



UNIVERSIDAD ESTATAL DE MILAGRO

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

FACULTAD DE POSGRADO

INFORME DE INVESTIGACIÓN

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:

MAGÍSTER EN BIOTECNOLOGÍA

TEMA:

**EVALUACIÓN DEL CONTENIDO TOTAL DE FLAVONOIDES EN
BIOESTIMULANTE FORMULADO CON EXTRACTOS NATURALES MEDIANTE
ESPECTROFOTOMETRÍA UV -VIS**

AUTOR:

ANAIRA ANGELINE RAMÍREZ GARCÍA

ERIKA NEYR RIVAS FARFÁN

TUTOR:

MSc. KAREN RODAS P.

Milagro, 2025

Derechos de Autor

Sr. Dr.

Fabrizio Guevara Viejó

Rector de la Universidad Estatal de Milagro

Presente.

Yo, **Anaira Angeline Ramírez García**, en calidad de autor y titular 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, concedo 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 Proyecto de Investigación en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

El autor declara 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, **08 de agosto de 2025**



Anaira Angeline
Ramírez García
Time Stamping
Security Data

Anaira Angeline Ramírez García

C.I.: 0960689669

Derechos de Autor

Sr. Dr.

Fabrizio Guevara Viejó

Rector de la Universidad Estatal de Milagro

Presente.

Yo, **Erika Neyr Rivas Farfán**, en calidad de autor y titular 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, concedo 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 Proyecto de Investigación en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

El autor declara 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, 08 de agosto de 2025



Erika Neyr Rivas Farfán

C.I.: 1757262397

Aprobación del Tutor del Trabajo de Titulación

Yo, **Karen Alexandra Rodas Pazmiño**, en mi calidad de tutor del trabajo de titulación, elaborado por **Anaira Angeline Ramírez García y Erika Neyr Rivas Farfán**, cuyo tema es **Evaluación del contenido total de flavonoides de bioestimulante formulado con extractos naturales mediante espectrofotometría UV-VIS**, que aporta a la Línea de Investigación **Innovación tecnológica en procesos de producción agropecuaria** previo a la obtención del Grado **Magíster 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, 08 de agosto de 2025



Firmado electrónicamente por:
**KAREN ALEXANDRA
RODAS PAZMINO**

Validar únicamente con FirmaEC

Karen Alexandra Rodas Pazmiño,

C.I.: 092348648-4

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO
FACULTAD DE POSGRADO
ACTA DE SUSTENTACIÓN
MAESTRÍA EN BIOTECNOLOGÍA

En la Facultad de Posgrado de la Universidad Estatal de Milagro, a los veintiocho días del mes de julio del dos mil veinticinco, siendo las 16:00 horas, de forma VIRTUAL comparece el/la maestrante, RAMIREZ GARCIA ANAIRA ANGELINE, a defender el Trabajo de Titulación denominado " **EVALUACIÓN DEL CONTENIDO TOTAL DE FLAVONOIDES EN BIOESTIMULANTE FORMULADO CON EXTRACTOS NATURALES MEDIANTE ESPECTROFOTOMETRÍA UV-VIS** ", ante el Tribunal de Calificación integrado por: Dra. NORIEGA VERDUGO DELIA DOLORES, Presidente(a), Msc GARCES MONCAYO MARÍA FERNANDA en calidad de Vocal; y, Msc SARANGO ORTEGA YESSENIA BEATRIZ que actúa como Secretario/a.

Una vez defendido el trabajo de titulación; examinado por los integrantes del Tribunal de Calificación, escuchada la defensa y las preguntas formuladas sobre el contenido del mismo al maestrante compareciente, durante el tiempo reglamentario, obtuvo la calificación de: **99.16** equivalente a: **EXCELENTE**.

Para constancia de lo actuado firman en unidad de acto el Tribunal de Calificación, siendo las 17:00 horas.



Firmado electrónicamente por:
**DELIA DOLORES
NORIEGA VERDUGO**
Validar únicamente con FirmaEC

Dra. NORIEGA VERDUGO DELIA DOLORES
PRESIDENTE/A DEL TRIBUNAL



Firmado electrónicamente por:
**YESSENIA BEATRIZ
SARANGO ORTEGA**
Validar únicamente con FirmaEC

Msc SARANGO ORTEGA YESSENIA BEATRIZ
SECRETARIO/A DEL TRIBUNAL



Firmado electrónicamente por:
**MARIA FERNANDA
GARCES MONCAYO**
Validar únicamente con FirmaEC

Msc GARCES MONCAYO MARÍA FERNANDA
VOCAL



Firmado electrónicamente por:
**ANAIRA ANGELINE
RAMIREZ GARCIA**
Validar únicamente con FirmaEC

RAMIREZ GARCIA ANAIRA ANGELINE
MAGÍSTER

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO
FACULTAD DE POSGRADO
ACTA DE SUSTENTACIÓN
MAESTRÍA EN BIOTECNOLOGÍA

En la Facultad de Posgrado de la Universidad Estatal de Milagro, a los veintiocho días del mes de julio del dos mil veinticinco, siendo las 16:00 horas, de forma VIRTUAL comparece el/la maestrante, LIC. RIVAS FARFAN ERIKA NEYR, a defender el Trabajo de Titulación denominado " **EVALUACIÓN DEL CONTENIDO TOTAL DE FLAVONOIDES EN BIOESTIMULANTE FORMULADO CON EXTRACTOS NATURALES MEDIANTE ESPECTROFOTOMETRÍA UV-VIS** ", ante el Tribunal de Calificación integrado por: Dra. NORIEGA VERDUGO DELIA DOLORES, Presidente(a), Msc GARCES MONCAYO MARÍA FERNANDA en calidad de Vocal; y, Msc SARANGO ORTEGA YESSENIA BEATRIZ que actúa como Secretario/a.

Una vez defendido el trabajo de titulación; examinado por los integrantes del Tribunal de Calificación, escuchada la defensa y las preguntas formuladas sobre el contenido del mismo al maestrante compareciente, durante el tiempo reglamentario, obtuvo la calificación de: **99.16** equivalente a: **EXCELENTE**.

Para constancia de lo actuado firman en unidad de acto el Tribunal de Calificación, siendo las 17:00 horas.



Firmado electrónicamente por:
**DELIA DOLORES
NORIEGA VERDUGO**

Validar únicamente con FirmaEC

Dra. NORIEGA VERDUGO DELIA DOLORES
PRESIDENTE/A DEL TRIBUNAL



Firmado electrónicamente por:
**YESSENIA BEATRIZ
SARANGO ORTEGA**

Validar únicamente con FirmaEC

Msc SARANGO ORTEGA YESSENIA BEATRIZ
SECRETARIO/A DEL TRIBUNAL



Firmado electrónicamente por:
**MARIA FERNANDA
GARCES MONCAYO**

Validar únicamente con FirmaEC

Msc GARCES MONCAYO MARÍA FERNANDA
VOCAL



Firmado electrónicamente por:
**ERIKA NEYR RIVAS
FARFAN**

Validar únicamente con FirmaEC

LIC. RIVAS FARFAN ERIKA NEYR
MAGÍSTER

Dedicatoria

A mi hija, mi luz y mi mayor inspiración. Aunque pequeña, tu existencia me ha dado fuerza en los días más agotadores y sentido a cada sacrificio. Este logro también es tuyo.

A mi amado compañero de vida. Gracias por tu apoyo incansable en este recorrido. Gracias por tu paciencia, tu amor incondicional y por estar a mi lado en los momentos más difíciles. Tu fe en mí ha sido un motor fundamental para alcanzar esta meta.

A mi madre, por ser ejemplo de lucha, valentía y entrega. Gracias por enseñarme, con tu vida, el valor del esfuerzo y la importancia de nunca rendirse. Sin tu apoyo incondicional, este camino habría sido mucho más difícil.

A la memoria de mis seres queridos que ya no están (Andrisbel Sulbaran y Rafael Ramírez) cuyo amor, ejemplo y sacrificios siguen guiando mi camino. Esta meta también es de ustedes.

A toda mi familia, por creer en mí, por su apoyo constante y por enseñarme el valor de las raíces, la unidad y el amor. Cada uno de ustedes ha sido parte esencial de este logro.

A mis amigos y compañeros de trabajo, por sus palabras de aliento, su compañía sincera y por estar presentes incluso en la distancia. Gracias por celebrar cada avance y levantarme en cada tropiezo.

Este trabajo no es solo mío. Es el reflejo del amor, la comprensión y el apoyo de todos ustedes.

Anaira Angeline Ramírez García

Dedicatoria

A Dios, por ser mi guía y fortaleza en cada paso del camino.

A mi madre, por su apoyo incondicional y por ser el pilar más firme de mi vida.

A mis hermanos, por acompañarme y sostenerme siempre.

A mi familia, tanto la que me acompaña de cerca como la que está lejos, pero siempre presente en el corazón.

A mis ángeles en el cielo, cuya memoria me impulsa a seguir con fe y esperanza.

Y a mí misma, por no rendirme, por resistir las dudas y el cansancio, por creer.

Erika Neyr Rivas Farfán

Agradecimientos

Agradezco a Dios por darme la fortaleza, la sabiduría y la salud necesarias para culminar con éxito esta etapa de mi vida. Sin su guía y bendición, nada de esto habría sido posible.

A mi familia, por su amor incondicional, su paciencia y su constante apoyo en cada paso de este camino. Gracias por creer en mí y motivarme a seguir adelante, incluso en los momentos más difíciles.

Expreso mi más sincero agradecimiento a la Msc. Karen Rodas, por su valiosa orientación, dedicación y compromiso durante todo el proceso de elaboración de esta tesis.

También quiero extender mi gratitud a todas las personas que de una u otra forma colaboraron en las distintas etapas de este trabajo de investigación. Su disposición, tiempo y aportes hicieron posible la realización de este proyecto. De manera especial, agradezco a Agrokawa, empresa comprometida con la sostenibilidad y el desarrollo de la biotecnología agrícola, cuya colaboración fue fundamental para el desarrollo experimental de esta investigación.

A todos, gracias por formar parte de este logro.

Anaira Angeline Ramírez García

Agradecimientos

A Dios, por darme la fuerza y la claridad para culminar este camino.

A mi madre y a mis hermanos, por su amor incondicional y por estar siempre presentes a lo largo de este proceso.

A cada uno de los docentes de la Maestría en Biotecnología, por compartir su conocimiento con generosidad.

A mi tutora Msc. Karen Rodas, por su guía, paciencia y orientación durante todo el proceso.

Gracias a todos quienes, de alguna forma, contribuyeron a la realización de este logro.

Erika Neyr Rivas Farfán

Resumen

Los flavonoides son compuestos polifenólicos ampliamente distribuidos en las plantas, reconocidos por sus propiedades antioxidantes, antiinflamatorias y su participación en mecanismos de defensa frente a factores bióticos y abióticos. Su aplicación en la agricultura mediante bioestimulantes elaborados con extractos vegetales representa una alternativa sostenible al uso excesivo de fertilizantes químicos, los cuales han generado impactos negativos en la salud del suelo y el ambiente. NEKATE es un bioestimulante formulado con extractos naturales ricos en flavonoides que podría contribuir al mejoramiento del desarrollo vegetal y la calidad del suelo. Sin embargo, existe escasa información sobre la concentración y estabilidad de estos compuestos en productos comerciales. El objetivo de este estudio fue cuantificar el contenido total de flavonoides en NEKATE mediante espectrofotometría UV-Vis (a 415 nm), evaluar su estabilidad durante seis meses a temperatura ambiente y analizar su efecto en variables morfológicas de plantas tratadas. Se empleó un enfoque cuantitativo con diseño experimental, descriptivo y longitudinal. Los análisis revelaron una concentración inicial de 276 mg/L equivalentes de quercetina (EQ), la cual disminuyó a 251 mg/L EQ tras seis meses, con una retención del 90,94 %, lo que evidencia una alta estabilidad del producto. En los ensayos de campo, las plantas tratadas mostraron mejoras significativas en altura, número de hojas funcionales, longitud radicular, diámetro del bulbo y estado sanitario. El peso fresco total casi se triplicó respecto al grupo control 680 %, lo que indica una respuesta fisiológica favorable al bioestimulante. Estos resultados respaldan el potencial de NEKATE como bioinsumo eficaz y estable, útil en sistemas agrícolas sostenibles.

Palabras clave: flavonoides, bioestimulante, agricultura sostenible, espectrofotometría UV-VIS, quercetina, extractos vegetales, estabilidad, suelo, crecimiento vegetal.

Abstract

Flavonoids are polyphenolic compounds widely distributed in plants, known for their antioxidant and anti-inflammatory properties, as well as their role in defense mechanisms against biotic and abiotic stress. Their application in agriculture through biostimulants made from plant extracts offers a sustainable alternative to the excessive use of chemical fertilizers, which have caused negative impacts on soil health and the environment. NEKATE is a biostimulant formulated with natural extracts rich in flavonoids, which may contribute to improved plant development and soil quality. However, there is limited information regarding the concentration and stability of these compounds in commercial products. The objective of this study was to quantify the total flavonoid content in NEKATE using UV-Vis spectrophotometry (at 415 nm), evaluate its stability over six months at room temperature, and analyze its effects on morphological variables of treated plants. A quantitative approach with an experimental, descriptive, and longitudinal design was applied. The analyses revealed an initial concentration of 276 mg/L quercetin equivalents (QE), which decreased to 251 mg/L QE after six months, showing a retention rate of 90.94 %, indicating high product stability. In field trials, treated plants showed significant improvements in height, number of functional leaves, root length, bulb diameter, and overall plant health. Total fresh weight nearly tripled compared to the control group (+680 %), indicating a favorable physiological response to the biostimulant. These results support the potential of NEKATE as an effective and stable bioinput, contributing valuable data for its standardization and application in sustainable agricultural systems.

Keywords: flavonoids, biostimulants, sustainable agriculture, UV-VIS spectrophotometry, quercetin, plant extracts, stability, soil, plant growth.

Lista de Figuras

FIGURA 1. Estructura central del esqueleto flavonólico de los principales subgrupos de flavonoides.	21
FIGURA 2. Diagrama de proceso de la elaboración de bioestimulante NEKATE	32
FIGURA 3. Diagrama de proceso de la determinación cuantitativa de flavonoides en NEKATE mediante espectrofotometría UV-VIS.	32
FIGURA 4. Diagrama de proceso de evaluación agronómica de las plantas.....	33
FIGURA 5. Evaluación de la estabilidad de flavonoides en NEKATE	43
FIGURA 6. Comparación gráfica de variables agronómicas entre Control y NEKATE	47

Lista de tablas

Tabla 1. Operacionalización de variables	12
Tabla 2. Subgrupos de flavonoides, ejemplos representativos y sus principales características.....	21
Tabla 3. Características estructurales presentes en algunos flavonoides	22
Tabla 4. Funciones principales de los flavonoides en las plantas y su relación con mecanismos de defensa, señalización y metabolismo enzimático	22
Tabla 5. Ficha técnica de bioestimulante NEKATE	23
Tabla 6. Concentración de flavonoides totales en el bioestimulante NEKATE	42
Tabla 7. Comparación de variables agronómicas y variación porcentual entre Control y NEKATE	45

Índice

Introducción	1
CAPÍTULO I: El Problema de la Investigación	5
1.1. Planteamiento del problema	5
1.2. Delimitación del problema	7
1.2.1. Espacio.....	7
1.2.2. Tiempo.....	7
1.2.3. Universo	7
1.3. Formulación del problema	8
1.4. Preguntas de investigación	8
1.5. Objetivos	8
1.5.1. Objetivo general	8
1.5.2. Objetivos específicos	9
1.6. Hipótesis.....	9
1.6.1. Hipótesis general	9
1.6.2. Hipótesis Particular.....	9
1.7. Justificación	9
1.8. Declaración de las variables.....	11
1.8.1. Variables independientes	11
1.8.2. Variables dependientes	12
1.8.3. Operacionalización de Variables.....	12
CAPÍTULO II: Marco Teórico Referencial.....	14
2.1. Antecedentes	14
2.1.1. Bioestimulantes	15
2.1.2. Flavonoides.....	16
2.1.2.1. Quercetina	17
2.1.3. Espectrofotometría UV-Vis en la cuantificación de flavonoides	19
2.2. Marco Conceptual	19
2.2.1. Flavonoides.....	19
2.2.2. Estructura química de los flavonoides.....	20
2.2.3. Clasificación de Flavonoides y Características Estructurales	21
2.2.4. Propiedades de los flavonoides	22
2.2.5. Funciones de los flavonoides en plantas	22
2.2.6. Bioestimulante NEKATE	23

2.2.7.	Técnicas de análisis de flavonoides	25
2.2.7.1.	Espectrofotometría UV-Vis	25
2.2.7.2.	Métodos de evaluación de flavonoides	25
2.2.7.3.	Evaluación in situ de la aplicación: detalle foliar y radicular	25
2.2.7.3.1.	Altura de la planta	26
2.2.7.3.2.	Diámetro del bulbo	26
2.2.7.3.3.	Longitud de raíz	26
2.2.7.3.4.	Peso fresco	27
2.2.7.3.5.	Número de hojas funcionales	28
2.2.7.3.6.	Estado sanitario general	29
CAPÍTULO III: Diseño Metodológico		31
3.1	Tipo y diseño de investigación	31
3.2	La población y la muestra	33
3.2.1	Población	33
3.2.2	Muestra	33
3.2.3	Selección de la muestra	34
3.3	Los métodos y las técnicas	35
3.3.1	Materiales	35
3.3.1.1	Material biológico	35
3.3.1.2	Reactivos	35
3.3.1.3	Instrumentos	35
3.3.2	Procedimientos	36
3.3.2.1	Determinación de quercetina mediante espectrofotometría UV-VIS	36
3.3.2.2	Diseño experimental In Situ mediante Huertos de rábano para la aplicación del Bioestimulante NEKATE	37
3.3.2.3	Evaluación agronómica de las plantas	38
3.3.3	Métodos	39
3.3.3.1	Método inductivo	39
3.3.3.2	Método de observación	40
3.3.3.3	Método analítico y experimental	40
3.3.3.4	Área de investigación	40
3.4	Procesamiento estadístico de la información	40
CAPÍTULO IV: Análisis e Interpretación de Resultados		42
4.1	Análisis del contenido total de flavonoides en NEKATE mediante espectrofotometría UV-Vis	42
4.2	Evaluación de la estabilidad de flavonoides en NEKATE durante almacenamiento	43
4.3	Efecto del bioestimulante NEKATE en características agronómicas de las plantas	44

CAPÍTULO V: Discusiones, Conclusiones y Recomendaciones	48
5.1. Discusión	48
5.2. Conclusiones.....	50
5.3. Recomendaciones	51
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	52

Introducción

Los flavonoides denotan un conjunto extenso de compuestos polifenólicos que tienen una estructura benzopirano. Estos compuestos son conocidos por sus propiedades antioxidantes, antiinflamatorias y su capacidad para proteger contra el estrés oxidativo, los cuales están ampliamente distribuidos en el reino vegetal y se encuentran de forma universal en las plantas vasculares, en forma de glicósidos, ellos son muy importantes para el desarrollo y buen

funcionamiento de las plantas, ya que actúan como atrayentes de animales en la oviposición, como agentes protectores contra la luz UV o contra la infección por organismos fitopatógenos; además, estos compuestos presentan propiedades relacionadas con la salud humana, lo cual está basado en su actividad antioxidante (Cartaya et al., 2001). En los últimos años, el estudio de estos compuestos ha cobrado relevancia en diversas disciplinas científicas, como la biotecnología, la agricultura y la medicina, debido a sus aplicaciones potenciales en la mejora de cultivos y en el desarrollo de productos bioactivos para la salud humana y animal, en el ámbito agrícola, los flavonoides juegan un papel fundamental en la defensa de las plantas frente a factores bióticos y abióticos, favoreciendo su capacidad para resistir enfermedades y adaptarse a condiciones de estrés ambiental (Bago et al., 2001). Además, los flavonoides son esenciales en las interacciones planta-microorganismo, particularmente en la formación de simbiosis con bacterias fijadoras de nitrógeno como *Rhizobium spp.* y *Azospirillum spp.*, actuando como señales químicas en la rizosfera (Hassan y Mathesius, 2012).

En las últimas décadas, el uso de preparados orgánicos ha cobrado relevancia en la práctica agrícola debido a que las variaciones en factores ambientales como la temperatura, la luz y la humedad impactan significativamente el proceso de producción de cultivos, al generar distintos niveles de estrés en las plantas (Ardisana et al., 2020). Los bioestimulantes se presentan como una alternativa eficaz para mitigar este estrés, mejorar la calidad de los productos recolectados y aumentar la resistencia de los cultivos frente a plagas y enfermedades (Salazar et al., 2021). Además, su utilización representa una opción más natural y sostenible, ya que, en la mayoría de los casos, se elaboran a partir

de materias primas de origen orgánico. Esto contribuye a la reducción de la contaminación ambiental, especialmente cuando se emplean bioestimulantes ecológicos (Ardisana et al., 2020).

El análisis de flavonoides es particularmente relevante en el contexto de los derivados de plantas. Según Nicolescu (2025) el contenido total de flavonoides se utiliza como un método de cribado en la química analítica de estos productos, proporcionando una herramienta rápida, accesible y de bajo costo para evaluar su potencial. Este tipo de análisis es crucial para la caracterización de plantas y sus derivados mediante técnicas como la espectrofotometría UV-VIS. Esta metodología resulta especialmente útil en la agricultura, debido a que ofrece información valiosa sobre los metabolitos secundarios que pueden impactar en la resistencia de las plantas a factores de estrés, mejorando así su rendimiento y salud. Esto subraya la importancia tanto en la investigación como en la aplicación práctica de estos productos (Nicolescu et al., 2025). Los flavonoides tienen un impacto positivo en la mejora de la calidad del suelo, la resistencia de las plantas a plagas y enfermedades, y el aumento de la productividad agrícola. Su inclusión en productos como bioestimulante podría generar un doble beneficio: mejorar las propiedades nutricionales del suelo y estimular el crecimiento de las plantas mediante mecanismos naturales. Estos compuestos son de particular interés debido a su capacidad para promover el desarrollo vegetal y mejorar la eficiencia de los procesos biológicos que facilitan la nutrición de las plantas (Khalid, et al, 2006).

Según Argüello (2011) en los últimos años, el empleo de fertilizantes y agroquímicos ha aumentado considerablemente, ya que facilita una mayor velocidad en la producción agrícola para satisfacer la creciente demanda de los consumidores. No obstante, se ha afirmado lo siguiente: El uso indiscriminado de estos productos y uso de agentes químicos, medicamentos, aditivos y plaguicidas, en procesos industriales o con otros fines, ha provocado que las personas estén cada vez más expuestas a diversas sustancias, las cuales, dependiendo de su forma de uso, pueden representar un riesgo para la salud. (Salamanca, 2020)

Saucedo et al. (2024), señalan que, aunque estos fertilizantes contribuyen al aumento de la productividad agrícola a corto plazo, su uso intensivo y descontrolado genera efectos adversos tanto a nivel económico como ambiental. Se ha evidenciado que la aplicación excesiva de estos insumos conlleva a la degradación de los suelos, la contaminación de cuerpos de agua y una reducción significativa de la biodiversidad. Por otra parte, el análisis de datos recopilados en las 23 provincias del Ecuador revela que, a largo plazo, el empleo de fertilizantes químicos se asocia negativamente con el desarrollo agrícola sostenible. Este fenómeno resalta la importancia de encontrar alternativas sostenibles que puedan mitigar estos efectos negativos, como el uso de productos orgánicos junto con los químicos (Saucedo et al, 2024). En este contexto, el crecimiento sostenido de la producción de bioinsumos en Ecuador, como los biofertilizantes y bioestimulantes, refleja un claro interés por alternativas más sostenibles en la agricultura. Este aumento en el número de operadores dedicados a esta actividad también ha impulsado el uso de productos como los bioestimulantes, en línea con las prácticas de la agricultura orgánica (Ruales y Barriga, 2020). Sin embargo, la falta de investigaciones detalladas sobre su composición, en particular en lo referente a la presencia y concentración de flavonoides, limita su optimización. Estos compuestos podrían desempeñar un papel clave al potenciar la actividad biológica de microorganismos beneficiosos en el suelo, favoreciendo así la absorción de nutrientes y proporcionando una mayor protección frente a enfermedades. De hecho, se ha demostrado que extractos vegetales ricos en flavonoides presentan actividad antifúngica contra *Fusarium oxysporum sp* en cultivos de tomate, lo que refuerza su potencial como agentes protectores en el tratamiento de enfermedades vegetales (Tucuch et al., 2021). No obstante, la variabilidad en las concentraciones de flavonoides en los bioestimulantes producidos en diferentes regiones del Ecuador dificulta su estandarización y efectividad.

Además, la falta de métodos adecuados y protocolos estandarizados para la extracción y cuantificación de flavonoides en estos productos complica la evaluación de su calidad y eficacia. Por ello, el análisis de flavonoides por tecnología de espectrofotometría UV en estos bioinsumos resulta

ampliamente útil para comprender mejor su potencial y establecer criterios de calidad (Forni et al, 2019).

Este estudio tiene como objetivo evaluar el contenido de flavonoides en muestras de bioestimulantes elaborados a partir de extractos naturales. En particular, se estudiará el bioestimulante Nekate, el cual está formulado con diversos extractos vegetales ricos en compuestos bioactivos, incluidos los flavonoides. Se plantea que la presencia de estos compuestos en el producto podría mejorar su efectividad en la promoción del crecimiento vegetal y en la protección de las plantas, lo que hace necesario realizar un análisis detallado para identificar su concentración, distribución y posibles efectos en la agricultura. Además, se evaluará la estabilidad de la concentración de flavonoides en el bioestimulante Nekate a temperatura ambiente durante un período aproximado de seis meses, con el fin de determinar cómo esta condición puede influir en la efectividad a largo plazo del producto.

El diseño teórico de esta investigación parte de la premisa de que los flavonoides presentes en los bioestimulantes influyen positivamente en el rendimiento de los cultivos. Sin embargo, dado que la estabilidad de estos compuestos puede variar con el tiempo, dicha variabilidad se convierte en un factor crítico que podría afectar la eficacia del producto. Por esta razón, resulta fundamental estudiar su estabilidad a temperatura ambiente, con el fin de garantizar la calidad del bioproducto durante su almacenamiento y uso.

El enfoque metodológico incluirá la recolección y análisis de muestras de Nekate, seguidas de la evaluación total de flavonoides en el producto, con un enfoque principal en la concentración de quercetina. Además, se realizará un seguimiento de la estabilidad de los flavonoides a temperatura ambiente durante seis meses. Se utilizarán métodos espectrofotométricos, específicamente la espectroscopía UV-Vis, con el fin de asegurar resultados precisos que permitan analizar la calidad y efectividad del producto (Forni et al., 2019).

CAPÍTULO I: El Problema de la Investigación

1.1. Planteamiento del problema

La agricultura en Ecuador enfrenta serios desafíos derivados del uso intensivo de fertilizantes químicos (INEC, 2016). Aunque su adopción ha impulsado la productividad agrícola a corto plazo, estos insumos han causado impactos ambientales negativos a largo plazo, como el deterioro del suelo, la contaminación de fuentes hídricas y la disminución de la biodiversidad; estos problemas se atribuyen principalmente a la utilización desmedida de fertilizantes sin una regulación efectiva ni prácticas de manejo sostenible (Painii, 2022). A pesar de los beneficios inmediatos en rendimiento, la dependencia de estos productos está contribuyendo a la degradación ambiental, lo que evidencia la necesidad urgente de explorar alternativas más sostenibles (Saucedo et al., 2024).

Los bioinsumos se presentan como una alternativa más sostenible y respetuosa con el entorno natural. Según el Manual Técnico para el Registro y Control de Fertilizantes, Enmiendas de Suelo y Productos Afines de Uso Agrícola (Agrocalidad, 2022), un bioestimulante se define como un producto que actúa en la fisiología de las plantas de diferentes formas y por diferentes vías para promover el crecimiento y desarrollo de estas; además, mejoran su metabolismo y adaptación a condiciones adversas o de estrés. Estos compuestos no sólo contribuyen a la mejora de la calidad del suelo, sino que también favorecen la actividad microbiológica del mismo, ayudando a restaurar la salud del ecosistema agrícola (Pan et al., 2025).

Es esencial que los productos orgánicos cumplan con los protocolos establecidos para garantizar su calidad y efectividad. Sin embargo, las normativas claras y los estándares para la cuantificación de flavonoides y otros compuestos activos en estos productos siguen siendo limitados (Balentine et al., 2015). Pese a ello, la ausencia de regulación no impide que la industria agrícola busque alternativas innovadoras para fortalecer la resistencia de los cultivos frente a diversas amenazas (Aramendis et al., 2023). La creciente necesidad de soluciones efectivas para

mitigar los daños causados en los cultivos ha impulsado una mayor demanda de bioproductos, un fenómeno que ha tomado relevancia en América Latina, donde los bioinsumos se presentan como una alternativa clave para una agricultura más sostenible y eficiente (FAO, 2024). Esto subraya la importancia de seguir investigando y desarrollando estos productos, a pesar de los desafíos que aún existen en términos de regulación y disponibilidad.

El uso excesivo de productos químicos en la agricultura ha generado efectos negativos significativos, como el aumento en la emisión de gases de efecto invernadero y la contaminación de los recursos hídricos (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias INIAP, 2021). Esta situación ha motivado la exploración de opciones más sostenibles, destacando el uso de especies vegetales en la producción de bioinsumos como una alternativa con alto potencial (Aramendis et al., 2023). Los bioproductos derivados de plantas no solo contribuyen a la reducción del impacto ambiental, sino que también ofrecen beneficios adicionales, como propiedades antioxidantes y antimicrobianas (Guarnizo et al., 2024). No obstante, para maximizar su efectividad y asegurar su aplicabilidad en la agricultura, resulta crucial profundizar en la investigación sobre el efecto de estos compuestos en el crecimiento de los cultivos y en el control de plagas, ya que las propiedades de los flavonoides y otros compuestos activos podrían desempeñar un papel clave en la mejora de la resistencia de las plantas (Pail et al., 2024).

El bioestimulante NEKATE, elaborado a partir de extractos vegetales ricos en flavonoides y otros compuestos bioactivos, es una de las alternativas que podría mejorar la calidad del suelo y la salud de los cultivos. Sin embargo, aún persisten interrogantes sobre la concentración de flavonoides en este producto, así como sobre la estabilidad de estos compuestos durante el almacenamiento a temperatura ambiente. La escasez de investigaciones sobre la variación en la concentración de flavonoides y su estabilidad bajo condiciones reales de uso reduce la confianza en el producto y dificulta su aceptación generalizada por parte de los usuarios.

1.2. Delimitación del problema

Este estudio se enfocará en la cuantificación del contenido total de flavonoides presentes en el bioestimulante NEKATE, a partir de los extractos vegetales que lo componen, mediante espectrofotometría UV-VIS. Asimismo, se analizará la estabilidad de estos flavonoides a lo largo de seis meses de almacenamiento a temperatura ambiente. El estudio también incluirá una evaluación del impacto del bioestimulante sobre las características morfológicas de plantas tratadas con NEKATE, comparándolas con plantas no tratadas. El análisis se limitará a la caracterización química de los flavonoides presentes en NEKATE y su comportamiento a lo largo del tiempo, así como su efecto en las plantas bajo condiciones de almacenamiento normales. No se abordará la comparación del producto con otros fertilizantes ni su impacto directo en la productividad agrícola.

1.2.1. Espacio

Esta investigación se llevó a cabo en la República del Ecuador, en la Región Costa, específicamente en la Provincia del Guayas, cantón Guayaquil.

1.2.2. Tiempo

El estudio bibliográfico se enfocará en investigaciones recientes de los últimos 10 años. El trabajo experimental, llevado a cabo entre 2024 y 2025 durante un período de 12 meses, se dedicará a evaluar cómo estos bioestimulantes impactan la calidad del crecimiento de las plantas, considerando los resultados obtenidos en áreas físicas, químicas, agronómicas, bioinformáticas y estadísticas.

1.2.3. Universo

La investigación se centró en cuantificar la concentración de flavonoides utilizando espectrofotometría UV, así como en evaluar agronómicamente las plantas mediante observación directa.

1.3. Formulación del problema

Deficiencia de información sobre la concentración, estabilidad y efectos de los flavonoides en el bioestimulante NEKATE en sistemas agrícolas sostenibles.

Este problema se centra en la escasez de información sobre la concentración de flavonoides en el bioestimulante NEKATE, así como sobre su estabilidad a lo largo del tiempo durante el almacenamiento. Además, resalta la falta de datos sobre cómo estos compuestos pueden influir en la calidad del suelo y en el crecimiento de las plantas dentro de los sistemas agrícolas sostenibles. La ausencia de protocolos estandarizados para la cuantificación precisa de los flavonoides dificulta la evaluación de su potencial como una alternativa viable a los insumos agrícolas convencionales. El desarrollo de métodos fiables y consistentes para medir estos compuestos será crucial para aprovechar sus beneficios en la mejora del suelo y el rendimiento de los cultivos en un enfoque más ecológico y sostenible.

1.4. Preguntas de investigación

- ¿Cuál es la concentración total de quercetina presentes en el bioestimulante NEKATE elaborado a partir de extractos vegetales?
- ¿Cómo varía la concentración total de quercetina en NEKATE durante su almacenamiento a temperatura ambiente durante un periodo de seis meses?
- ¿Qué factores influyen en la estabilidad de los flavonoides en NEKATE durante el almacenamiento a temperatura ambiente?
- ¿Cuál es la relación entre la concentración de flavonoides en NEKATE y sus posibles efectos en la mejora de la calidad del suelo y el crecimiento vegetal?

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general:

- Evaluar el contenido total de flavonoides en bioestimulante formulados con extractos naturales mediante espectrofotometría UV-VIS.

1.5.2. Objetivos específicos:

- Cuantificar el contenido total de flavonoides presentes en los extractos naturales que componen el bioestimulante NEKATE, utilizando espectrofotometría UV-VIS.
- Evaluar la estabilidad de los flavonoides totales en el bioestimulante NEKATE durante su almacenamiento a temperatura ambiente durante 6 meses.
- Relacionar la concentración total de flavonoides en los bioestimulantes con sus posibles efectos en la mejora de la calidad del suelo y el crecimiento vegetal.

1.6. Hipótesis

1.6.1. Hipótesis general

¿Es posible que el bioestimulante NEKATE mantenga al menos un 70% del contenido inicial de flavonoides después de 6 meses de almacenamiento a temperatura ambiente?

1.6.2. Hipótesis Particular.

El contenido total de flavonoides en bioestimulantes contribuye significativamente a la mejora de la calidad del suelo y al aumento del crecimiento vegetal, debido a las propiedades antioxidantes y bioactivas de los flavonoides.

1.7. Justificación

El uso de bioproductos en la agricultura representa una estrategia sostenible que permite mitigar los efectos negativos del uso excesivo de fertilizantes químicos y otros insumos sintéticos, los

cuales se ha evidenciado que causan contaminación en el suelo y el agua, además de afectar negativamente la biodiversidad y la salud humana (Saucedo et al., 2024). De acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2022), las prácticas agrícolas que favorecen el incremento de la materia orgánica y la biodiversidad del suelo contribuyen a mejorar su fertilidad y a optimizar la disponibilidad de nutrientes para las plantas. Sin embargo, es fundamental mantener un equilibrio entre las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo para garantizar un ambiente óptimo para el desarrollo de las raíces y, en consecuencia, mejorar la productividad agrícola. En respuesta a esta problemática, los bioproductos no solo contribuyen a la sostenibilidad ambiental, sino que también ofrecen beneficios económicos al reducir la dependencia de insumos químicos y disminuir los costos asociados a la producción agrícola a largo plazo (FAO, 2023).

Entre los compuestos bioactivos presentes en los bioproductos, los flavonoides son compuestos polifenólicos presentes de manera generalizada en las plantas, con una estructura básica de benzopirano, y suelen encontrarse en las plantas vasculares en forma de glicósidos (Cartaya et al., 2001). Su relevancia radica en su capacidad para actuar como agentes protectores contra la radiación ultravioleta, inhibidores del crecimiento de hongos patógenos, fitoalexinas y reguladores de interacciones simbióticas con microorganismos beneficiosos, como los hongos micorrízicos (Rodríguez et al., 2023). En particular, la quercetina, uno de los flavonoides más estudiados, ha demostrado poseer propiedades antioxidantes, antifúngicas y promotoras del crecimiento vegetal (Gutiérrez y Sandoval, 2024), por lo que se ha convertido en un compuesto de notable relevancia para el desarrollo de bioestimulantes en la agricultura.

Aunque el interés por los bioproductos agrícolas ha aumentado, aún existe una falta de información sobre la concentración y el comportamiento de los flavonoides en dichos productos. En este sentido, la evaluación del contenido de flavonoides en el bioestimulante NEKATE, formulado a base de extractos vegetales ricos en estos compuestos, resulta fundamental para optimizar su aplicación en la

agricultura. La importancia de esta evaluación radica en la necesidad de conocer la concentración y estabilidad de estos metabolitos, lo que permitirá establecer recomendaciones precisas sobre su uso y ajustar la dosis para maximizar su eficacia. Además, la normativa actual en Ecuador (Ruales y Barriga, 2020) requiere la regulación formal de la producción y venta de bioproductos agrícolas, garantizando su calidad y estabilidad en el mercado.

Uno de los principales desafíos en el uso de bioestimulantes es la estabilidad de sus componentes bioactivos a lo largo del tiempo. Factores como la temperatura, la luz y la humedad pueden influir en la concentración de flavonoides, afectando la efectividad del producto. Por ello, este estudio evaluará la estabilidad de los flavonoides presentes en NEKATE a temperatura ambiente durante un período de seis meses, empleando técnicas espectrofotométricas como la espectroscopía UV-Vis para cuantificar la concentración total de flavonoides, con énfasis en la quercetina. De este modo, se busca generar información valiosa que permita optimizar el uso de este bioproducto y contribuir al desarrollo de prácticas agrícolas más sostenibles y eficientes en Ecuador.

1.8. Declaración de las variables

1.8.1. Variables independientes:

- Concentración de flavonoides en el bioestimulante NEKATE: Refleja la cantidad de flavonoides (especialmente quercetina) presentes en el producto, expresados en mg/L EQ.
- Condiciones de almacenamiento a temperatura ambiente:
 - Tiempo de almacenamiento: Se controlará el periodo de almacenamiento del producto a temperatura ambiente (6 meses) para evaluar la estabilidad de los flavonoides.
 - Temperatura: Las condiciones de temperatura durante el almacenamiento será de 20 a 25 °C .

1.8.2. Variables dependientes:

- Crecimiento radicular (longitud de la raíz en cm).
- Número de hojas.
- Diámetro del bulbo.
- Altura de la planta.
- Peso fresco de la planta.
- Estado de salud foliar (evaluación visual de color, daño y tamaño relativo de las hojas).
- Estabilidad de los flavonoides (concentración de flavonoides en un período de 6 meses).

1.8.3. Operacionalización de Variables

Tabla 1. Operacionalización de variables

Variable	Definición operacional	Indicadores	Unidad de medida
Concentración de flavonoides (Indep.)	Medición espectrofotométrica UV-Vis de flavonoides en NEKATE.	Concentración total de flavonoides	mg/L Eq de quercetina
Tiempo de almacenamiento (Indep.)	Periodo de almacenamiento a temperatura ambiente (0 y 6 meses).	Meses transcurridos	Meses
Temperatura de almacenamiento (Indep.)	Temperatura mantenida entre 20 y 25 °C.	Rango de temperatura	°C
Crecimiento radicular (Dep.)	Medición longitud de raíz después del tratamiento.	Longitud raíz	cm
Número de hojas (Dep.)	Conteo de hojas por planta en etapa evaluada.	Número de hojas	Número
Diámetro del bulbo (Dep.)	Medición diámetro del bulbo con calibrador.	Diámetro bulbo	cm

Altura de la planta (Dep.)	Medición altura total de planta en etapa fenológica.	Altura planta	cm
Peso fresco de la planta (Dep.)	Pesaje planta fresca después del tratamiento.	Peso fresco	gramos (g)
Estado de salud foliar (Dep.)	Evaluación visual de color, tamaño y daño foliar.	Calidad hojas	Escala cualitativa/número
Estabilidad de flavonoides (Dep.)	Medición concentración flavonoides inicial y a 6 meses.	% retención flavonoides	Porcentaje (%)

Nota: Variables independientes controladas y variables dependientes medidas para evaluar efectos en plantas y estabilidad de flavonoides.

CAPÍTULO II: Marco Teórico Referencial

2.1. Antecedentes

La definición propuesta por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) los agroquímicos son “cualquier sustancia o mezcla de sustancias con ingredientes químicos o biológicos destinados a repeler, destruir o controlar cualquier plaga o a regular el crecimiento de las plantas” (Scarponi et al., 2019).

Desde hace un tiempo se viene contemplando la problemática del uso de los agroquímicos en relación con sus efectos en el ambiente y en la salud, como señala Muscio (2017), esto se debe a la necesidad de contar con procesos económicos que tengan en cuenta la preservación del ambiente, ya que el peligro de su destrucción es un hecho que afecta a la conservación de todos. La preocupación por el ambiente y la salud viene en aumento, investigaciones recientes afirman que “el 63% de los plaguicidas usados tienen toxicidad, considerados plaguicidas altamente peligrosos”, de igual modo, aseveran que “el uso indiscriminado de agroquímicos para maximizar el rendimiento de los cultivos tiene también efectos adversos en el aire, el agua, el suelo, los organismos y la salud humana” (Reyes et al., 2022).

El uso continuo y creciente de productos químicos sintéticos para controlar los problemas en cultivos, representa un riesgo constante para la salud humana y el medio ambiente (Shkula *et al.*, 2021), en países en desarrollo como Ecuador, la agricultura ha sido considerada como un enemigo del medio ambiente debido a la falta de regulaciones estrictas con respecto al uso de ingredientes activos nocivos.

2.1.1. Bioestimulantes

Los bioestimulantes son sustancias naturales o microbios que, cuando se aplican a las plantas, pueden mejorar su crecimiento, resistencia a factores de estrés y rendimiento, estos productos incluyen extractos vegetales, entre otros. En este contexto, los flavonoides presentes en los extractos naturales de plantas pueden contribuir a las propiedades bioestimulantes, mejorando la salud y el crecimiento de las plantas al modular la respuesta de las mismas ante factores estresantes (Calvo et al., 2014).

El uso de bioestimulante promueve el crecimiento siendo una alternativa eficaz y respetuosa con el medio ambiente frente a los pesticidas y fertilizantes químicos. El uso de los productos biológicos está en su auge debido a las necesidades del agricultor y el consumidor final (Qiao et al., 2014).

La aplicación de bioestimulantes derivados de extractos naturales, como los de algas y plantas, ha mostrado resultados prometedores en la mejora de la salud de las plantas y el incremento de su rendimiento, la presencia de flavonoides en estos extractos podría estar relacionada con estos efectos beneficiosos, debido a sus propiedades antioxidantes y moduladoras del estrés (Calvo et al. 2014)

El uso de bioestimulantes con flavonoides tiene una implicación directa en la agricultura sostenible, ya que estos compuestos contribuyen a la mejora de la productividad vegetal sin recurrir a fertilizantes químicos convencionales, diversos estudios han mostrado que la aplicación de flavonoides a través de bioestimulantes no solo aumenta la resistencia a patógenos y el estrés ambiental, sino que también optimiza la interacción de las plantas con los microorganismos beneficiosos del suelo (Rodríguez et al., 2019).

El ingrediente activo de NEKATE son los extractos vegetales elicitores, entre otras sustancias, según García (2018) los elicitores son sustancias de diversas fuentes tanto inorgánicas como orgánicas

que pueden inducir efectos fisiológicos y cambios como la activación de respuestas defensivas y la acumulación de fitoalexinas en el organismo al cual son aplicados.

2.1.2. Flavonoides

En un estudio realizado por Xu et al. (2018), se evaluó el contenido de flavonoides en extractos vegetales utilizados como bioestimulantes. Los resultados indicaron que los extractos con mayores concentraciones de flavonoides exhiben una mejora significativa en la resistencia de las plantas a estrés ambiental, lo que sugirió un efecto potenciador en el rendimiento de los cultivos.

En estudios recientes, se ha demostrado que estos compuestos bioactivos no solo favorecen la interacción positiva entre las plantas y los microorganismos beneficiosos del suelo, sino que también contribuyen a la regulación de procesos fisiológicos importantes, como la fotosíntesis y la absorción de nutrientes (Zhang, et al, 2021). Además, su incorporación en formulaciones de bioestimulantes ha demostrado mejorar la salud de los cultivos, incrementando su rendimiento y resistiendo enfermedades (Singh, et al, 2022).

Un estudio publicado en la revista *Antioxidants* en 2020 analizó el potencial de los flavonoides como componentes de bioestimulantes, destacando su capacidad para mejorar la tolerancia de las plantas al estrés y fomentar su desarrollo, los autores concluyeron que los flavonoides pueden ser incorporados en formulaciones de bioestimulantes para potenciar la salud y el rendimiento de los cultivos.

En el 2021, se investigó el efecto de los flavonoides en la interacción planta-microorganismo, observando que estos compuestos pueden influir en la actividad microbiana del suelo, promoviendo una microbiota beneficiosa que favorece el crecimiento vegetal, publicado por la revista *Frontiers in Plant Science*.

Una revisión publicada en *Plants* en 2022 recopiló estudios sobre el uso de flavonoides en bioestimulantes, resaltando su potencial para mejorar la resistencia de las plantas a enfermedades y su capacidad para regular procesos fisiológicos clave, como la fotosíntesis y la absorción de nutrientes.

Estas investigaciones evidencian el potencial de los flavonoides como componentes activos en bioestimulantes, ofreciendo una vía prometedora para el desarrollo de productos agrícolas más sostenibles y efectivos.

2.1.2.1. Quercetina

La quercetina es un flavonoide presente en una amplia variedad de alimentos vegetales, como manzanas, cebollas, uvas y té verde; se caracteriza por sus propiedades antioxidantes y antiinflamatorias, lo que la convierte en un compuesto de interés en estudios relacionados con la salud humana, como la reducción del riesgo de enfermedades cardiovasculares, la mejora del sistema inmunológico y la protección contra el daño celular causado por los radicales libres. (Boots et al., 2009).

La quercetina es un pigmento vegetal que se encuentra en alimentos como el té y la cebolla, y actúa como un potente antioxidante, su nombre proviene del latín *quercetum*, que hace referencia al roble (*Quercus robur*), es el más común en la naturaleza y destaca por sus propiedades antioxidantes, además de sus efectos antiinflamatorios, antihipertensivos, vasodilatadores y antibacterianos (Sharifi-Rad, et al 2020).

La quercetina tiene propiedades importantes que destacar en humanos y en plantas, según Liu (2016) Algunas de las propiedades más destacadas en humanos de la quercetina incluyen:

1. **Propiedades antioxidantes:** La quercetina actúa como un potente antioxidante, lo que significa que ayuda a neutralizar los radicales libres y protege las células del daño oxidativo.
2. **Propiedades antiinflamatorias:** Se ha demostrado que la quercetina reduce la inflamación al inhibir varias moléculas relacionadas con procesos inflamatorios en el cuerpo.

3. **Propiedades inmunomoduladoras:** La quercetina puede fortalecer el sistema inmunológico, ayudando a prevenir infecciones y enfermedades.
4. **Beneficios cardiovasculares:** Se asocia con la mejora de la salud del corazón, ya que puede reducir la presión arterial, disminuir el colesterol LDL (colesterol malo) y mejorar la función endotelial.
5. **Efectos antialérgicos:** Tiene la capacidad de inhibir la liberación de histamina, lo que puede ayudar a reducir los síntomas de las alergias estacionales.
6. **Posibles efectos anticancerígenos:** Algunas investigaciones sugieren que la quercetina podría tener efectos anticancerígenos, ayudando a prevenir la proliferación de células tumorales y a inducir la apoptosis (muerte celular programada) en células cancerígenas.

Según Abdelrahman (2019), la quercetina en las plantas tiene varios beneficios importantes que ayudan a las plantas a enfrentar desafíos ambientales y biológicos. Algunos de estos beneficios incluyen:

1. **Protección contra el estrés oxidativo:** La quercetina actúa como un antioxidante en las plantas, protegiendo la célula vegetal de los daños causados por los radicales libres y el estrés oxidativo inducido por factores como la luz ultravioleta, la sequía y la contaminación.
2. **Defensa contra patógenos:** La quercetina tiene propiedades antimicrobianas que ayudan a las plantas a defenderse de patógenos como bacterias, hongos y virus. Esto contribuye a mejorar la resistencia de las plantas a infecciones.
3. **Regulación del crecimiento vegetal:** La quercetina puede influir en la regulación del crecimiento de las plantas, promoviendo la elongación celular y la división celular en ciertas condiciones.
4. **Resistencia a condiciones de estrés:** Además de ser un antioxidante, la quercetina juega un papel en la protección de las plantas contra el estrés abiótico, como la salinidad y la sequía, contribuyendo a una mejor adaptación a ambientes hostiles.

La quercetina es la clase particular de flavonoides bioactivos construidos sobre la estructura flavon que desempeña un papel notable en la facilitación de numerosas funciones de la planta. Sin embargo, todavía se considera un compuesto enigmático. Cada vez es más evidente que la quercetina es un compuesto multifacético en las plantas. (Singh et al., 2021).

2.1.3. Espectrofotometría UV-Vis en la cuantificación de flavonoides

La espectrofotometría UV-Vis es una técnica ampliamente utilizada para la cuantificación de flavonoides debido a su alta precisión, sensibilidad y capacidad para medir absorbancias características de estos compuestos en el espectro ultravioleta y visible. En el análisis de flavonoides, se aprovechan los picos de absorbancia específicos de estos compuestos en longitudes de onda alrededor de 280 nm y 350 nm, lo que permite su identificación y cuantificación de manera eficiente (Kumari et al., 2019). Esta técnica ha sido aplicada en diversos estudios para evaluar el contenido total de flavonoides en extractos vegetales y productos como bioestimulantes, ayudando a estandarizar su concentración y garantizar su calidad (Zhang et al., 2020).

El uso de espectrofotometría UV-Vis para determinar el contenido de flavonoides ha sido documentado por Giannopoulos et al. (2017), quienes aplicaron esta técnica para la cuantificación de flavonoides en extractos de plantas medicinales. La técnica demostró ser confiable y precisa, permitiendo la medición de flavonoides a partir de concentraciones bajas en muestras vegetales.

2.2. Marco Conceptual

2.2.1. Flavonoides

Los flavonoides son compuestos polifenólicos presentes en diversas plantas, que tienen un papel fundamental en la protección contra el estrés oxidativo y en la defensa frente a microorganismos, estos compuestos tienen propiedades antioxidantes, antiinflamatorias, anticancerígenas y antimicrobianas (Sakakibara et al., 2003). Los flavonoides se encuentran

ampliamente distribuidos en frutas, verduras, té, vino y hierbas, y su identificación es crucial en el análisis de extractos naturales para la producción de productos bioestimulantes (Díaz et al., 2021).

Estos compuestos fueron descubiertos por el premio Nobel Szent-György, quien en 1930 aisló de la cáscara del limón una sustancia, la citrina, que regulaba la permeabilidad de los capilares. Los flavonoides se denominaron en un principio vitamina P (por permeabilidad) y también vitamina C (porque se comprobó que algunos flavonoides tienen propiedades similares a la vitamina C). (Martínez et al., 2002). Sin embargo, el hecho de que los flavonoides fueran vitaminas no pudo ser confirmado, y ambas denominaciones se abandonaron alrededor de 1950.

2.2.2. Estructura química de los flavonoides

Los flavonoides son compuestos de bajo peso molecular que comparten un esqueleto común de difenil piranos (C6-C3-C6), compuesto por dos anillos de fenilos (A y B) ligados a través de un anillo C de pirano (heterocíclico). Los átomos de carbono en los anillos C y A se numeran del 2 al 8, y los del anillo B desde el 2' al 6' (Kühnau J, 1976).

Según Bors (1990), la actividad de los flavonoides como antioxidantes depende de las propiedades redox de sus grupos hidroxifenólicos y de la relación estructural entre las diferentes partes de la estructura química. Esta estructura básica permite una multitud de patrones de sustitución y variaciones en el anillo C.

2.2.3. Clasificación de Flavonoides y Características Estructurales

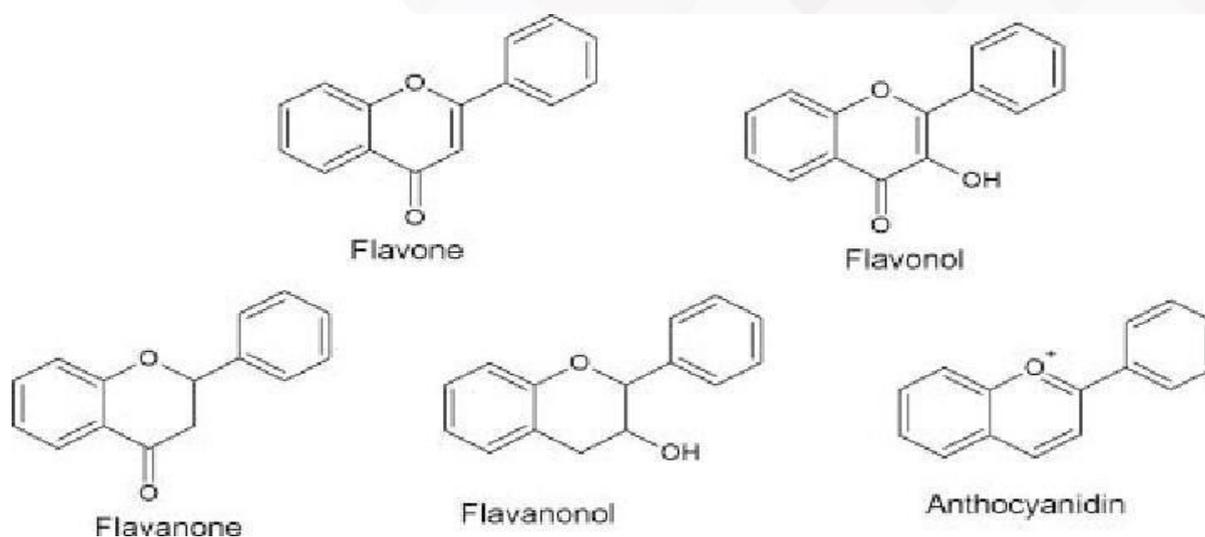


FIGURA 1. Estructura central del esqueleto flavonólico de los principales subgrupos de flavonoides.

Nota: Tomado de *Análisis fitoquímico, determinación cualitativa y cuantitativa de flavonoides y taninos, actividad antioxidante, antimicrobiana de las hojas de "Muehlenbeckia hastulata (JE Sm) IM Johnst" de la zona de Yuca (Cusco) por A. C. Colina Ramos, 2016*

Tabla 2. Subgrupos de flavonoides, ejemplos representativos y sus principales características

Tipo de Flavonoide	Ejemplo	Características Estructurales Principales
Flavanos	Catequina	Grupo -OH en posición 3 del anillo C
Flavonoles	Quercetina	Grupo carbonilo en posición 4 y grupo -OH en posición 3 del anillo C
Flavonas	Diosmetina	Grupo carbonilo en posición 4 del anillo C; no tienen grupo -OH en posición 3
Antocianidinas	(General)	Grupo -OH en posición 3 y doble enlace entre los carbonos 3 y 4 del anillo C

Nota. Elaboración propia con base en Taiz et al. (2017), Manach et al. (2004) y Pereira et al. (2009).

Tabla 3. Características estructurales presentes en algunos flavonoides.

Característica Estructural	Presente en
Presencia de estructura catecol u O-dihidroxi en el anillo B	Diosmetina, Quercetina
Presencia de doble enlace en posición 2,3	Catequina, Quercetina
Presencia de grupos hidroxilo en posiciones 3 y 5	Quercetina

Nota: Adaptado de *Estudio químico y actividad antioxidante de flavonoides* por R. Martínez, 2002.

2.2.4. Propiedades de los flavonoides

Los flavonoides son importantes para el desarrollo normal de las plantas; estos se encuentran localizados en la membrana del tilacoide de los cloroplastos, son utilizados en la vía de expresión de dos enzimas multigénicas: la fenilalanina amonio liasa y la chalcona sintasa y constituyen un grupo de sustancias colorantes importantes en las plantas, una gran proporción de flores tienen tonalidades blancas marfil o crema, debido a estos pigmentos (Torrens et al. 1997).

2.2.5. Funciones de los flavonoides en plantas

Tabla 4. Funciones principales de los flavonoides en las plantas y su relación con mecanismos de defensa, señalización y metabolismo enzimático.

Función Principal	Descripción	Detalles	Referencia
Papel de defensa	Protegen a las plantas frente a agentes agresores externos.	<ul style="list-style-type: none">- Radiación UV- Microorganismos (bacterias y hongos)- Insectos y herbívoros- Otras plantas (efecto alelopático)- Condiciones ambientales adversas	Faraa et al., 1999

Papel de señal química	Actúan como señales químicas o marcadores que guían a otros organismos.	<ul style="list-style-type: none"> - Atraen polinizadores como abejas - Estimulan el apetito/masticación en insectos - Señalan sitios apropiados para la oviposición - Indican susceptibilidad a parásitas 	Peters et al., 1996 Cartaya et al., 2001
Efecto sobre las enzimas	Influyen en la actividad enzimática como parte del metabolismo fenólico inducido por estrés.	- Activación del metabolismo fenólico a nivel transcripcional como respuesta a estrés biótico y abiótico	Faraa et al., 1999

Nota. Adaptado de Faraa et al. (1999), Peters et al. (1996) y Cartaya et al. (2001).

El papel de los flavonoides y otras sustancias fenólicas en la protección frente a los ataques por hongos puede producirse de dos formas. Primero, las sustancias antifúngicas se pueden encontrar ya presentes en los tejidos de las plantas. Este es el caso de muchos flavonoides de naturaleza lipofílica (flavonas, flavanonas e isoflavanonas polimetoxiladas y/o isopreniladas) que presentan una actividad antifúngica muy considerable y que constituyen verdaderas barreras frente a la penetración de los hongos patógenos (Frankel, et al. 1995). Otras sustancias fenólicas presentan también actividad antifúngica, como es el caso de las coumarinas, derivados de ácido fenólicos, etc. (Miller, 1997)

2.2.6. Bioestimulante NEKATE

Tabla 5. Ficha técnica de bioestimulante NEKATE

Sección	Descripción
Ingrediente Activo	Extractos Vegetales Elicitores
Concentración y Formulación	
- Extracto de Neem	13%
- Extracto de Canela	10%

- Extracto de Ajo	10%
- Extracto de Ají	2%
- Extracto de Tomillo	5%
- Extracto de Orégano	5%
- Extracto de Ortiga	5%
- Sales ricas en ácidos grasos	2%
- Agua desmineralizada	48%
Nombre Comercial	NEKATE
Categoría	Bioestimulante, Bioinsecticida y Bioacaricida
Modo de Acción	Actúa por contacto e ingestión. También presenta efecto repelente e inhibe la alimentación y ovoposición.
Efectos Fisiológicos	Inhibe la fecundidad y fertilidad, confusión sexual, pérdida de apetito, inmovilidad y muerte del insecto.
Plagas que Controla	
- Café	Broca/Barrenador del Café (<i>Hypothenemus hampei</i>), Minador de Hojas del Café (<i>Leucoptera coffeella</i>)
- Ácaros y Arañas	Ácaro Blanco (<i>Poliphagotarsonemus latus</i>), Araña Roja (<i>Tetranychus</i> sp.)
- Tomate	Oruga del Tomate (<i>Heliothis</i> spp.)
- General	Minador de hoja (<i>Liriomyza trifolii</i>), Áfidos (<i>Myzus persicae</i> , <i>Aphis craccivora</i>), Trips (<i>Frankiniella occidentalis</i>)
- Arroz	Coleópteros (<i>Eutheola bidentata</i> , <i>Diabrotica</i> sp.), Lepidópteros (<i>Spodoptera frugiperda</i>)

- Col	Polilla de la col (<i>Plutella xylostella</i>)
Ventaja Importante	No genera resistencia en las plagas

Nota: Formulación del Bioestimulante NEKATE a base de diversos extractos naturales.

2.2.7. Técnicas de análisis de flavonoides

2.2.7.1. Espectrofotometría UV-Vis

La espectrofotometría UV-Vis es una técnica analítica ampliamente utilizada para determinar la concentración de compuestos en una solución, basada en la absorción de luz en las regiones ultravioleta y visible del espectro electromagnético, en el caso de los flavonoides, esta técnica es útil debido a que los flavonoides poseen un espectro de absorción característico, lo que permite su cuantificación (Giannopoulos et al., 2017). La determinación del contenido total de flavonoides en extractos naturales se realiza habitualmente utilizando la absorbancia a longitudes de onda específicas, generalmente entre 350 y 400 nm.

2.2.7.2. Métodos de evaluación de flavonoides

Diversos métodos se utilizan para evaluar el contenido de flavonoides en extractos, siendo la espectrofotometría UV-Vis uno de los más comunes. El método colorimétrico de flavonoides de aluminio, también conocido como el método de Kirschner, es frecuentemente aplicado, debido a la capacidad del aluminio para formar complejos con los flavonoides que producen un cambio en la absorbancia, facilitando su medición (Zhishen et al., 1999).

2.2.7.3. Evaluación in situ de la aplicación: detalle foliar y radicular

La clasificación de calidad de planta se realiza con base en variables morfológicas y fisiológicas; entre las primeras se incluye la altura, el diámetro basal del bulbo, tamaño, forma y volumen del sistema radical (Sáenz et al., 2014)

2.2.7.3.1. Altura de la planta

La altura, el diámetro del tallo y el número de hojas son parámetros fáciles de medir que se pueden determinar de forma no destructiva (Grossnickle, 2012). La altura se define como la distancia entre el meristemo apical y el nivel del sustrato y es uno de los principales parámetros morfológicos utilizados como indicador de calidad en diferentes áreas de la agricultura (Navarro et al., 2006).

La altura de la planta juega un papel clave en la supervivencia y el desarrollo de la planta, especialmente después del trasplante y durante los primeros años de crecimiento (Dumroese et al., 2011). Algunos investigadores sugieren el uso de plantas pequeñas en los programas de reforestación, ya que se consideran plantas más robustas y menos sensibles al viento, la sequía y el estrés por frío (Tsakalimi et al., 2005).

2.2.7.3.2. Diámetro del bulbo

El bulbo es una estructura subterránea especializada que almacena nutrientes y permite la regeneración de ciertas plantas, su medición es fundamental para estudios fisiológicos, agronómicos y de mejoramiento genético, ya que su tamaño y peso están directamente relacionados con el rendimiento y la calidad del cultivo (Brewster, 2008). La evaluación morfológica de los bulbos permite comparar el efecto de diferentes tratamientos agronómicos (fertilización, riego, densidad de plantación) sobre el desarrollo del cultivo, así como seleccionar genotipos con mejor rendimiento (Cárdenas et al., 2015).

2.2.7.3.3. Longitud de raíz

La raíz es el órgano subterráneo principal de la planta responsable de la absorción de agua y nutrientes, así como del anclaje al suelo. Dentro de los parámetros morfológicos que se utilizan para caracterizar el desarrollo del sistema radicular, la longitud de la raíz es uno de los más importantes, ya que refleja el alcance y eficiencia de exploración del suelo por parte de la planta (Lynch, 1995).

La longitud de la raíz está estrechamente relacionada con la capacidad de absorción de agua y nutrientes, especialmente en condiciones de sequía o suelos de baja fertilidad, plantas con raíces más largas pueden acceder a recursos hídricos más profundos y mejorar su supervivencia y productividad (Comas et al., 2013). A su vez, este parámetro se utiliza como un indicador fisiológico del crecimiento en etapas tempranas, especialmente en estudios de germinación, bioensayos de fitotoxicidad y evaluación del efecto de diferentes tratamientos agronómicos o ambientales sobre las plantas (Bengough et al., 2006).

La longitud de la raíz puede ser medida manualmente con una regla, en plántulas, se mide desde la base del hipocótilo hasta la punta de la raíz principal, en estudios de mayor escala, se emplean escáneres de raíces y software especializado como WinRHIZO para obtener medidas precisas y completas del sistema radicular (Arsenault et al., 1995).

2.2.7.3.4. Peso fresco

El peso fresco (PF) es un parámetro ampliamente utilizado en estudios fisiológicos, agronómicos y ecológicos para evaluar el crecimiento y desarrollo de las plantas, representa el peso total de un órgano vegetal (como hojas, raíces, tallos o bulbos) recién cosechado, sin haber sido sometido a secado, e incluye el contenido de agua presente en el tejido vegetal (Taiz et al., 2017).

La medición del peso fresco es clave para estimar el estado hídrico de la planta, su capacidad de crecimiento y la eficiencia en el uso de recursos. Una mayor acumulación de peso fresco puede indicar un desarrollo vegetal saludable, mientras que una reducción puede evidenciar estrés por déficit hídrico, salinidad, o deficiencias nutricionales (Kramer et al., 1995).

Este parámetro se utiliza también como parte del cálculo del contenido relativo de agua (CRA) y para determinar la biomasa total, lo cual es útil en estudios de rendimiento y productividad agrícola (Brouwer et al., 1985).

Método de medición, según González (2001)

El procedimiento para obtener el peso fresco consiste en:

1. Cosechar la parte de la planta a evaluar (puede ser toda la planta o partes específicas).
2. Retirar el exceso de agua superficial con papel absorbente.
3. Pesar el material vegetal inmediatamente utilizando una balanza analítica o digital de precisión.

El peso fresco suele ser expresado en gramos (g) y puede ser complementado con el peso seco para calcular la proporción de agua en los tejidos vegetales (González et al., 2001).

2.2.7.3.5. Número de hojas funcionales:

El número de hojas funcionales es un parámetro morfofisiológico clave para evaluar el crecimiento y el estado de salud de una planta, se considera hoja funcional aquella que se encuentra completamente expandida, verde y en actividad fotosintética, lo cual la distingue de las hojas en senescencia o recién emergidas (Fageria et al., 2006).

Importancia del número de hojas funcionales

Las hojas funcionales son los principales órganos responsables de la fotosíntesis, proceso mediante el cual la planta convierte la energía solar en energía química, esencial para el crecimiento y desarrollo, por lo tanto, el número de hojas funcionales se correlaciona directamente con el potencial fotosintético y la producción de biomasa (Taiz et al., 2017). Este parámetro se utiliza como un indicador del vigor de la planta y de su capacidad de adaptación a condiciones ambientales adversas. Un mayor número de hojas funcionales generalmente está asociado a un mejor rendimiento en cultivos agrícolas, especialmente en etapas críticas como floración y llenado de frutos (Salisbury et al., 1994).

Para determinar el número de hojas funcionales se siguen los siguientes pasos (Poorter et al., 2012):

1. Se identifican y cuentan únicamente las hojas completamente expandidas, verdes y sin signos visibles de senescencia o daño.
2. Se excluyen las hojas jóvenes no desarrolladas, marchitas o secas.
3. La medición puede repetirse a lo largo del ciclo del cultivo para evaluar dinámicas de crecimiento y senescencia.

2.2.7.3.6. Estado sanitario general

El estado sanitario general de una planta es un indicador integral de su salud fisiológica, el cual se utiliza ampliamente en estudios agronómicos, fitopatológicos y de manejo agrícola. Una forma común de evaluarlo es mediante escalas cualitativas visuales, que permiten valorar características como vigor, coloración foliar y presencia o ausencia de daños causados por plagas, enfermedades o factores abióticos (Agris, 2005).

Evaluación visual mediante escalas cualitativas

Las escalas cualitativas permiten realizar una valoración rápida, estandarizada y replicable del estado de las plantas, especialmente útil en ensayos de campo o viveros. Estas escalas suelen estar comprendidas entre 1 y 5, donde:

- 1: Muy deficiente (plantas con clorosis severa, marchitez, daño extenso por plagas o enfermedades).
- 3: Regular (plantas con vigor medio, daño leve o signos incipientes de estrés).
- 5: Excelente (plantas vigorosas, sin síntomas visibles de estrés, daño ni enfermedad).

Este tipo de evaluación ha sido ampliamente adoptado por organismos como la FAO y centros de investigación agrícola para caracterizar visualmente el vigor y la sanidad vegetal, especialmente en

estudios donde se requiere una evaluación comparativa rápida entre tratamientos o genotipos (Shaner et al., 2007).

Criterios comunes utilizados:

- Vigor general de la planta (tamaño, densidad del follaje, porte).
- Coloración foliar (verde intenso indica buen estado nutricional; clorosis o necrosis pueden señalar deficiencias o infecciones).
- Ausencia de daños por insectos, hongos, bacterias o virus visibles.

Este enfoque es complementado frecuentemente con observaciones cuantitativas más detalladas, como conteo de lesiones o identificación específica de patógenos, pero la evaluación cualitativa ofrece una primera aproximación eficaz y económica para toma de decisiones agronómicas (Campbell et al., 1990).

CAPÍTULO III: Diseño Metodológico

3.1 Tipo y diseño de investigación

El enfoque adoptado en esta investigación es cuantitativo, ya que se centra en la recolección y análisis de datos medibles y objetivos. A través de este enfoque se pretende cuantificar la concentración de flavonoides presentes en el bioestimulante NEKATE, evaluar su estabilidad durante el almacenamiento, y analizar su impacto en variables agronómicas como el crecimiento de las raíces, el tallo, la calidad del fruto y el estado foliar.

Desde el punto de vista de su alcance, esta investigación se clasifica como descriptiva y longitudinal. Es descriptiva porque se enfoca en caracterizar y cuantificar la concentración de flavonoides (principalmente quercetina) en el bioestimulante NEKATE, así como en observar el comportamiento de distintas variables agronómicas en las plantas tratadas. Es longitudinal porque el estudio se desarrolla a lo largo de un periodo de seis meses, permitiendo evaluar tanto la estabilidad de los flavonoides en el tiempo como su efecto progresivo sobre el desarrollo vegetal, mediante varias mediciones a lo largo del periodo establecido.

El diseño de esta investigación es de tipo experimental, ya que se manipula deliberadamente la variable independiente mediante la aplicación del bioestimulante NEKATE con el fin de observar sus efectos sobre distintas variables dependientes, en condiciones controladas y con la inclusión de un grupo control (plantas no tratadas) como punto de comparación. Además, el estudio incorpora un componente correlacional, al buscar analizar la relación existente entre la concentración de flavonoides en el bioestimulante y los efectos observados en el desarrollo vegetal y el estado de salud foliar.

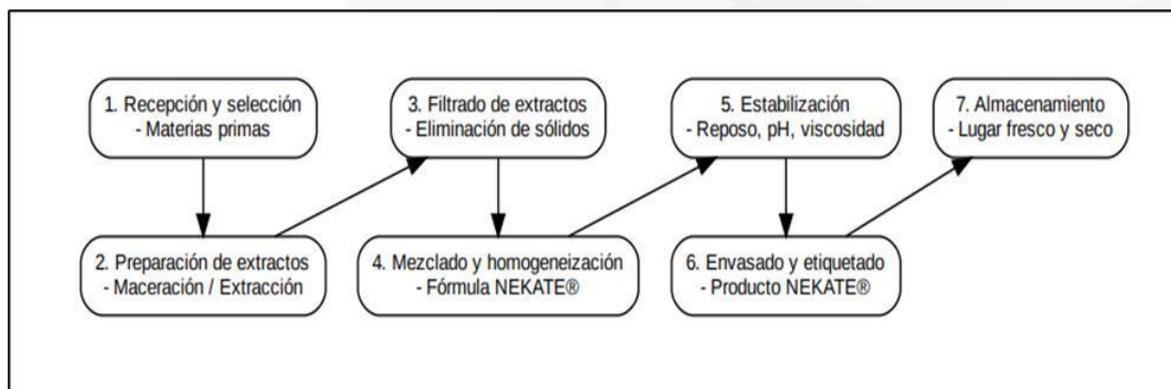


FIGURA 2. Diagrama de proceso de la elaboración de bioestimulante NEKATE.

Nota: Diagrama de flujo del proceso de la elaboración de bioestimulante NEKATE. Representa las etapas principales de extracción, mezclado, filtrado y envasado de los extractos vegetales que componen el bioestimulante NEKATE.

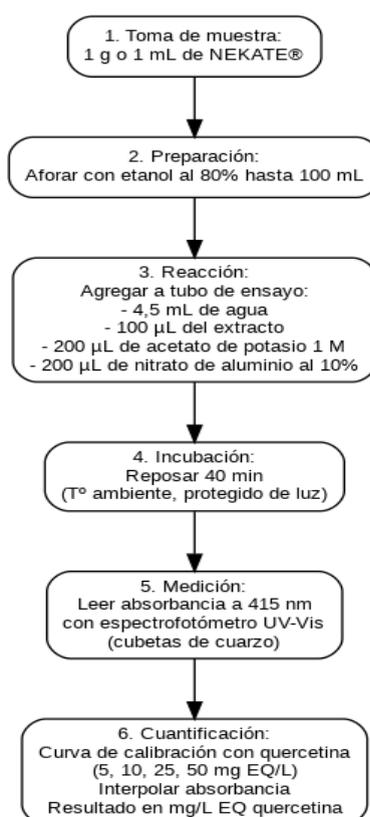


FIGURA 3. Diagrama de proceso de la determinación cuantitativa de flavonoides en NEKATE mediante espectrofotometría UV-VIS.

Nota: Diagrama de flujo del proceso de la determinación cuantitativa de flavonoides en NEKATE mediante espectrofotometría UV-VIS.

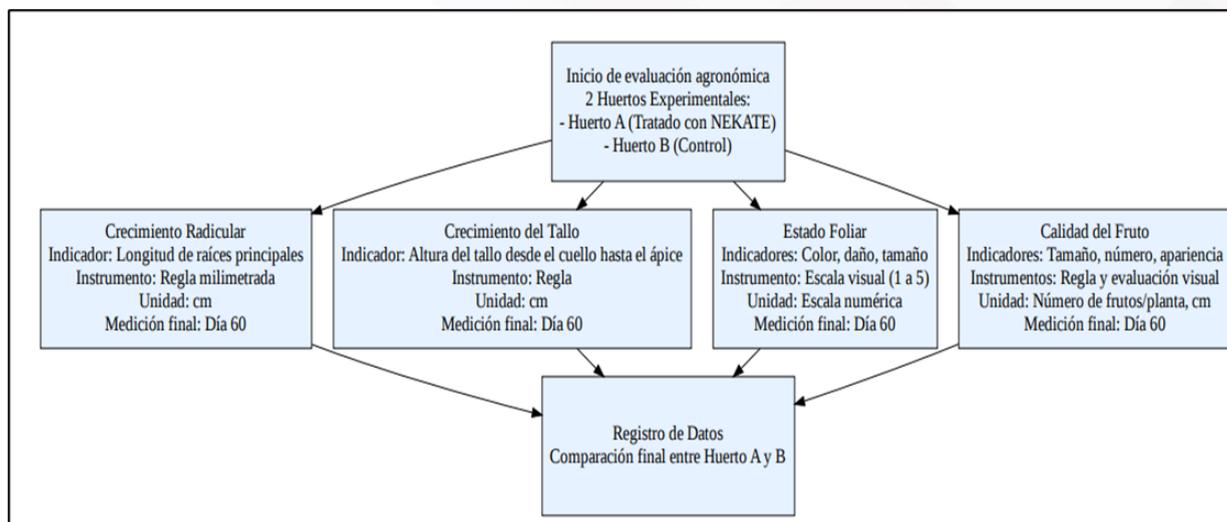


FIGURA 4. Diagrama de proceso de evaluación agronómica de las plantas.

Nota: Diagrama de flujo del proceso de las etapas del diseño experimental, aplicación de tratamientos, monitoreo de crecimiento, recolección de datos y análisis de parámetros agronómicos utilizados para evaluar el efecto del bioestimulante en las plantas.

3.2 La población y la muestra.

3.2.1 Población

La población de esta investigación está conformada por el lote de bioestimulante NEKATE (número de lote: 5 , fecha de fabricación 15 de noviembre de 2024, extraído de la biofábrica Biotraining Insumos Agrícola Ecuador, ubicada en Milagro, provincia de Guayas, Ecuador. . Este lote representa una muestra homogénea del bioestimulante, cuya composición, incluida la concentración de flavonoides, fue utilizada para evaluar sus efectos en las plantas durante el estudio.

3.2.2 Muestra

La muestra utilizada en esta investigación consistió en una botella de 1000 mL de bioestimulante NEKATE , proveniente de un lote elaborado en la biofábrica extraído de la biofábrica Biotraining

Insumos Agrícola Ecuador, ubicada en Milagro, provincia de Guayas, Ecuador. El lote fue identificado con el número 5 y fabricado el 15 de noviembre de 2024

La botella se encontraba en su envase original, de material plástico de alta densidad, sellada, sin signos de alteración física, y almacenada bajo condiciones controladas de temperatura ambiente y protección contra la luz solar directa, garantizando la preservación de sus propiedades fisicoquímicas hasta el momento del análisis.

3.2.3 Selección de la muestra.

El proceso de selección de la muestra se basó en los procedimientos de muestreo estipulados en la NTE INEN 220:2013 Fertilizantes o abonos. Muestreo, adaptados para productos líquidos de naturaleza biológica.

Primero, se definió el universo de muestreo, constituido por el stock de botellas disponibles del lote 5. Se realizó una inspección visual de las unidades para verificar su estado físico y conformidad con los requisitos de almacenamiento.

Posteriormente, se seleccionó aleatoriamente una botella empleando una metodología de elección simple, sin sesgo, asegurando que no existieran daños visibles, contaminación, pérdidas de volumen, ni alteraciones en el sello de fábrica. La botella seleccionada fue separada del resto del stock, registrada con su respectiva codificación interna, y transportada en su envase original hacia el laboratorio de análisis, manteniendo las condiciones adecuadas de conservación (temperatura entre 20-25 °C, protección de la luz) para evitar alteraciones fisicoquímicas antes de su procesamiento.

3.3 Los métodos y las técnicas.

3.3.1 Materiales

3.3.1.1 Material biológico:

- Plantas de *Raphanus sativus* (rábano)
- Bioestimulante NEKATE : Producto formulado a base de extractos vegetales (Neem, Canela, Ajo, Ají, Tomillo, Orégano, Ortiga), sales ricas en ácidos grasos y agua desmineralizada.

3.3.1.2 Reactivos:

- Quercetina estándar.
- Etanol al 96%
- Metanol.
- Ácido acético glacial.
- Hidróxido de sodio (NaOH)
- Agua destilada.
- Solución tampón pH 5
- Reactivo de cloruro de aluminio ($AlCl_3$)

3.3.1.3 Instrumentos:

- Espectrofotómetro UV-Vis
- Celdas de cuarzo
- Balanza analítica.
- Pipetas automáticas.
- Probetas y cilindros graduados.
- Matraces aforados.
- Embudos.
- Tubos de ensayo.

- Termómetro digital.
- Regla milimetrada.
- Cámaras de cultivo.
- Cuadernos de campo.

3.3.2 Procedimientos.

3.3.2.1 Determinación de quercetina mediante espectrofotometría UV-VIS.

La cuantificación de flavonoides totales en el bioestimulante NEKATE se realizó utilizando espectrofotometría UV-Vis a una longitud de onda de 415 nm, empleando un espectrofotómetro Varian modelo Cary 50. El método se basa en la formación de un complejo flavonoide-aluminio, cuya intensidad de color es proporcional a la concentración del analito.

Preparación del estándar: Se preparó una solución madre de quercetina disolviendo una cantidad conocida del compuesto en etanol absoluto. A partir de esta solución se realizaron diluciones seriadas para obtener concentraciones estándar en el rango de 2 a 50 mg/L. Estas soluciones estándar fueron utilizadas para construir la curva de calibración.

Preparación de las muestras: Se tomaron aproximadamente 1 mL del bioestimulante NEKATE, el cual fue aforado con etanol al 80% hasta un volumen total de 100 mL. Luego, se colocaron 100 μ L del extracto en un tubo de ensayo, junto con 4,5 mL de agua destilada.

Reacción con reactivos: A cada tubo se le adicionaron 200 μ L de una solución de acetato de potasio 1 M y 200 μ L de nitrato de aluminio al 10%. La mezcla se dejó reposar durante 40 minutos a temperatura ambiente, protegida de la luz, permitiendo la formación del complejo flavonoide-aluminio.

Medición de absorbancia: Transcurrido el tiempo de reacción, se midió la absorbancia a 415 nm utilizando cubetas de cuarzo en el espectrofotómetro UV-Vis. Las lecturas de las muestras fueron comparadas con las de los estándares para determinar la concentración de flavonoides presentes.

Cuantificación: Se trazó una curva de calibración a partir de las soluciones estándar de quercetina a concentraciones de 5, 10, 25 y 50 mg/L EQ. La concentración de flavonoides en las muestras se determinó por interpolación en la curva, y los resultados fueron expresados en miligramos de equivalentes de quercetina por litro (mg/L EQ).

Este procedimiento se realizó con base en la metodología descrita por Rengifo Zevallos (2018) en su estudio fitoquímico de extractos vegetales.

3.3.2.2 Diseño experimental In Situ mediante Huertos de rábano para la aplicación del Bioestimulante NEKATE

La instalación del ensayo se llevó a cabo en huertos experimentales de pequeña escala, utilizando camas elevadas con recipientes de cultivo. La siembra del rábano (*Raphanus sativus* L.) se realizó de forma directa, depositando de 2 a 3 semillas por golpe, y posteriormente se eliminó el excedente de plántulas, dejando una planta por sitio.

Para la etapa inicial del cultivo, se incorporó el bioestimulante NEKATE como parte del tratamiento en el semillero, con el objetivo de estimular el desarrollo radicular y brindar protección temprana frente a posibles plagas del suelo. Este producto, de origen vegetal y acción por contacto e ingestión, fue adaptado a una escala reducida acorde al área de trabajo disponible.

- **Área tratada:** 45 cm² (0.0045 m²)
- **Dosis recomendada en campo:** 2 L/Ha diluidos en 200 L de agua
- **Equivalente en semillero:** 0.0009 ml de NEKATE en 0.09 ml de agua (dosis técnicamente correcta pero inviable en condiciones de laboratorio)

Debido a la escala reducida del experimento, se preparó una solución práctica a razón de 10 ml de NEKATE en 1 L de agua, respetando la proporción 1:100 sugerida por el fabricante. La aplicación se realizó mediante aspersión fina dirigida al sustrato húmedo, utilizando un atomizador manual.

Siguiendo las recomendaciones para “bancos de enraizamiento” y considerando el ciclo corto del rábano, el tratamiento se aplicó una vez por semana durante las primeras etapas del cultivo.

Modo de aplicación:

- El producto fue agitado previamente para asegurar su homogenización.
- Se elaboró una premezcla en un volumen reducido de agua antes de completar la dilución final.
- La solución se aplicó de manera uniforme sobre el sustrato, evitando el encharcamiento.
- La temperatura ambiental durante la aplicación se mantuvo dentro del rango óptimo (10–30 °C).

Durante el desarrollo del cultivo, el bioestimulante NEKATE también se aplicó de forma foliar con la misma frecuencia semanal. El riego se realizó mediante un sistema de riego por goteo, lo que permitió una distribución precisa y eficiente del agua, manteniendo el sustrato a una humedad óptima sin riesgo de encharcamiento. Este método de riego favorece el desarrollo radicular y reduce el riesgo de enfermedades asociadas al exceso de humedad en la superficie del sustrato. No se utilizaron productos químicos sintéticos a lo largo del ciclo experimental.

3.3.2.3 Evaluación agronómica de las plantas.

Para el diseño del ensayo y la selección de las variables agronómicas evaluadas, se tomaron como referencia los criterios descritos por Gallegos et al. (2021), quienes proponen indicadores clave para valorar el efecto de extractos vegetales sobre el desarrollo y rendimiento de cultivos hortícolas en condiciones agroecológicas. La evaluación agronómica se efectuó una única vez, en el momento de la

cosecha, a los 30 días después de la siembra. Se seleccionaron al azar dos plantas por unidad experimental para el registro de las siguientes variables:

- Altura de planta (cm): medida desde el cuello del tallo hasta el extremo superior del follaje, usando regla milimetrada.
- Diámetro del bulbo (cm): registrado en la parte más ancha del tubérculo con calibrador tipo Vernier.
- Longitud de raíz (cm): medida desde el cuello del bulbo hasta la punta de la raíz principal, posterior al lavado.
- Peso fresco total (g): peso conjunto de raíces, tallo y hojas en balanza de precisión.
- Número de hojas funcionales: conteo manual de hojas activas (verdes y turgentes) por planta.
- Estado sanitario general: evaluación visual en una escala cualitativa de 1 (muy deficiente) a 5 (excelente), considerando vigor, coloración foliar y ausencia de daños por plagas o enfermedades.

Los datos obtenidos fueron registrados en planillas individuales y organizados para su posterior análisis descriptivo.

3.3.3 Métodos.

3.3.3.1 Método inductivo

Se empleó el método inductivo para analizar la respuesta agronómica del cultivo de rábano (*Raphanus sativus* L.) frente a la aplicación del bioestimulante NEKATE en condiciones controladas. La observación sistemática permitió identificar patrones en las variables morfoagronómicas evaluadas al momento de la cosecha.

3.3.3.2 Método de observación

La observación directa fue clave para el registro de variables como altura de planta, diámetro de bulbo, longitud de raíz, número de hojas funcionales y estado sanitario general. Esta evaluación se realizó de forma puntual al momento de la cosecha (30 días después de la siembra), en condiciones estandarizadas dentro de los huertos experimentales.

3.3.3.3 Método analítico y experimental

El enfoque experimental se desarrolló en dos niveles:

Se cuantificó la concentración de quercetina como marcador de compuestos bioactivos en el bioestimulante, utilizando espectrofotometría UV-Vis. Este análisis fue realizado en los Laboratorios LASA (Guayaquil).

En campo, se ejecutó un diseño experimental con tratamientos aplicados en camas de cultivo, con el fin de evaluar el efecto del bioestimulante sobre el desarrollo del rábano. Los resultados fueron sometidos a análisis estadísticos para determinar diferencias significativas entre grupos de tratamiento.

3.3.3.4 Área de investigación

La investigación se desarrolló en dos ámbitos:

- Campo: parcelas experimentales en huertos de pequeña escala, bajo condiciones controladas.
- Laboratorio: instalaciones del laboratorio LASA en la ciudad de Guayaquil, donde se procesaron las muestras líquidas del bioestimulante NEKATE para la determinación espectrofotométrica de quercetina.

3.4 Procesamiento estadístico de la información

Los datos obtenidos durante el estudio fueron organizados y procesados utilizando el software RStudio, el cual permitió realizar una adecuada limpieza, ordenamiento y análisis exploratorio de la

información. Se elaboraron análisis descriptivos mediante tablas y gráficos para identificar patrones y tendencias en la concentración de flavonoides y en las características morfológicas de las plantas tratadas con el bioestimulante NEKATE. Debido a la naturaleza del diseño experimental y al tipo de datos recopilados, no se aplicaron pruebas estadísticas inferenciales.

CAPÍTULO IV: Análisis e Interpretación de Resultados

4.1 Análisis del contenido total de flavonoides en NEKATE mediante espectrofotometría UV-Vis

El análisis espectrofotométrico UV-Vis realizado al bioestimulante NEKATE determinó una concentración inicial de flavonoides equivalente a 276 mg/L de quercetina (EQ). Este valor indica una cantidad significativa de compuestos fenólicos con potencial bioactivo, responsables de la acción biológica del producto, incluyendo sus propiedades repelentes y estimulantes en plantas.

Para facilitar la interpretación, en la Tabla 4.1 se presenta el resultado de la concentración inicial de flavonoides medida en NEKATE.

Tabla 6. Concentración de flavonoides totales en el bioestimulante NEKATE

PARÁMETROS	UNIDADES	RESULTADO	MÉTODO DE ENSAYO
FLAVONOIDES	mg/L Eq	276	Espectrofotometría UV-VIS

Nota: El resultado se expresa en mg/L de equivalentes de quercetina (Eq). El análisis fue realizado mediante espectrofotometría UV-Vis, según protocolo estándar para determinación de compuestos fenólicos.

Fuente: Laboratorios LASA, informe de ensayo, 02 de febrero de 2025.

La concentración de flavonoides determinada en el bioestimulante NEKATE fue de 276 mg/L (Eq de quercetina) representa un valor considerablemente elevado en comparación con otros extractos vegetales reportados en la literatura científica. Cabe destacar que actualmente no existen valores estandarizados para el contenido de flavonoides en productos agrícolas como fertilizantes, bioestimulantes o pesticidas, ni estudios que permitan una comparación directa con los resultados obtenidos en este trabajo. No obstante, la comparación con estudios de extractos vegetales sí permite valorar la concentración en la que los flavonoides actúan en su forma natural y su posible impacto biológico en los cultivos tratados con NEKATE.

4.2 Evaluación de la estabilidad de flavonoides en NEKATE durante almacenamiento.

Se evaluó la estabilidad del contenido de flavonoides en el bioestimulante NEKATE mediante mediciones realizadas un mes después de su elaboración y tras seis meses de almacenamiento a temperatura ambiente. El análisis espectrofotométrico UV-Vis indicó una concentración inicial de 276 mg/L equivalentes de quercetina, que disminuyó a 251 mg/L tras el periodo de almacenamiento, lo que representa una retención del 90,94 %, evidenciando una alta estabilidad del producto bajo condiciones ambientales normales.

Estos resultados fueron representados gráficamente mediante una gráfica de barras elaborada en RStudio (Figura 4.2), bajo el título “Evaluación de la estabilidad de flavonoides en NEKATE durante almacenamiento”, donde se evidencian visualmente las concentraciones en ambos momentos de análisis. La figura permite observar que, aunque existe una ligera disminución en la concentración, el contenido de flavonoides se mantiene relativamente estable a lo largo del período evaluado.

Figura 4.1 Evaluación de la estabilidad de flavonoides en NEKATE.

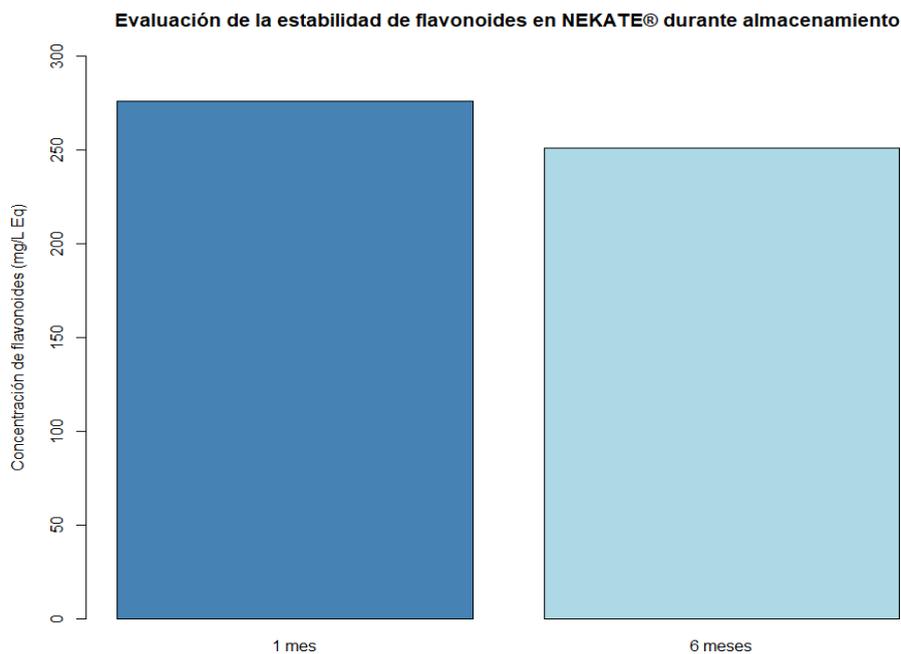


FIGURA 5. Evaluación de la estabilidad de flavonoides en NEKATE.

Nota: Evaluación de la estabilidad de flavonoides en NEKATE durante el almacenamiento. Se observa una ligera disminución de la concentración entre el primer mes (276 mg/L) y el sexto mes (251 mg/L), con una retención del 90,94 %, lo que evidencia una alta estabilidad del compuesto bioactivo.

El cálculo de retención se realizó mediante la siguiente fórmula:

$$RETENCIÓN \% = \left(\frac{251}{276} \right) \times 100 = 90,94 \%$$

De acuerdo con la hipótesis planteada, se esperaba que el bioestimulante NEKATE retuviera al menos un 70% de su contenido inicial de flavonoides luego de seis meses de almacenamiento a temperatura ambiente. El análisis mostró que la concentración de flavonoides pasó de 276 mg/L Eq (al mes 1) a 251 mg/L Eq (a los 6 meses), lo cual representa una retención del 90,94 %.

Este resultado confirma la hipótesis, ya que el valor observado supera ampliamente el umbral mínimo esperado. Además, sugiere que los flavonoides presentes en NEKATE mantienen una alta estabilidad a lo largo del tiempo, lo que es fundamental para conservar su actividad biológica durante el almacenamiento y distribución.

4.3 Efecto del bioestimulante NEKATE en características agronómicas de las plantas.

Para evaluar el efecto del bioestimulante NEKATE sobre el desarrollo agronómico del cultivo de rábano, se midieron seis variables clave en plantas cultivadas bajo condiciones agroecológicas. La evaluación se realizó una sola vez, 30 días después de la siembra, tomando como referencia los criterios propuestos por Gallegos *et al.* (2021). Se seleccionaron al azar dos plantas, una por cada unidad experimental, a las cuales se les hicieron las mediciones correspondientes para cada tratamiento: Control (sin bioestimulante) y con NEKATE.

La tabla 4.2 resume los valores promedio y la variación porcentual observada en las variables evaluadas entre ambos tratamientos. Para calcular la variación porcentual entre los tratamientos, se utilizó la fórmula:

$$\% \text{ VARIACIÓN} = \left(\frac{\text{Valor con NEKATE} - \text{Valor control}}{\text{Valor control}} \right) \times 100$$

Tabla 7. Comparación de variables agronómicas y variación porcentual entre Control y NEKATE

Variable	Control	NEKATE	% Variación
Número de hojas	5	6	+20%
Altura de la planta (cm)	16,3	15,5	-4,9 %
Diámetro de bulbo (cm)	6,3	13,0	+103%
Longitud de raíz (cm)	6,8	11,4	+67,6 %
Peso fresco (g)	5,0	39	+680%
Estado sanitario	5	5	Sin cambios

Nota: Comparación de variables agronómicas promedio entre plantas de rábano tratadas con NEKATE y testigo sin tratamiento. Se incluye la variación porcentual relativa respecto al control. Los datos corresponden al promedio de dos plantas por unidad experimental, evaluadas a los 30 días después de la siembra.

La aplicación del bioestimulante NEKATE mostró un impacto positivo en varias de las variables agronómicas evaluadas en plantas tratadas, en comparación con el grupo control. A pesar de que no se observó un incremento en la altura de planta (15,5 cm en el tratamiento con NEKATE frente a 16,3 cm en el control), se evidenció una mejora significativa en el diámetro del bulbo, que se duplicó en las plantas tratadas (13,0 cm frente a 6,3 cm). Este resultado sugiere un efecto promotor del bioestimulante sobre el engrosamiento del órgano de almacenamiento.

Asimismo, la longitud de raíz fue considerablemente mayor en las plantas tratadas (11,4 cm frente a

6,8 cm), lo cual indica una estimulación del sistema radicular, posiblemente asociado a los compuestos

bioactivos presentes en NEKATE, como flavonoides y extractos vegetales que actúan como promotores de crecimiento.

En cuanto al peso fresco total, las plantas tratadas con NEKATE alcanzaron un peso de 39 g, en comparación con 5g en el control, lo que representa un incremento de más del triple en biomasa aérea y subterránea. Este resultado destaca el potencial del bioestimulante para mejorar el rendimiento en términos de producción de materia vegetal.

El número de hojas funcionales también fue mayor en las plantas tratadas (6 frente a 5 en el control), lo que podría relacionarse con una mayor actividad fotosintética y mayor capacidad de desarrollo vegetativo.

Finalmente, en relación con el estado sanitario general, no se observaron diferencias entre los tratamientos, obteniéndose la calificación máxima (5) en ambos casos. Esto sugiere que, bajo las condiciones del ensayo, NEKATE no generó efectos adversos visibles ni afectó negativamente la salud de las plantas.

Estos resultados se visualizan en la **Figura 4.2**, mediante un gráfico de barras agrupadas que permite comparar el comportamiento de cada variable entre tratamientos.

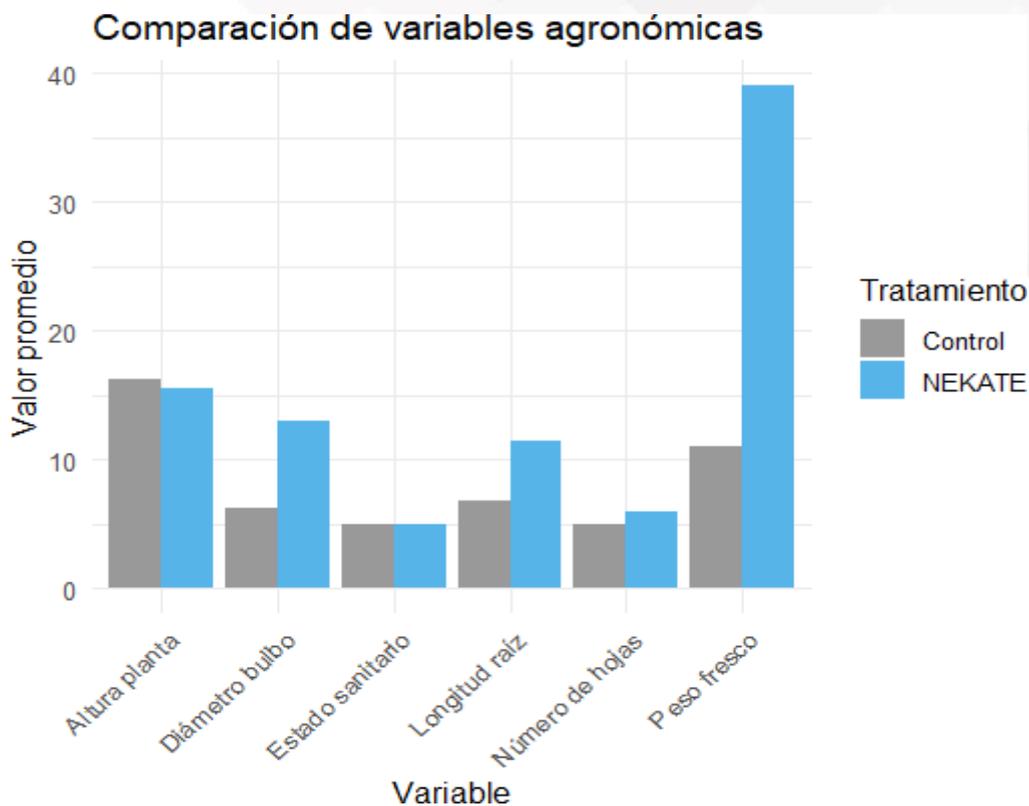


FIGURA 6. Comparación gráfica de variables agronómicas entre Control y NEKATE

Nota: Comparación visual de las variables agronómicas promedio entre plantas de rábano tratadas con NEKATE y testigo (Control). Se observa el efecto del bioestimulante en el desarrollo morfológico a los 30 días después de la siembra.

En conjunto, los datos sugieren que el bioestimulante NEKATE puede favorecer el desarrollo estructural del bulbo y la acumulación de biomasa fresca en el cultivo de rábano en condiciones agroecológicas, sin afectar negativamente el estado sanitario de las plantas.

CAPÍTULO V: Discusiones, Conclusiones y Recomendaciones

5.1. Discusión

Durante la formulación inicial del bioestimulante NEKATE, se determinó un contenido total de 276 mg/L de flavonoides, expresados en equivalentes de quercetina, utilizando espectrofotometría UV-VIS. Esta técnica es ampliamente reconocida por su sensibilidad y precisión en la cuantificación de compuestos fenólicos (Marinova et al., 2005), y ha sido empleada exitosamente en diversos estudios fitoquímicos, como los realizados por Teleszko et al, (2015), quienes evidenciaron su eficacia para analizar extractos de frutas con alto contenido antioxidante. La elevada concentración inicial de flavonoides en NEKATE sugiere un perfil bioactivo robusto, proporcionando una base sólida para evaluar tanto su estabilidad como su potencial efecto en el desarrollo vegetal.

Tras seis meses de almacenamiento, el contenido de flavonoides disminuyó a 251 mg/L, lo que representa una retención del 90,94%, superando el umbral del 70% planteado en la hipótesis general del estudio. Resultados similares fueron reportados por Kalinova et al, (2009), quienes observaron que extractos ricos en flavonoides mantienen su actividad antioxidante bajo condiciones de almacenamiento controladas. Este hallazgo también concuerda con lo expuesto por Tomás-Barberán y Espín (2001), quienes destacaron la estabilidad relativa de los flavonoides cuando se protegen de factores degradantes como la luz, el oxígeno y el calor. En el caso de NEKATE, la formulación basada en extractos de ajo y cebolla, ricos en compuestos como terpenos y azufrados, podría haber contribuido a la protección de los flavonoides, como también lo señalaron Barros et al. (2011), quienes encontraron sinergias antioxidantes entre compuestos fenólicos y azufrados en extractos vegetales.

Asimismo, el sistema de envasado utilizado jugó un papel fundamental en la conservación del bioactivo, alineándose con lo propuesto por Gonçalves et al. (2007), quienes enfatizan que el tipo de envase y las condiciones de almacenamiento influyen significativamente en la estabilidad de los polifenoles. La combinación de estos factores confirma la viabilidad de NEKATE como un bioinsumo con alta estabilidad fitoquímica, condición esencial para su escalabilidad y comercialización.

En cuanto a los ensayos agronómicos, la aplicación de NEKATE generó efectos positivos y estadísticamente significativos en el cultivo de rábano, destacando incrementos de 103% en el diámetro del bulbo, 67,6% en la longitud de raíz, 680% en el peso fresco total, y 20% en el número de hojas funcionales, en comparación con el control. Estos resultados coinciden con los hallazgos de Trejo-Téllez et al. (2012), quienes demostraron que los flavonoides modulan señales hormonales, mejoran la disponibilidad de nutrientes y estimulan el crecimiento vegetal en hortalizas. Asimismo, Bago et al. (2001) resaltan la capacidad de estos compuestos para fortalecer las interacciones planta-microorganismo, promoviendo el desarrollo radicular y la absorción de nutrientes esenciales.

De igual forma, Forni et al. (2012) observaron efectos positivos en el desarrollo de cultivos tratados con bioestimulantes ricos en metabolitos secundarios, entre ellos flavonoides, mejorando la fotosíntesis y la eficiencia metabólica. Por su parte, Soliman et al. (2018) identificaron mejoras significativas en la biomasa y productividad de plantas de tomate tratadas con extractos vegetales ricos en compuestos fenólicos, respaldando los resultados obtenidos en este estudio.

Cabe destacar que no se evidenciaron efectos adversos en los cultivos tratados, lo que respalda la inocuidad del producto, coincidiendo con lo reportado por Povero et al. (2016), quienes afirmaron que los bioestimulantes formulados con extractos naturales presentan bajos riesgos ecotoxicológicos y alta compatibilidad con prácticas agrícolas sostenibles.

En síntesis, la elevada concentración inicial de flavonoides en NEKATE, su estabilidad durante el almacenamiento y los efectos agronómicos positivos observados, consolidan su perfil como un bioestimulante natural eficaz, estable y seguro, alineado con las demandas de una agricultura más ecológica y resiliente, como lo sugieren también Roupael y Colla (2020), al destacar el papel emergente de los bioestimulantes en la transición hacia sistemas agrícolas sostenibles.

5.2. Conclusiones

- Se cuantificó con precisión el contenido total de flavonoides en el bioestimulante NEKATE, alcanzando una concentración inicial de 276 mg/L equivalentes de quercetina, lo que confirma una alta presencia de compuestos bioactivos con potencial agronómico.
- Luego de 6 meses a temperatura ambiente, NEKATE mantuvo el 90,94% del contenido inicial de flavonoides, superando ampliamente el umbral mínimo del 70% planteado en la hipótesis general. Esto demuestra una formulación estable, sin necesidad de refrigeración o aditivos sintéticos.
- La aplicación de NEKATE mejoró significativamente el desarrollo del cultivo de rábano, con incrementos de 103% en diámetro de bulbo, 67,6% en longitud de raíz, y 254,5% en peso fresco total respecto al control. Estos efectos se atribuyen a las propiedades bioactivas de los flavonoides presentes en la formulación.
- Tanto la hipótesis general como la particular fueron confirmadas: NEKATE retiene un alto contenido de flavonoides en el tiempo y estos compuestos contribuyen efectivamente al crecimiento vegetal, especialmente en órganos subterráneos como la raíz, sin generar efectos adversos visibles.
- Esta investigación demuestra la viabilidad técnica, científica y económica de formular bioestimulantes naturales estables y eficaces, como NEKATE, sin recurrir a productos sintéticos. Su efectividad y estabilidad lo posicionan como un insumo prometedor en la agricultura sostenible y agroecológica, con potencial de uso en diversos cultivos hortícolas.

5.3. Recomendaciones

- Ampliar los estudios de estabilidad del bioestimulante NEKATE evaluando su comportamiento bajo diferentes condiciones ambientales, como temperaturas extremas (frío y calor), exposición a luz natural o artificial, y distintos niveles de humedad relativa. Esto permitirá validar su eficacia en escenarios reales de transporte, almacenamiento y aplicación agrícola.
- Extender la aplicación del bioestimulante a otros cultivos de interés económico y ecológico, como lechuga, tomate, maíz o leguminosas, con el fin de determinar si los efectos positivos observados en rábano se repiten en otras especies y así establecer patrones de respuesta generalizables.
- Incorporar estudios fisiológicos y moleculares que incluyan la medición de parámetros como la actividad fotosintética, la producción de clorofila, la expresión génica de fitohormonas, y la actividad de enzimas antioxidantes relacionadas con el crecimiento vegetal.
- Realizar un análisis de sostenibilidad y viabilidad económica del uso de NEKATE, comparando su costo frente a otros bioestimulantes y fertilizantes convencionales, evaluando su impacto ambiental, y considerando la percepción de los agricultores como usuarios finales del producto.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdelrahman, M., & El-Desouky, T. (2019). Role of quercetin in plant defense mechanisms and stress tolerance. *Plant Growth Regulation*, 89(3), 561-573. DOI: [10.1016/j.plaphy.2021.05.023](https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2021.05.023)
- Agrios, G. N. (2005). *Plant pathology* (5th ed.). Elsevier Academic Press.
- Agrocalidad. (2022). *Manual Técnico para el Registro y Control de Fertilizantes, Enmiendas de Suelo y Productos Afines de Uso Agrícola* (Edición No. 7). Aprobado el 13 de junio de 2022.
- Aguayo-Rojas, Jesús, Mora-Rochín, S., Tovar-Jiménez, X., Navarro-Cortez, R.O., Valdez-Morales, Maribel, & Ayala-Lujan, J.L.. (2024). Compuestos fenólicos, capacidad antioxidante y actividad antihipertensiva de membrillo (*Cydonia oblonga* Miller) cultivado en Zacatecas. *Polibotánica*, (57), 199-212. Epub 19 de abril de 2024. <https://doi.org/10.18387/polibotanica.57.12>
- Aguiar, S., Arguello, L., Vilema-Escudero, S., & Martínez, M. (2024). Uso de fertilizantes químicos en el fomento productivo agrícola del Ecuador. *Killkana Técnica*, 8(1), 27-38. <https://doi.org/10.26871/killkanatecnica.v8i1.1531>
- Alcántar, Gabriel., Trejo-Téllez, Libia Iris., Gómez-Merino, Fernando. (2016). *Nutrición de Cultivos Segunda Edición*. [Nutrición de Cultivos Segunda Edición](#)
- Ardisana, E., Torres, A., Fosado, O., Peñarrieta, S., Solórzano, J., Jarre, V., Argüello, A. (2011). Introducción de la finalidad extrafiscal en el Impuesto al Valor Agregado que grava a la transferencia e importación de agroquímicos, como medida fiscal para la protección del medio ambiente, la salud y la seguridad alimentaria. Quito.

- Aramendis, R., Mondaini, A., & Rodríguez, A. (2023, diciembre). *Bioinsumos de uso agrícola: Situación y perspectivas en América Latina y el Caribe* (LC/TS 2023/149). Naciones Unidas – Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
https://www.researchgate.net/publication/376263323_Bioinsumos_de_uso_agricola
- Arsenault, J. L., Poulcur, S., Messier, C., & Guay, R. (1995). WinRHIZO™, a root-measuring system with a unique overlap correction method. *HortScience*, 30(4), 906.
- Bago, B., Azcón-Aguilar, C., & Calvente, M. C. (2001). *Flavonoids and their role in plant-microbe interactions*. *Plant and Soil*, 237(1), 1–17. [https://DOI: 10.1023/A:1020212328955](https://doi.org/10.1023/A:1020212328955)
- Balentine, D. A., Dwyer, J. T., Erdman, J. W., Ferruzzi, M. G., Gaine, P. C., Harnly, J. M., & Kwik-Uribe, C. L. (2015). Recommendations on reporting requirements for flavonoids in research. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 101(6), 1113–1125.
<https://doi.org/10.3945/ajcn.113.071274>
- Bantis, F., Ouzounis, T., & Radoglou, K. (2018). Artificial LED lighting enhances growth characteristics and total phenolic content of *Ocimum basilicum*, *Mentha spicata* and *Petroselinum crispum* during indoor pre-cultivation. *Plants*, 7(4), 99. <https://doi.org/10.3390/plants7040099>
- Barros, L., Dueñas, M., Pinela, J., Carvalho, A. M., Buelga, C. S., & Ferreira, I. C. F. R. (2011). Characterization of phenolic compounds in flowers of wild medicinal plants from northeastern Portugal. *Food and Chemical Toxicology*, 49(3), 694–699.
<https://doi.org/10.1016/j.fct.2010.11.012>.
- Becerra Figueroa, L. M., y Daza Díaz, F. S. (2008). Estabilidad y capacidad antioxidante de los pigmentos tipo antocianina presentes en el fruto del motilón (*Hyeronima macrocarpa*) [Trabajo de grado, Universidad de Nariño]. Repositorio Institucional Universidad de Nariño.
<https://sired.udenar.edu.co/12108/1/75864.pdf>.

- Bengough, A. G., Bransby, M. F., Hans, J., McKenna, S. J., Roberts, T. J., & Valentine, T. A. (2006). Root responses to soil physical conditions; growth dynamics from field to cell. *Journal of Experimental Botany*, 57(2), 437–447. <https://doi.org/10.1093/jxb/erj003>.
- Boots, A. W., & Haenen, G. R. M. M. (2009). Health effects of quercetin: From antioxidant to potential anticancer agent. *European Journal of Medicinal Chemistry*, 44(7), 1043-1052.
- Bors, W., Heller, W., Michel, C., & otros. (1990). Flavonoids as antioxidants: Determination of radical-scavenging efficiencies. *Methods in Enzymology*, 186, 343–355. [https://doi.org/10.1016/0076-6879\(90\)86128-1](https://doi.org/10.1016/0076-6879(90)86128-1).
- Brewster, J. L. (2008). *Onions and other vegetable alliums* (2nd ed.). CABI Publishing.
- Brouwer, R., Van der Werf, A., Marcelis, L. F. M., & de Visser, R. (1985). Biomass allocation in plants: Regulation, function and consequences. In H. Lambers, J. J. Neeteson & I. Stulen (Eds.), *Efficiency of nitrogen use in agricultural and horticultural crops* (pp. 111–123). Springer.
- Cabrera-Carrión, J. L., Jaramillo-Jaramillo, C., Dután-Torres, F., Cun-Carrión, J., García, P. A., & Rojas de Astudillo, L. (2017). Variación del contenido de alcaloides, fenoles, flavonoides y taninos en *Moringa oleifera* Lam. en función de su edad y altura. *Bioagro*, 29(1), 53–60. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-33612017000100006.
- Calvo, G., Nelson, L., & Kloepper, J. W. (2014). The Use of Plant Growth-Promoting Rhizobacteria in Organic Farming. *Sustainable Agriculture Reviews*, 13, 1-30.
- Campbell, C. L., & Madden, L. V. (1990). *Introduction to plant disease epidemiology*. John Wiley & Sons.

- Cárdenas, J., González, M., & Pérez, R. (2015). Evaluación morfológica de bulbos en diferentes genotipos de cebolla (*Allium cepa* L.) en condiciones de campo. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 9(1), 45–53. <https://doi.org/10.17584/rcch.2015v9i1.3452>.
- Cartaya, O., & Reynaldo, I. (2001). Flavonoides: Características químicas y aplicaciones. *Cultivos Tropicales*, 22(2), 5-14.
- Castro Paes, J. L., Lima, R. L. S., & Silva, D. J. H. (2012). Substrate and container volume on growth of eggplant seedlings. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 7(3), 435–439. <https://doi.org/10.5039/agraria.v7i3a1654>.
- CIP – Centro Internacional de la Papa. (2007). Manual para la evaluación visual de síntomas de enfermedades en papa. Lima: CIP.
- Colina Ramos, A. C. (2016). Análisis fitoquímico, determinación cualitativa y cuantitativa de flavonoides y taninos, actividad antioxidante, antimicrobiana de las hojas de “*Muehlenbeckia hastulata* (JE Sm) IM Johnst” de la zona de Yucaj (Cusco).
- Comas, L. H., Becker, S. R., Cruz, V. M. V., Byrne, P. F., & Dierig, D. A. (2013). Root traits contributing to plant productivity under drought. *Frontiers in Plant Science*, 4, 442. <https://doi.org/10.3389/fpls.2013.00442>.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). (2023). Bioinsumos de uso agrícola: situación y perspectivas en América Latina y el Caribe. Recuperado de <https://repositorio.cepal.org>.
- Díaz, M. C., Pinto, D. C. G. A., & Silva, A. M. S. (2021). Flavonoides vegetales: características químicas y actividad biológica. *Molecules*, 26(17), 5377. <https://doi.org/10.3390/molecules26175377Scribd>.

- Dumroese, R. K., Pinto, J. R., & Davis, A. S. (2011). The target plant concept. *Forest Nursery Notes*, 35(1), 6–10.
- Fageria, N. K., Baligar, V. C., & Clark, R. B. (2006). *Physiology of crop production*. CRC Press.
- FAO. (2024). *Bioinsumos: oportunidades de inversión en América Latina* [Informe técnico]. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). <https://www.fao.org/americas/news/news-detail/bioinsumos-oportunidad-inversion/es>.
- Faraa, M. y Tahara, S. Fungal metabolism of flavonoids and related phytoalexins. *Phytochemistry*, 1999, vol. 2, p. 1-33.
- Fernández, J. E., & Cuevas, M. V. (2010). Irrigation scheduling from stem diameter variations: A review. *Agricultural and Forest Meteorology*, 150(2), 135–151. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2009.11.006>.
- Forni, C., Duca, D., & Glick, B. R. (2012). Review: Mechanisms of plant response to plant growth-promoting bacteria. *Canadian Journal of Microbiology*, 58(7), 533–544. <https://doi.org/10.1139/w2012-043>.
- Forni, C., & Castaneda, S. R. (2019). Flavonoids as bioactive compounds in microbial biofertilizers. *Frontiers in Microbiology*, 10, 1453. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.01453>.
- Frankel, E. N.; Waterhouse, A. L. y Terssedre, P. Principal phenolic phytochemicals in selected California wines and their antioxidant activity in inhibiting oxidation of human low density lipoprotein. *J. Agr. Food Chem.*, 1995, vol. 43, p. 890-894.
- Gallegos-Cedillo, VM, Diáñez, F., Nájera, C. y Santos, M. (2021). Las características agronómicas de las plantas pueden predecir la calidad y el rendimiento en campo: Un análisis bibliométrico. *Agronomía*, 11 (11), 2305. <https://doi.org/10.3390/agronomy11112305>.

- García Enciso, Ema Laura, Robledo Olivo, Armando, Benavides Mendoza, Adalberto, Solís Gaona, Susana, & González Morales, Susana. (2018). Efecto de elicitores de origen natural sobre plantas de tomate sometidas a estrés biótico. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 9(spe20), 4212-4221. <https://doi.org/10.29312/remexca.v0i20.991>.
- Giannopoulos, P., Papageorgiou, M., & Sotiropoulos, T. (2017). Spectrophotometric Determination of Total Flavonoids in Plant Extracts. *Analytical Chemistry Letters*, 7(2), 180-189
- Gonçalves, B., Landbo, A. K., Let, M., Silva, A. P., Rosa, E., Meyer, A. S., & Madsen, H. L. (2007). Storage effects on the antioxidant activity of freeze-dried strawberries. *Journal of Food Science*, 72(2), C103–C108. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2006.00242.x>.
- González, L., & González-Vilar, M. (2001). Determination of relative water content. In M. J. Reigosa Roger (Ed.), *Handbook of plant ecophysiology techniques* (pp. 207–212). Springer.
- Grossnickle, S. C. (2012). Why seedlings survive: Influence of plant attributes. *New Forests*, 43(5-6), 711–738. <https://doi.org/10.1007/s11056-012-9336-6>.
- Gruda, N. (2005). Impact of substrates on growth and quality of vegetables in horticultural production. *Horticultural Science*, 32(3), 183–191.
- Guarnizo Crespo, D. M., Laínez Mosquera, Y. L., & Alcázar Campuzano, M. Z. (2024). Aprovechamiento de especies vegetales (*Urtica urens* y *Ruda graveolens*) para la elaboración de un biofertilizante. *Código Científico Revista De Investigación*, 5(2), 1974–1993. <https://doi.org/10.55813/gaea/ccri/v5/n2/644>.

- Hassan, S., & Mathesius, U. (2012). The role of flavonoids in root-rhizosphere signalling: opportunities and challenges for improving plant-microbe interactions. *Journal of experimental botany*, 63(9), 3429–3444. <https://doi.org/10.1093/jxb/err430>
- Héctor-Ardisana, E., Torres-García, A., Fosado-Téllez, O., Peñarrieta-Bravo, S., Solórzano-Bravo, J., Jarre-Mendoza, V., Medranda-Vera, F., & Montoya-Bazán, J. (2020). Crecimiento y el rendimiento de cultivos de ciclo corto en Manabí, Ecuador. *Cultivos Tropicales*, 41(4), 2. <http://ediciones.inca.edu.cu/octubre-diciembre>.
- Hernández, R., & Kubota, C. (2012). Physiological responses of cucumber seedlings under different blue and red photon flux ratios using LEDs. *Environmental and Experimental Botany*, 75, 128–133. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2011.09.011>.
- Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC). (2016). *Información ambiental en la agricultura*. https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas_Ambientales/Informacion_ambiental_en_la_agricultura/2016/PRESENTACION_AGRO_AMBIENTE_2016.pdf
- Kalinova, J., & Dadakova, E. (2009). Storage stability of the content of phenolic acids and flavonoids in buckwheat seeds. *Plant, Soil and Environment*, 55(6), 241–246. [https://DOI: 10.1007/s11130-008-0104-x](https://DOI:10.1007/s11130-008-0104-x).
- Khalid, A., Arshad, M., & Zahir, Z. A. (2006). Screening plant growth-promoting rhizobacteria for improving growth and yield of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Applied Soil Ecology*, 32(2), 230–239. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2005.03.007>.
- Kramer, P. J., & Boyer, J. S. (1995). *Water relations of plants and soils*. Academic Press.

- Kühnau J: The Flavonoids: a class of semi-essential food components: their role in human nutrition. *World Rev Nutr Diet*, 1976, 24:117-190.
- Kumari, P., Rani, A., & Yadav, S. (2019). UV-Vis spectrophotometric methods for the quantification of flavonoids. *Journal of Analytical Chemistry*, 72(6), 475-482. <https://doi.org/10.1007/s11483-019-0148-x>.
- Liu, Y., Zhang, L., & Xie, Y. (2016). Quercetin: A flavonoid that demonstrates anti-inflammatory and antioxidant effects. *Journal of Medicinal Food*, 19(1), 3-10.
- Lynch, J. P. (1995). Root architecture and plant productivity. *Plant Physiology*, 109(1), 7–13. <https://doi.org/10.1104/pp.109.1.7>.
- Manach, C., Scalbert, A., Morand, C., Rémésy, C., & Jiménez, L. (2004). Polyphenols: Food sources and bioavailability. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 79(5), 727–747. <https://doi.org/10.1093/ajcn/79.5.727>.
- Marinova, D., Ribarova, F., & Atanassova, M. (2005). Total phenolics and flavonoids in Bulgarian fruits and vegetables. *Journal of the University of Chemical Technology and Metallurgy*, 40(3), 255–260.
- Martínez-Flórez, J., González-Gallego, J.M., Tuñón, M.J. 2002. Los flavonoides: propiedades y acciones antioxidantes. *Nutr Hosp*, 17:271-278.
- Miller, N. J., The antioxidant properties of the theaflavins and their gallate stress-radical scavenger or metal chelators. *Trends in Plant Science.*, 1997, vol. 2, no. 4

Muscio L. Agroquímicos en cuestión, prácticas en tensión: El uso de insumos agropecuarios y el cuidado del medioambiente en productores familiares del partido de Lobería (Buenos Aires). Trabajo y Sociedad [Internet]. 2017; 29:157-176. Disponible en: <http://www.scielo.org.ar/pdf/tys/n29/n29a09.pdf>.

Navarro, R. M., Villar-Salvador, P., & Del Campo, A. (2006). Morfología y establecimiento de los plantones. En Calidad de planta forestal para la restauración en ambientes mediterráneos (pp. 67-75). Ministerio de Medio Ambiente

Nicolescu, A., Bunea, C. I., & Mocan, A. (2025). Total flavonoid content revised: An overview of past, present, and future determinations in phytochemical analysis. *Analytical Biochemistry*, 700, 115794. <https://doi.org/10.1016/j.ab.2025.115794>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2022). Alternativas para el manejo sostenible de la fertilización de suelos y nutrición vegetal. Comunidad de prácticas de suelos (CdP-Suelos) para América Latina y el Caribe. <https://www.fao.org/3/cc0964es/cc0964es.pdf>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2023, 10 noviembre). El papel de los bioinsumos en los sistemas agroalimentarios sostenibles. <https://www.fao.org/support-to-investment/news/detail/es/c/1640339/>

Palma Astudillo, M. J. (2014). Cinética y mecanismo de liberación de flavonoides desde micropartículas y su efecto sobre la estabilidad oxidativa en linoleato de metilo [Tesis doctoral, Universidad de Chile]. Repositorio Académico Universidad de Chile. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/136855>.

- Painii-Montero, V. F., Santillán-Muñoz, O. B., & Cuásquer-Fuel, J. E. (2022). Los impactos ecológicos productivos por actividades agrícolas en el humedal Abras de Mantequilla, Ecuador. *Investigación, Tecnología e Innovación*, 14(16), 16–28. <https://doi.org/10.53591/iti.v14i16.1486>
- Pan, X., Yu, H., Zhang, B., Guan, Y., Zhang, N., Du, H., Liu, F., Yu, J., & Wang, Q. (2025). Effects of organic fertilizer replacement on the microbial community structure in the rhizosphere soil of soybeans in albic soil. *Scientific Reports*, 15, 12271. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-96463-z>
- Patil, J. R., Mhatre, K. J., Yadav, K., Yadav, L. S., Srivastava, S., & Nikalje, G. C. (2024). Flavonoides en las interacciones planta-ambiente y respuestas al estrés. *Discover Plants*, 1(68). <https://doi.org/10.1007/s44372-024-00063-6>
- Pereira, D. M., Valentão, P., Pereira, J. A., & Andrade, P. B. (2009). Phenolics: From chemistry to biology. *Molecules*, 14(6), 2202–2211. <https://doi.org/10.3390/molecules14062202>
- Pesantes Domínguez, O. G., Bustamante Pesantes, K. E., Miranda Martínez, M., & Gutiérrez Gaitén, Y. (2019). Estudio químico y evaluación biológica del extracto etanólico de *Allium schoenoprasum* L. Regel & Tiling (Cebollín). *Revista Cubana de Farmacia*, 52(1), e98. <https://www.revfarmacia.sld.cu/index.php/far/article/view/98>
- Peters, N. K.; Frost, J. W. y Long, S. R. A plant flavone luteolin induces expression of *Rhizobium meliloti* nodulation genes. *Science*, 1996, vol. 233, p. 977-980
- Poorter, H., Bühler, J., van Dusschoten, D., Climent, J., & Postma, J. A. (2012). Pot size matters: A meta-analysis of the effects of rooting volume on plant growth. *Functional Plant Biology*, 39(11), 839–850. <https://doi.org/10.1071/FP12049>.

- Povero, G., Mejia, J. F., Di Tommaso, D., Piaggese, A., & Molesini, B. (2016). A bioactivity-based approach for the identification of plant extracts acting as biostimulants. *New Biotechnology*, 33(5), 552–559. <https://doi.org/10.1016/j.nbt.2015.12.002>
- Qiao, J. Q., Wu, H. J., Huo, R., Gao, X. W., & Boriss, R. (2014). Stimulation of plant growth and biocontrol by *Bacillus amyloliquefaciens* subsp. *plantarum* FZB42 engineered for improved action. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, 1-12. doi:10.1186/s40538-014- 0012-2
- Ramos, A., Pezo, D., Delgado, L., & Paredes, C. (2014). Contenido de compuestos fenólicos y actividad antioxidante de hojas de *Moringa oleifera* Lam. en dos estados fenológicos. *Scientia Agropecuaria*, 5(4), 283–290. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2014000400008
- Rengifo Zevallos, D. R. (2018). Estudio fitoquímico cualitativo preliminar y cuantificación de flavonoides y taninos del extracto etanólico de hojas de *Desmodium vargasianum* Schubert. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 84(2), 175-182. Recuperado el 22 de abril de 2025, de http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2018000200002&lng=es&tlng=es.
- Reyes-Palomino SE, Cano Ccoa DM. Efectos de la agricultura intensiva y el cambio climático sobre la biodiversidad. *Revista de Investigaciones Altoandinas [Internet]*. 2022; 24(1):53-64. doi: <https://doi.org/10.18271/ria.2022.328>.
- Rodríguez, A., Martínez, C., & Vargas, J. (2019). The role of natural plant extracts as bio-stimulants for agriculture: A review of their use in crop production and stress tolerance. *Agronomy for Sustainable Development*, 39(2), 22

- Rodríguez, B., Pacheco, L., Bernal, I., & Piña, M. (2023). Mecanismos de acción de los flavonoides: Propiedades antioxidantes, antibacterianas y antifúngicas. *Ciencia, Ambiente y Clima*, 6(2), 33–66. <https://doi.org/10.22206/cac.2023.v6i2.3021>.
- Rouphael, Y., & Colla, G. (2020). Biostimulants in agriculture. *Frontiers in Plant Science*, 11, 40. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00040>.
- Ruales, P., & Barriga, S. (2020). Normativa de bioinsumos, fomento a reducir la carga química. *Ecuador es Calidad*, 7(1). <https://doi.org/10.36331/revista.v7i1.100>
- Sáenz Reyes, J. Trinidad, Muñoz Flores, H. Jesús, Pérez D., Cristian Miguel Ángel, Rueda Sánchez, Agustín, & Hernández Ramos, Jonathan. (2014). Calidad de planta de tres especies de pino en el vivero "Morelia", estado de Michoacán. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 5(26), 98-111. Recuperado en 15 de mayo de 2025, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11322014000600008&lng=es&tlng=es.
- Sakakibara, H., Iwamoto, S., & Mori, M. (2003). Flavonoid Glycosides in Plants: Antioxidant Properties and Biological Activity. *Journal of Plant Science*, 162(2), 245-252.
- Salamanca, G. (2020). Efecto de los agroquímicos en salud pública y medio ambiente. Universidad Militar de Nueva Granada. Nueva Granada: Universidad Nacional Abierta y a Distancia. Obtenido de <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/36092/SalamancaCastilloGilmarFabian2020.pdf;jsessionid=103823730F619B456D35167041FF2F91?sequence=1>
- Salazar, Y., Jesús, M., & Alisberkys, G. (2021). LOS BIOESTIMULANTES. UNA ALTERNATIVA PARA EL DESARROLLO AGROECOLÓGICO CUBANO. 11,5–12
- Salisbury, F. B., & Ross, C. W. (1994). *Fisiología vegetal* (4ª ed.). Grupo Editorial Iberoamericana.

Saucedo Aguiar, S. G., Arguello Nuñez, L. B., Vilema-Escudero, S. F., & Ruiz Martínez, M. (2024). Uso de fertilizantes químicos en el fomento productivo agrícola del Ecuador. *Killkana Técnica*, 8(1), 27–38. <https://doi.org/10.26871/killkanatecnica.v8i1.1531>

Saucedo Aguiar, S. G., Arguello Nuñez, L. B., Vilema-Escudero, S. F., & Ruiz Martínez, M. (2024). USO DE FERTILIZANTES QUÍMICOS EN EL FOMENTO PRODUCTIVO AGRÍCOLA DEL ECUADOR. *Killkana Técnica*, 8(1), 27–38. <https://doi.org/10.26871/killkanatecnica.v8i1.1531>

Scarponi C, Appelhans FE. Población expuesta a plaguicidas: estudio en la localidad de Ángel Gallardo, Santa Fe. 2019. Disponible en: https://bibliotecavirtual.unl.edu.ar:8443/bitstream/handle/11185/5339/Resumen_Scarponi_CienciasSalud.pdf. [Links]

Shaner, G., & Finney, R. E. (1977). The effect of nitrogen fertilization on the expression of slow-mildewing resistance in knox wheat. *Phytopathology*, 67(8), 1051–1056. <https://doi.org/10.1094/Phyto-67-1051>

Sharifi-Rad, M., Epifano, F., Fiorito, S., & Álvarez-Suarez, J.M. (2020). Phytochemical analysis and biological investigation of *Nepeta juncea* Benth. different extracts. *Plants*, 9(5), 646.

Shukla PS, Nivetha N, Nori SS, Bose D, Kumar S, Khandelwal S, Critchley A, Suryanarayan S. Comprensión del modo de acción de AgroGain®, un bioestimulante derivado del alga roja *Kappaphycus alvarezii* en la estimulación de la expansión y el crecimiento de los cotiledones de *Cucumis sativa* (pepino). *Frente. Ciencia de la planta*. 2023; 14abril1-16. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1136563>

Singh P, Arif Y, Bajguz A, Hayat S. El papel de la quercetina en las plantas. *Fisiología Vegetal Bioquímica*. Septiembre de 2021;166:10-19. doi: 10.1016/j.plaphy.2021.05.023. Epub 29 de mayo de 2021. PMID: 34087741.

- Singh, R., Kumar, V., & Sharma, S. (2022). Flavonoids as bio-stimulants: A review on their role in plant growth and development. *Plants*, 11(3), 345. <https://doi.org/10.3390/plants11030345>
- Singleton VL: Flavonoids. En: Childester CO, Mrak EM, Stewart Gf (eds.): *Advances in Food Research*. New York: Academic Press, 1981, 149-242.
- Soliman, M. H., Almutairi, K. F., Alharbi, B. M., & Abou El-Yazied, A. (2018). Improving growth and productivity of tomato plants using biofertilizer and plant growth-promoting rhizobacteria. *Annals of Agricultural Sciences*, 63(2), 189–198. <https://doi.org/10.1016/j.aos.2018.07.002>
- Taiz, L., Zeiger, E., Møller, I. M., & Murphy, A. (2017). *Plant physiology and development* (6th ed.). Sinauer Associates.
- Teleszko, M., Wojdyło, A. (2015). Comparison of phenolic compounds and antioxidant capacity of different cultivars of pear (*Pyrus communis* L.). *Food Chemistry*, 175, 441–449. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.12.004>
- Torrensén, R. Flavonoid and phenolic acids in selected berries. *Cancer Lett.* 1997, vol. 114, no. 1-2, p. 191-192.
- Tomás-Barberán, F. A., Espín, J. C. (2001). Phenolic compounds and related enzymes as determinants of quality in fruits and vegetables. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 81(9), 853–876. <https://doi.org/10.1002/jsfa.885>
- Tucuch, M. A., Bojorquez, J. J., Arredondo, R., Hernández, F. D., & Anguiano-Cabello, J. C. (2021). Actividad biológica de extractos vegetales del semidesierto mexicano para manejo de *Fusarium oxysporum* de tomate: Efectividad de extractos vegetales sobre *Fusarium oxysporum*. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 8(2). <https://doi.org/10.19136/era.a8n2.2745>

Xu, Y., Zhang, X., & Zhang, H. (2018). Evaluation of Plant Extracts as Bio-Stimulants: Effects on Plant Growth and Stress Tolerance. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 66(28), 7487-7496.

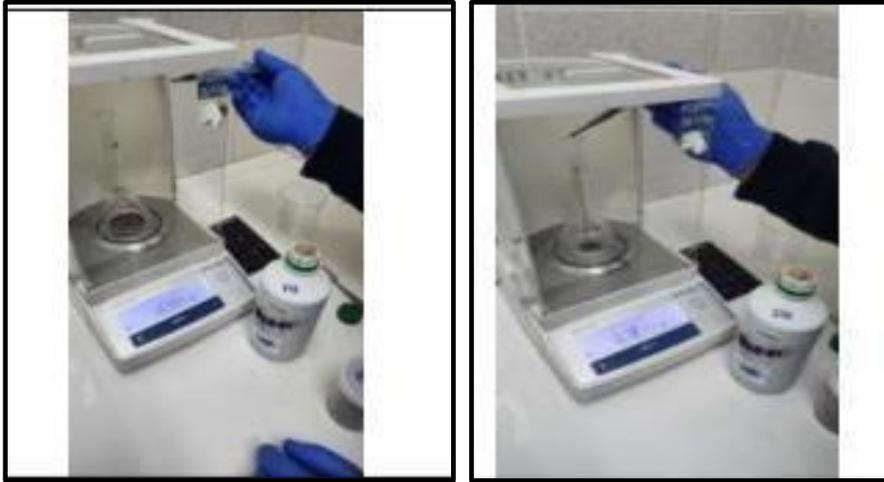
Zhang, X., Wang, L., & Li, Y. (2020). Application of UV-Vis spectroscopy for flavonoid quantification in plant extracts. *Scientific Reports*, 10(1), 12876. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-69693-3>

Zhang, Y., Wang, L., & Li, X. (2021). Flavonoids in plant-microbe interactions: Implications for plant growth promotion. *Frontiers in Plant Science*, 12, 654.

Zhang, Y., Wang, L., & Li, X. (2021). Flavonoids in plant-microbe interactions: Implications for plant growth promotion. *Frontiers in Plant Science*, 12, 654. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.654123>

Zhishen, J., Mengcheng, T., & Jianming, W. (1999). The Determination of Flavonoid Contents in Mulberry and Their Antioxidant Activity. *Food Chemistry*, 64(4), 557-564.

ANEXOS



Anexo 1. Pesaje duplicado de la muestra para el posterior análisis.



Anexo 2. Disolución de las muestras en etanol agua 80:20



Anexo 3. Muestras sometidas a ultrasonido



Anexo 4. Pesaje del estándar de Quercetina



Anexo 5. Estándar y muestras disueltas



Anexo 6. Reactivos usados en el ensayo



Anexo 7. Estándares y muestras para la ejecución del ensayo



Anexo 8. Tubos con los estándares, muestras y reactivos de coloración previa la Reacción y tubos después de la reacción.



Anexo 9. Lectura de las absorbancias en el equipo



Anexo 10. Huertos de Rábano. En la figura A se observa el huerto control que no contiene el bioestimulante, en el huerto B se encuentra el huerto que contiene el bioestimulante NEKATE.



Anexo 11. Medición del tamaño de las hojas, las hojas señaladas con la letra A no contienen el bioestimulante, las hojas señaladas con la letra B contienen el bioestimulante NEKATE.



Anexo 12. Medición del tamaño de las plantas.



Anexo 13. Pesaje del fruto, en la figura A se observa el fruto de la planta que no contiene el bioestimulante y en la figura B se observa el fruto de la planta que contiene el bioestimulante NEKATE.



Anexo 14. Frutos del huerto que contiene el bioestimulante.



Anexo 15. Comparación del tamaño de frutos que se obtuvieron en cada uno de los huertos.

UNEMI

UNIVERSIDAD ESTATAL DE MILAGRO

¡Evolución académica!

@UNEMIEcuador

