son representativas del tratamiento T3. En resumen: cuatro grupos distintos, cada uno con su propia representación de color única y un rango de números de muestra que corresponden a tratamientos específicos.

Gráfico 3. HJ BILOT: Análisis de Componentes Principales.



Los vectores del gráfico representan las variables originales medidas, incluidas, entre otras, pfa (peso fresco de la parte aérea), nh (número de hojas), dfr (diámetro ecuatorial del fruto), decfr (diámetro polar del fruto), pfr (diámetro polar del fruto). peso), p (peso total), Ira (longitud de raíz) y al (altura de planta). La dirección y longitud de cada vector sirven como indicadores de la contribución que cada variable hace a los componentes principales; los vectores más largos tienen un mayor impacto en la variabilidad total explicada. Los ángulos entre los vectores reflejan la correlación entre las variables; los vectores estrechamente posicionados sugieren una fuerte correlación positiva.

Las muestras del Grupo 1 (verde) exhiben puntos de datos más bajos sobre características que influyen positivamente en el primer y segundo componente principal. Las muestras del Grupo 2 (púrpura) demuestran propiedades únicas que las distinguen del resto. Cabe destacar que el Grupo 3 (rojo) muestra grandes medidas en variables específicas como el diámetro polar del fruto (dfr), el peso fresco de la parte aérea (pfa) y la longitud de la raíz (Ira). Por el contrario, las muestras del Grupo 4 (amarillo) muestran valores altos en diferentes parámetros como peso total (p) y diámetro ecuatorial del fruto (decfr), diferenciándose así de otros grupos.

CAPÍTULO V: Conclusiones y Recomendaciones

5.1. Conclusiones

- Se evaluó la efectividad de un bioestimulante elaborado a partir de micorrizas y extracto vegetal de ortiga (*Urtica dioica*) en la producción de rábano (*Raphanus sativus*), donde el tratamiento T3 (micorrizas + extracto de ortiga 20 %) es el mejor tratamiento en función de las diferencias de medias y la significancia estadística de los resultados de la prueba de *Tukey*.
- Se elaboró un bioestimulante con micorrizas y extracto de ortiga, con distintas concentraciones, para ser aplicado durante el desarrollo de la plantación de rábano en condiciones de invernadero.
- Se midieron las variables de crecimiento y producción; tales como altura y número de hojas de la planta, longitud de la raíz, biomasa fresca de raíz, hojas y fruto, diámetro polar y ecuatorial del fruto y el rendimiento agrícola de las plántulas de rábano tratadas con el bioestimulante seleccionado; teniendo como resultado que los frutos de rábano sometidos al tratamiento T3 (micorrizas + extracto de ortiga 20 %) alcanzaron las mejores características de crecimiento y producción.
- Se analizó la variabilidad de respuesta del rábano a diferentes concentraciones y combinaciones del extracto vegetal y micorrizas, demostrando que los frutos de rábano sometidos al tratamiento T0 (Control) no alcanzaron un rendimiento adecuado durante la fase de producción en comparación con los demás tratamientos; resaltando la importancia de la aplicación del bioestimulante con extracto vegetal de ortiga y micorrizas.

5.2. Recomendaciones

- Al observar los resultados de *Biplot* y *Scree Plot*, el análisis de componentes principales (PCA) indicó cómo se interrelacionan las diversas variables estudiadas y cómo los diferentes tratamientos pueden afectar estas variables. Los resultados indican que el tratamiento afecta significativamente los rasgos de las plantas medidos en los datos obtenidos, mientras que los dos primeros componentes principales explican la mayor variabilidad, lo que sugiere una estrategia a tener en cuenta sobre rasgos específicos al estudiar los efectos de los tratamientos en las plantas: lo cual puede ayudar a minimizar la redundancia de datos y maximizar la información que pueden obtenerse de dichos estudios.

- Realizar un análisis de propiedades químicas y organolépticas del fruto para comprobar cuál de los tratamientos brindará un mejor resultado.
- Replicar el presente estudio en condiciones de campo abierto para analizar la influencia de las condiciones ambientales sobre la producción de rábano.
- Aplicar el bioestimulante sugerido, en distintas concentraciones, sobre otras variedades de plantaciones.

Bibliografía

1. Ajeng, A. A., Vejan, P., & Abdullah, R. (2024). The role of microbes in biofortification for a sustainable nutrient management and agricultural crop productivity: Current trends and imminent challenges. En *Microbial Technology for Agro-Ecosystems: Crop Productivity, Sustainability, and Biofortification*. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-443-18446-8.00009-7>
2. Ali, O., Ramsubhag, A., Daniram Benn Jr. Ramnarine, S., & Jayaraman, J. (2022). Transcriptomic changes induced by applications of a commercial extract of *Ascophyllum nodosum* on tomato plants. En *Scientific Reports* (Vol. 12, Número 1). Nature Research. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-11263-z>
3. Badi, H. N., Labbafi, M. R., Qavami, N., Qaderi, A., Abdossi, V., Agharebparast, M. R., & Mehrafarin, A. (2015). Responses of quality and quantity yield of garden thyme (*Thymus vulgaris* L.) to foliar application of bio-stimulator based on amino acids and methanol. En *Journal of Medicinal Plants* (Vol. 14, Número 54, pp. 146-158). Institute of Medicinal Plants, ACECR.
4. Barea, J. M., Palenzuela, J., Cornejo, P., Sánchez-Castro, I., Navarro-Fernández, C., López-García, A., Estrada, B., Azcón, R., Ferrol, N., & Azcón-Aguilar, C. (2011). Ecological and functional roles of mycorrhizas in semi-arid ecosystems of Southeast Spain. *Journal of Arid Environments*, 75(12), 1292-1301. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2011.06.001>
5. Calvo, P., Nelson, L., & Klopper, J. W. (2014). Agricultural uses of plant biostimulants. En *Plant and Soil* (Vol. 383, Números 1-2, pp. 3-41). Kluwer Academic Publishers. <https://doi.org/10.1007/s11104-014-2131-8>
6. Castillo, L., & Rodriguez, M. (2014). Efecto del purín de hojas de ortiga, *Urtica dioica*, sobre el crecimiento del rabanito, *Raphanus sativus*, en condiciones de laboratorio. *Rebiolest*. <https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/ECCBB/article/view/751>
7. Chen, M., Arato, M., Borghi, L., Nouri, E., & Reinhardt, D. (2018). Beneficial Services of Arbuscular Mycorrhizal Fungi – From Ecology to Application. *Frontiers in Plant Science*, 9. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01270>

8. Colla, G., Hoagland, L., Ruzzi, M., Cardarelli, M., Bonini, P., Canaguier, R., & Rouphael, Y. (2017). Biostimulant action of protein hydrolysates: Unraveling their effects on plant physiology and microbiome. En *Frontiers in Plant Science* (Vol. 8). Frontiers Media S.A. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.02202>
9. Colla, G., Nardi, S., Cardarelli, M., Ertani, A., Lucini, L., Canaguier, R., & Rouphael, Y. (2015). Protein hydrolysates as biostimulants in horticulture. *Scientia Horticulturae*, *196*, 28-38. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.08.037>
10. Confiabonos. (2023). *Confiabonos*. Obtenido de <https://confiabonos.co/product/micorrizas-polvo-seco/>
11. Daouti, E., Neidel, V., Carbonne, B., Vašková, H., Traugott, M., Wallinger, C., Bommarco, R., Feit, B., Saska, P., Skuhrovec, J., Vasconcelos, S., Petit, S., Van der Werf, W., & Jonsson, M. (2024). Functional redundancy of weed seed predation is reduced by intensified agriculture. *Ecology Letters*, *27*. <https://doi.org/10.1111/ele.14411>
12. DAR, S., Ahmad, F., Yousuf, A. R., Balkhi, M., Mohsin, T., & Sharma, D. P. (2012). Pharmacological and toxicological evaluation of *Urtica dioica*. *Pharmaceutical biology*, *51*. <https://doi.org/10.3109/13880209.2012.715172>
13. du Jardin, P. (2015). Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. *Scientia Horticulturae*, *196*. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.021>
14. Du Jardin, P. (2015). Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. *Scientia Horticulturae*, *196*, 3-14. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.021>
15. González-Palomares, S. (2020). *Rábanos (Raphanus sativus L.): Propiedades y beneficios*. 2020, 1-3.
16. Ertani, A., Schiavon, M., & Nardi, S. (2017). Transcriptome-Wide Identification of Differentially Expressed Genes in *Solanum lycopersicon* L. in Response to an Alfalfa-Protein Hydrolysate Using Microarrays. *Frontiers in Plant Science*, *8*, 1159. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.01159>
17. Farag, M. A., Weigend, M., Luebert, F., Brokamp, G., & Wessjohann, L. A. (2013). Phytochemical, phylogenetic, and anti-inflammatory evaluation of 43 *Urtica*

- accessions (stinging nettle) based on UPLC–Q-TOF-MS metabolomic profiles. *Phytochemistry*, 96, 170-183. <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2013.09.016>
18. Formisano, L., Miras-Moreno, B., Ciriello, M., El-Nakhel, C., Corrado, G., Lucini, L., Colla, G., & Roupael, Y. (2021). Trichoderma and phosphite elicited distinctive secondary metabolite signatures in zucchini squash plants. En *Agronomy* (Vol. 11, Número 6). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/agronomy11061205>
19. Galindo-Villardón, P. (1986). Una alternativa de representación simultánea: HJ-Biplot. *Questiío: Quaderns d'Estadística, Sistemes, Informatica i Investigació Operativa*, 10(1), 13-23.
20. Godlewska, K., Pacyga, P., Michalak, I., Biesiada, A., Szumny, A., Pachura, N., & Piszcz, U. (2020). Field-scale evaluation of botanical extracts effect on the yield, chemical composition and antioxidant activity of celeriac (*Apium graveolens* L. Var. Rapaceum). En *Molecules* (Vol. 25, Número 18). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/molecules25184212>
21. Godlewska, K., Pacyga, P., Michalak, I., Biesiada, A., Szumny, A., Pachura, N., & Piszcz, U. (2021). Effect of botanical extracts on the growth and nutritional quality of field-grown white head cabbage (*Brassica oleracea* var. Capitata). En *Molecules* (Vol. 26, Número 7). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/molecules26071992>
22. Hamid, B., Zaman, M., Farooq, S., Fatima, S., Sayyed, R. Z., Baba, Z. A., Sheikh, T. A., Reddy, M. S., Enshasy, H. E., Gafur, A., & Suriani, N. L. (2021). Bacterial plant biostimulants: A sustainable way towards improving growth, productivity, and health of crops. En *Sustainability (Switzerland)* (Vol. 13, Número 5, pp. 1-24). MDPI. <https://doi.org/10.3390/su13052856>
23. Herath, B. M., Kalamulla, K. W. Y. R., Mayadunna, T. A. N., Perera, M. A. E. G., Jayamanna, I. K., & Yapa, P. N. (2024). Applications of Arbuscular Mycorrhizal Fungi for Sustainable Agricultural Systems. En G. J. Ahammed & R. Hajiboland (Eds.), *Arbuscular Mycorrhizal Fungi and Higher Plants: Fundamentals and Applications* (pp. 319-340). Springer Nature. https://doi.org/10.1007/978-981-99-8220-2_14
24. Hobbs, J., Katzfuss, M., Nguyen, H., Yadav, V., & Liu, J. (2024). Functional analysis of variance (ANOVA) for carbon flux estimates from remote sensing data. *Geoscientific Model Development*, 17, 1133-1151. <https://doi.org/10.5194/gmd-17-1133-2024>

25. Joshi, R. C., Kaushik, M., Dutta, M. K., Srivastava, A., & Choudhary, N. (2021). VirLeafNet: Automatic analysis and viral disease diagnosis using deep-learning in *Vigna mungo* plant. *Ecological Informatics*, 61. <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2020.101197>
26. López-Bucio, J., Pelagio-Flores, R., & Herrera-Estrella, A. (2015). Trichoderma as biostimulant: Exploiting the multilevel properties of a plant beneficial fungus. En *Scientia Horticulturae* (Vol. 196, pp. 109-123). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.08.043>
27. Malusá, E., & Vassilev, N. (2014). A contribution to set a legal framework for biofertilisers. En *Applied Microbiology and Biotechnology* (Vol. 98, Número 15, pp. 6599-6607). Springer Verlag. <https://doi.org/10.1007/s00253-014-5828-y>
28. Mannino, G. (2023). A New Era of Sustainability: Plant Biostimulants. *International Journal of Molecular Sciences*, 24(22), Article 22. <https://doi.org/10.3390/ijms242216329>
29. Maričić, B., Radman, S., Romić, M., Perković, J., Major, N., Urlić, B., Palčić, I., Ban, D., Zorić, Z., & Ban, S. G. (2021). Stinging Nettle (*Urtica dioica* L.) as an Aqueous Plant-Based Extract Fertilizer in Green Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Sustainable Agriculture. *Sustainability*, 13(7), Article 7. <https://doi.org/10.3390/su13074042>
30. Michalak, I., Chojnacka, K., Dmytryk, A., Wilk, R., Gramza, M., & Rój, E. (2016). Evaluation of supercritical extracts of algae as biostimulants of plant growth in field trials. En *Frontiers in Plant Science* (Vol. 7, Número OCTOBER2016). Frontiers Research Foundation. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.01591>
31. Munaro, D., Mazo, C. H., Bauer, C. M., da Silva Gomes, L., Teodoro, E. B., Mazzarino, L., da Rocha Veleirinho, M. B., Moura e Silva, S., & Maraschin, M. (2024). A novel biostimulant from chitosan nanoparticles and microalgae-based protein hydrolysate: Improving crop performance in tomato. En *Scientia Horticulturae* (Vol. 323). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2023.112491>
32. Neveux, N., Nugroho, A. A., Roberts, D. A., Vucko, M. J., & de Nys, R. (2020). Selecting extraction conditions for the production of liquid biostimulants from the freshwater macroalga *Oedogonium intermedium*. En *Journal of Applied Phycology*

- (Vol. 32, Número 1, pp. 539-551). Springer. <https://doi.org/10.1007/s10811-019-01925-3>
33. Pereira, R. V., Filgueiras, C. C., Dória, J., Peñaflores, M. F. G. V., & Willett, D. S. (2021). The Effects of Biostimulants on Induced Plant Defense. En *Frontiers in Agronomy* (Vol. 3). Frontiers Media S.A. <https://doi.org/10.3389/fagro.2021.630596>
34. Przybysz, A., Gawrońska, H., & Gajc-Wolska, J. (2014). Biological mode of action of a nitrophenolates-based biostimulant: Case study. En *Frontiers in Plant Science* (Vol. 5, Número DEC). Frontiers Research Foundation. <https://doi.org/10.3389/fpls.2014.00713>
35. Quishpe, S. (Febrero de 2019). *OBTENCIÓN DE UN EXTRACTO VEGETAL DE LA ORTIGA MAYOR (Urtica dioica) APLICANDO EL MÉTODO DE MACERACIÓN EN FRÍO PARA LA ELABORACIÓN DE QUESO FRESCO*. Obtenido de Repositorios UTC: <https://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/8520/1/PC-000675.pdf>
36. Rashid, N., Khan, S., Wahid, A., Ibrar, D., Hasnain, Z., Irshad, S., Bashir, S., Al-Hashimi, A., Elshikh, M. S., Kamran, M., Ahmar, S., & Mora-Poblete, F. (2021). Exogenous application of biostimulants and synthetic growth promoters improved the productivity and grain quality of quinoa linked with enhanced photosynthetic pigments and metabolomics. En *Agronomy* (Vol. 11, Número 11). MDPI. <https://doi.org/10.3390/agronomy11112302>
37. Roupshael, Y., & Colla, G. (2018). Synergistic biostimulatory action: Designing the next generation of plant biostimulants for sustainable agriculture. En *Frontiers in Plant Science* (Vol. 871). Frontiers Media S.A. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01655>
38. SADER. (2020). *Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural*. Obtenido de Manuales Prácticos para la Obtención de Bioinsumos: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/737322/10_Extractos_vegetales.pdf
39. Saha, S., Paul, S., Afroz, A., Dey, A., Chatterjee, A., & Khanra, R. (2023). RAPHANUS SATIVUS - A REVIEW OF ITS TRADITIONAL USES, PHYTOCHEMISTRY, AND PHARMACOLOGY. *Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research*, 7-12. <https://doi.org/10.22159/ajpcr.2023.v16i7.47468>

40. Saini, P., Aziz, D., Rafiq, S., Rohela, G. K., Saini, P., Nagpal, S., Singh, R., & Gani, M. (2024). Nano-based tools for improving biofertilizer-based abiotic stress tolerance in crops. En *Nanotechnology for Abiotic Stress Tolerance and Management in Crop Plants*. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-443-18500-7.00016-8>
41. Sarker, A., Ansary, Most. W. R., Hossain, M. N., & Islam, T. (2021). Prospect and Challenges for Sustainable Management of Climate Change-Associated Stresses to Soil and Plant Health by Beneficial Rhizobacteria. En *Stresses* (Vol. 1, Número 4, pp. 200-222). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/stresses1040015>
42. Secretaria Nacional de Planificacion . (2019). *Planes de Desarrollo y Ordenamiento Territorial*. Obtenido de PDYOT Chambo: <https://multimedia.planificacion.gob.ec/PDOT/descargas.html>
43. Shahrajabian, M. H., Chaski, C., Polyzos, N., Tzortzakis, N., & Petropoulos, S. A. (2021). Sustainable agriculture systems in vegetable production using chitin and chitosan as plant biostimulants. En *Biomolecules* (Vol. 11, Número 6). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/biom11060819>
44. Sharma, H. S. S., Fleming, C., Selby, C., Rao, J. R., & Martin, T. (2014). Plant biostimulants: A review on the processing of macroalgae and use of extracts for crop management to reduce abiotic and biotic stresses. En *Journal of Applied Phycology* (Vol. 26, Número 1, pp. 465-490). Kluwer Academic Publishers. <https://doi.org/10.1007/s10811-013-0101-9>
45. Solis, M., Sánchez, A., Freile, M., Casacó, A., & Saltos, J. (2023). Uso de la macroalga *Porphyra umbilicalis* en la emergencia, crecimiento y producción en el cultivo de rábano “*Raphanus sativus* L”. *Ciencia y Tecnología*, 16, 29-34. <https://doi.org/10.18779/cyt.v16i1.698>
46. Sun, W., & Shahrajabian, M. H. (2023). The Application of Arbuscular Mycorrhizal Fungi as Microbial Biostimulant, Sustainable Approaches in Modern Agriculture. *Plants*, 12(17), Article 17. <https://doi.org/10.3390/plants12173101>
47. Sychta, K., Słomka, A., Suski, S., Fiedor, E., Gregoraszczyk, E., & Kuta, E. (2018). Suspended cells of metallicolous and nonmetallicolous *Viola* species tolerate,

- accumulate and detoxify zinc and lead. *Plant Physiology and Biochemistry*, 132, 666-674. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2018.10.013>
48. Szpunar-Krok, E., Depciuch, J., Drygaś, B., Jańczak-Pieniążek, M., Mazurek, K., & Pawlak, R. (2022). The Influence of Biostimulants Used in Sustainable Agriculture for Antifungal Protection on the Chemical Composition of Winter Wheat Grain. En *International Journal of Environmental Research and Public Health* (Vol. 19, Número 20). MDPI. <https://doi.org/10.3390/ijerph192012998>
49. Tahiri, A., Destain, J., Thonart, Ph., & Druart, Ph. (2014). Valorization and properties of landfill leachates humic substances; [Valorisation et propriétés des substances humiques des lixiviats de décharge]. En *Journal of Materials and Environmental Science* (Vol. 5, pp. 2495-2498). Mohammed Premier University.
50. Taladrid, I., & Espinosa, M. (2020). *Seeds of radishes (Raphanus sativus L): Observations of its morphology under electron microscopy, germination and usefulness for phytotoxicity studies.*
51. Tomasi, N., Pinton, R., Dalla Costa, L., Cortella, G., Terzano, R., Mimmo, T., Scampicchio, M., & Cesco, S. (2015). New «solutions» for floating cultivation system of ready-to-eat salad: A review. En *Trends in Food Science and Technology* (Vol. 46, Número Part B, pp. 267-276). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2015.08.004>
52. Tombesi, S., Frioni, T., Sabbatini, P., Poni, S., & Palliotti, A. (2021). Ascophyllum nodosum extract improves leaf thermoregulation by reducing stomatal sensitivity to VPD in Vitis vinifera L. En *Journal of Applied Phycology* (Vol. 33, Número 2, pp. 1293-1304). Springer Science and Business Media B.V. <https://doi.org/10.1007/s10811-020-02336-5>
53. Vassilev, N., Vassileva, M., Lopez, A., Martos, V., Reyes, A., Maksimovic, I., Eichler-Löbermann, B., & Malusà, E. (2015). Unexploited potential of some biotechnological techniques for biofertilizer production and formulation. En *Applied Microbiology and Biotechnology* (Vol. 99, Número 12, pp. 4983-4996). Springer Verlag. <https://doi.org/10.1007/s00253-015-6656-4>
54. Vultaggio, L., Allevato, E., Consentino, B. B., Bellitto, P., Napoli, S., Cannata, C., Ntatsi, G., Vasto, S., Baldassano, S., La Bella, S., Leto, C., & Sabatino, L. (2024). Joint Action of Trichoderma atroviride and a Vegetal Derived-Protein Hydrolysate Improves

Performances of Woodland Strawberry in Italy. En *Horticulturae* (Vol. 10, Número 5). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/horticulturae10050459>

55. Wahab, A., Muhammad, M., Munir, A., Abdi, G., Zaman, W., Ayaz, A., Khizar, C., & Reddy, S. P. P. (2023). Role of Arbuscular Mycorrhizal Fungi in Regulating Growth, Enhancing Productivity, and Potentially Influencing Ecosystems under Abiotic and Biotic Stresses. *Plants*, 12(17), Article 17. <https://doi.org/10.3390/plants12173102>
56. Win, T. T., Barone, G. D., Secundo, F., & Fu, P. (2018). Algal Biofertilizers and Plant Growth Stimulants for Sustainable Agriculture. En *Industrial Biotechnology* (Vol. 14, Número 4, pp. 203-211). Mary Ann Liebert Inc. <https://doi.org/10.1089/ind.2018.0010>
57. Xavier, L. J. C., & Boyetchko, S. M. (2002). Arbuscular mycorrhizal fungi as biostimulants and bioprotectants of crops. En *Applied Mycology and Biotechnology* (Vol. 2, Número C, pp. 311-340). [https://doi.org/10.1016/S1874-5334\(02\)80015-6](https://doi.org/10.1016/S1874-5334(02)80015-6)
58. Xu, C., Ma, M., Xin, J., Li, J., Ma, F., Fang, D., Liu, G., & Bao, Z. (2024). The active compound in *Rheum officinale* Baill, aloe-emodin promotes tomato seedling growth. En *Plant Growth Regulation* (Vol. 102, Número 1, pp. 213-226). Springer Science and Business Media B.V. <https://doi.org/10.1007/s10725-023-00995-1>
59. Yakhin, O. I., Lubyantsev, A. A., Yakhin, I. A., & Brown, P. H. (2017). Biostimulants in plant science: A global perspective. En *Frontiers in Plant Science* (Vol. 7). Frontiers Media S.A. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.02049>
60. Zaini, N. S. M., Khudair, A. J. D., Mohsin, A. Z., Lim, E. J., Minato, W., Idris, H., Yaacob, J. S., & Rahim, M. H. A. (2023). Biotransformation of food waste into biofertilisers through composting and anaerobic digestion: A review. En *Plant, Soil and Environment* (Vol. 69, Número 9, pp. 409-420). Czech Academy of Agricultural Sciences. <https://doi.org/10.17221/101/2023-PSE>
61. Zhang, X., Yin, J., Ma, Y., Peng, Y., Fenton, O., Wang, W., Zhang, W., & Chen, Q. (2024). Unlocking the potential of biostimulants derived from organic waste and by-product sources: Improving plant growth and tolerance to abiotic stresses in agriculture. En *Environmental Technology and Innovation* (Vol. 34). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2024.103571>

62. Zheng, W., Dai, J., Li, N., Zhao, H., Chang, H., Liao, X., Sheng, F., & Qin, L. (2023). Comparative Evaluation of Microbially-Produced Biostimulants on Peanut Growth. En *Sustainability (Switzerland)* (Vol. 15, Número 10). MDPI. <https://doi.org/10.3390/su15108025>

Anexos

Preparación de extracto vegetal de ortiga.



Inoculación de micorrizas.



Aplicación del bioestimulante.



Frutos obtenidos.



Medición de las variables.



Datos obtenidos en el tratamiento control (T0).

Tratamiento	Repetición	Altura de la planta (cm)	Numero de hojas	Diametro polar del fruto(cm)	diametro ecuatorial del fruto (cm)	Peso del fruto(g)	longitud de la raíz(cm)	peso fresco de la raíz (g)	peso fresco de la parte aerea (g)	rendimiento (kg/m ²)
T0	1	20	6	2.5	2.2	5.88	3.9	0.14	2.98	0.024
T0	2	15	6	1.5	0.9	0.85	3.2	0.15	2.18	
T0	3	25.5	5	2.5	1.7	4.1	3.4	0.13	4.12	
T0	4	12	3	1.4	0.6	0.6	2	0.05	0.77	
T0	5	14.2	6	1.9	1.2	1.4	1.5	0.07	2.59	
T0	6	20.1	4	1.7	0.5	0.52	3.5	0.14	2.41	
T0	7	19.1	4	1.8	1.1	2.55	1.5	0.1	2.39	
T0	8	17	4	1.1	1.2	1.17	2.9	0.17	2.71	
T0	9	14.5	4	1.9	1.3	0.74	2.7	0.17	2.97	
T0	10	15.1	3	1.8	0.7	0.66	2.4	0.06	2.15	
T0	11	14	4	1.9	1.1	1.07	3	0.09	2.69	
T0	12	0	0	0	0	0	0	0	0	
T0	13	16.4	4	1.2	0.9	0.51	3.1	0.12	2.4	
T0	14	13	4	1.1	0.7	0.61	2.6	0.08	2.04	
T0	15	0	0	0	0	0	0	0	0	
T0	16	0	0	0	0	0	0	0	0	
T0	17	13	4	1.1	0.6	0.45	2.1	0.06	2.17	

Datos obtenidos en el tratamiento Extracto de Ortiga al 10 % (T1).

Tratamiento	Repetición	Altura de la planta (cm)	Numero de hojas	Diametro polar del fruto (cm)	diametro ecuatorial del fruto (cm)	Peso del fruto (g)	longitud de la raíz (cm)	peso fresco de la raíz (g)	peso fresco de la parte aerea (g)	rendimiento (kg/m2)
T1	1	16.2	5	2.7	2.2	7.48	3.5	0.07	2.55	0.11
T1	2	21.5	6	2.2	2.2	6.57	8	0.21	4.4	
T1	3	20.4	6	2.3	1.6	3.54	4.5	0.15	2.7	
T1	4	18	5	2	1.6	2.8	4.5	0.18	2.68	
T1	5	20	5	2.2	1.8	4.48	5	0.08	2.81	
T1	6	20.5	5	2.8	2.3	8.3	4	0.11	4.02	
T1	7	17	5	2.8	2	7.43	4	0.08	2.6	
T1	8	16	5	1.8	1.9	3.7	3.2	0.07	2.57	
T1	9	17.5	5	2.7	2.1	6.1	3.8	0.1	2.68	
T1	10	17.5	5	2.4	2.1	5.38	4.5	0.06	2.7	
T1	11	20	5	2.4	2	5.52	4.7	0.1	2.1	
T1	12	20.5	6	2.3	2.6	7.8	5	0.2	2.68	
T1	13	19	5	2.2	2	5.26	3.5	0.08	2.73	
T1	14	17.5	5	2.4	2	5.59	3.3	0.08	2.9	
T1	15	16	5	2.3	1.8	3.94	4.8	0.14	2.39	
T1	16	22	6	3	2.1	6.25	6.5	0.09	2.94	
T1	17	23	6	2.6	2	5.31	6.5	0.11	3.4	

Datos obtenidos en el tratamiento Extracto de Ortiga al 10 % + Micorrizas (T2).

Tratamiento	Repetición	Altura de la planta (cm)	Numero de hojas	Diametro polar del fruto (cm)	diametro ecuatorial del fruto (cm)	Peso del fruto (g)	longitud de la raíz (cm)	peso fresco de la raíz (g)	peso fresco de la parte aerea (g)	rendimiento (kg/m2)
T2	1	31	6	4.1	2.9	12.55	6.7	0.41	9.49	0.38
T2	2	29	7	4.8	3.1	24.37	9	0.34	10.47	
T2	3	32	7	4.1	3.1	24.06	6.5	0.51	12.92	
T2	4	31.7	6	3.2	2.8	15.73	6.5	0.53	11.74	
T2	5	31.6	7	4.4	3.4	24.07	6.2	0.42	11.2	
T2	6	29.6	6	4.3	2.9	21.35	5	0.22	7.41	
T2	7	33.2	6	3.7	2.8	13.94	6.5	0.43	12.01	
T2	8	34	7	4.1	2.6	14.38	9.7	0.47	12.41	
T2	9	36	7	3.5	2.9	12.83	7.9	0.43	11.13	
T2	10	31.5	7	4.7	3.5	32.15	8	0.38	14.2	
T2	11	26	6	3.3	3	17.37	4.5	0.34	12.4	
T2	12	24.5	6	3.7	3.7	23.12	5.5	0.31	8.15	
T2	13	35	7	3.5	3.3	19.07	5.8	0.49	14.16	
T2	14	33	6	3.3	3.6	20.13	7.5	0.51	9.17	
T2	15	35.5	6	4.3	3.6	22.17	8	0.47	11.21	
T2	16	31	7	4.6	2.9	16.12	9.4	0.51	14.67	
T2	17	32.3	7	3.6	2.9	19.92	7.2	0.46	10.34	

Datos obtenidos en el tratamiento Extracto de Ortiga al 20 % + Micorrizas (T3).

Tratamiento	Repetición	Altura de la planta (cm)	Numero de hojas	Diametro polar del fruto (cm)	diametro ecuatorial del fruto (cm)	Peso del fruto (g)	longitud de la raíz (cm)	peso fresco de la raíz (g)	peso fresco de la parte aerea (g)	rendimiento (kg/m2)
T3	1	37	7	4.1	3.5	22.49	4.5	0.11	11.93	0.63
T3	2	42.5	9	5.5	3.8	35.23	11.5	0.47	26.37	
T3	3	31.8	8	5.3	3.5	38.03	5.5	0.24	13.98	
T3	4	37.2	8	4	3.3	21.7	7.5	0.27	12.15	
T3	5	36	7	3.6	3.3	18.69	9.6	0.52	13.84	
T3	6	46.3	9	6	3.9	42.51	12.5	0.96	26.32	
T3	7	34.5	7	4	3.9	31.84	6.1	0.69	11.15	
T3	8	37.5	8	6.1	3.8	46.83	12	0.58	14.2	
T3	9	35.5	7	4.2	3.7	32.59	6.5	0.78	16.95	
T3	10	34.3	8	3.9	3.4	20.53	8.5	0.4	13.26	
T3	11	34.8	7	5.3	3.4	27.63	6	0.39	10.76	
T3	12	36.7	8	4.4	3.7	27.57	9.5	0.57	10.24	
T3	13	33.4	7	7.3	3.4	43.52	6.2	0.33	16.77	
T3	14	34.8	7	4.7	3.6	31.31	6	0.34	10.15	
T3	15	37.5	9	5	3.8	33.28	8.5	0.55	20.68	
T3	16	34.1	7	5.8	4.4	44.67	5.8	0.78	21.46	
T3	17	37.4	7	4.8	3.5	30.12	6.9	0.89	18.92	

UNEMI
UNIVERSIDAD ESTATAL DE MILAGRO

¡Evolución académica!

-9

@UNEMIEcuador

