



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD INGENIERÍA
CARRERA DE AGROINDUSTRIA**

Desarrollo de solución antimicrobiana a partir de hojas de nacedero (*Trichanthera gigantea*) con potencial aplicación en verduras frescas

Trabajo de Titulación para optar al título de Ingeniero Agroindustrial

Autor:
Barahona Mosquera María Victoria

Tutor:
Ing. Cristian Javier Patiño Vidal, PhD.

Riobamba, Ecuador. 2025

DECLARATORIA DE AUTORÍA

Yo, María Victoria Barahona Mosquera, con cédula de ciudadanía 0803696533, autora del trabajo de investigación titulado: Desarrollo de solución antimicrobiana a partir de hojas de nacedero (*Trichanthera gigantea*) con potencial aplicación en verduras frescas, certifico que la producción, ideas, opiniones, criterios, contenidos y conclusiones expuestas son de mí exclusiva responsabilidad.

Asimismo, cedo a la Universidad Nacional de Chimborazo, en forma no exclusiva, los derechos para su uso, comunicación pública, distribución, divulgación y/o reproducción total o parcial, por medio físico o digital; en esta cesión se entiende que el cesionario no podrá obtener beneficios económicos. La posible reclamación de terceros respecto de los derechos de autor (a) de la obra referida, será de mi entera responsabilidad; librando a la Universidad Nacional de Chimborazo de posibles obligaciones.

En Riobamba, a la fecha de su presentación.



María Victoria Barahona Mosquera

C.I: 0803696533

DICTAMEN FAVORABLE DEL PROFESOR TUTOR

Quien suscribe, Cristian Javier Patiño Vidal catedrático adscrito a la Facultad de Ingeniería, por medio del presente documento certifico haber asesorado y revisado el desarrollo del trabajo de investigación titulado: Desarrollo de solución antimicrobiana a partir de hojas de nacedero (*Trichanthera gigantea*) con potencial aplicación en verduras frescas, bajo la autoría de María Victoria Barahona Mosquera; por lo que se autoriza ejecutar los trámites legales para su sustentación.

Es todo cuanto informar en honor a la verdad; en Riobamba, a los 31 días del mes de octubre de 2025.

Cristian Javier Patiño Vidal

C.I: 1003967153

CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL

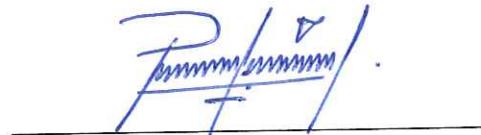
Quienes suscribimos, catedráticos designados Miembros del Tribunal de Grado para la evaluación del trabajo de investigación Desarrollo de solución antimicrobiana a partir de hojas de nacedero (*Trichanthera gigantea*) con potencial aplicación en verduras frescas, presentado por Barahona Mosquera María Victoria, con cédula de identidad número 0803696533, bajo la tutoría de Ing. Cristian Javier Patiño Vidal PhD.; certificamos que recomendamos la APROBACIÓN de este con fines de titulación. Previamente se ha evaluado el trabajo de investigación y escuchada la sustentación por parte de su autor; no teniendo más nada que observar.

De conformidad a la normativa aplicable firmamos, en Riobamba 31 de octubre de 2025.

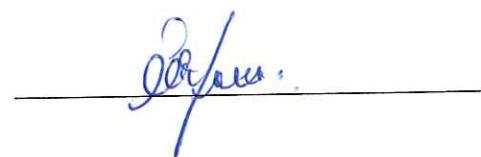
Ana Mejía López, Mgs.
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE GRADO



Paúl Ricaurte Ortiz, PhD.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO



José Miranda Yuquilema, PhD.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO





CERTIFICACIÓN

Que, **María Victoria Barahona Mosquera** con CC: **0803696533**, estudiante de la Carrera **Agroindustria**, Facultad de **Ingeniería**; ha trabajado bajo mi tutoría el trabajo de investigación titulado "**Desarrollo de solución antimicrobiana a partir de hojas de nacedero (*Trichanthera gigantea*) con potencial aplicación en verduras frescas**", cumple con el **4%** de similitud y **9%** de textos potencialmente generados por la IA, de acuerdo al reporte del sistema Antiplagio **Compilatio**, porcentaje aceptado de acuerdo a la reglamentación institucional, por consiguiente, autorizo continuar con el proceso.

Riobamba, 06 de octubre de 2025



Ing. Cristian Javier Patiño Vidal, PhD.
TUTOR

DEDICATORIA

A Dios, por estar en mi vida y ser mi soporte. A mi familia, principalmente mi madre Teresa por su amor incondicional y confianza, a mi sobrino Anthoan quién es la luz de mi alma, a mis hermanos Tere y Sebas por ser mi apoyo, a mis tíos y primos quiénes fueron parte de mi progreso universitario, a mis mascotas por ser mi compañía, a mi mejor amiga y mis 6 grandes amigos universitarios quienes compartieron momentos inolvidables conmigo y a mí, por nunca rendirme y luchar todos los días por mis sueños.

AGRADECIMIENTO

A mi madre, por ser mi fortaleza y mayor motivación todos los días, a Javier, compañero leal de mi madre y un gran apoyo para mí, a Cristina Tuapanta, por ser una gran amiga y apoyo en todos estos años de estudio, a Andres por su paciencia, comprensión y por ser mi refugio en momentos de incertidumbre. A los amigos de mi mamá especialmente Katty y Jesús por ser un gran apoyo para la culminación de mis estudios, a mis ingenieros quienes dedicaron su vida laboral a enseñarme experiencias a lo largo de la carrera y a mi tutor de tesis, el ing. Cristian Patiño, por su paciencia y gran apoyo para culminar este trabajo. A Dios por brindarme la oportunidad de estudiar esta increíble carrera de Agroindustria y en esta preciada universidad.

ÍNDICE GENERAL

DECLARATORIA DE AUTORIA	
DICTAMEN FAVORABLE DEL PROFESOR TUTOR	
CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL	
CERTIFICADO ANTIPLAGIO	
DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO	
RESUMEN	
ABSTRACT	
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	14
1.2. Antecedentes.....	14
1.2. Problema.....	15
1.3. Justificación.....	15
1.4. Objetivos.....	16
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	17
2.1. Estado de Arte	17
2.2. Fundamentos Teórico	20
2.2.1. Pérdidas postcosecha de frutas y verduras	20
2.2.2. Nacedero (<i>Trichanthera gigantea</i>)	21
2.2.8. Solución antimicrobiana.....	23
2.2.9. Evaluación de funcionalidad de soluciones antimicrobianas	23
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA.....	24
3.1 Tipo de Investigación.	24
3.2 Diseño Experimental	24
3.2.1 Variables	24
3.2.2 Tratamientos	25
3.2.3 Procedimiento	25
3.3 Técnicas de Recolección de Datos	27

3.4	Población de Estudio y Tamaño de Muestra	28
3.5	Métodos y Procesamiento de Datos	28
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN		28
4.1	Obtención de extractos a partir de hojas de nacedero	28
4.2	Evaluación de la actividad antimicrobiana de las soluciones antimicrobianas de nacedero	29
4.3	Obtención de la solución antimicrobiana	34
4.4	Evaluación de funcionalidad de la solución antimicrobiana en tomate rojo (<i>Solanum lycopersicum</i>) y lechuga (<i>Lactuca sativa</i>).....	35
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		39
5.1	Conclusiones.....	39
5.2	Recomendaciones	40
BIBLIOGRAFÍA		41
ANEXOS		47

ÍNDICE DE TABLAS.

Tabla 1. Codificación de muestras.....	25
Tabla 2. Tabla ANOVA para metanol con respecto a bacterias.....	31
Tabla 3. Tabla ANOVA para etanol con respecto a bacterias.....	31
Tabla 4. Tabla ANOVA para <i>E. coli</i> y con respecto a las soluciones (etanol)	32
Tabla 5. Tabla ANOVA para <i>S. aureus</i> con respecto a las soluciones (metanol).....	32
Tabla 6. Halos de inhibición de <i>E. coli</i> y <i>S. aureus</i>	32
Tabla 7. Halos de inhibición de soluciones con respecto a bacterias	32
Tabla 8. Formulación de la solución antimicrobiana.....	34
Tabla 9. Concentraciones bacterianas obtenidas en el tomate sin tratar.	36
Tabla 10. Concentraciones bacterianas obtenidas en el tomate tratado.....	37
Tabla 11. Concentraciones bacterianas obtenidas en la lechuga sin tratar.....	37
Tabla 12. Concentraciones bacterianas obtenidas en la lechuga tratada.....	38

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1. Características de los extractos.....</i>	29
<i>Figura 2. Resultados de actividad antimicrobiana de extracto metanol.....</i>	30
<i>Figura 3. Resultados de actividad antimicrobiana de extracto etanol.....</i>	31
<i>Figura 4. Preparación de solución antimicrobiana</i>	34
<i>Figura 5. Funcionalidad de la solución.....</i>	36
<i>Figura 6. Extractos de nacedero.....</i>	47
<i>Figura 7. Actividad antimicrobiana de extractos</i>	47
<i>Figura 8. Evaluación microbiológica frente a cepas</i>	48
<i>Figura 9. Desarrollo de solución antimicrobiana.....</i>	49
<i>Figura 10. Inoculación en tomate.....</i>	49
<i>Figura 11. Inoculación en lechuga.....</i>	50
<i>Figura 12. Análisis microbiológico de las verduras.....</i>	50

RESUMEN

Este trabajo de investigación tuvo como objetivo desarrollar una solución antimicrobiana a partir de hojas de nacedero (*Trichanthera gigantea*), con potencial aplicación en las verduras frescas como el tomate rojo (*Solanum lycopersicum*) y la lechuga (*Lactuca sativa*). Debido a la creciente preocupación por el uso de compuestos químicos para la conservación de alimentos postcosecha y su impacto en la salud y el ambiente, se desarrolló una alternativa natural utilizando los compuestos bioactivos pertenecientes al nacedero, conocidos por su actividad antimicrobiana. En ese contexto, se aplicó un diseño experimental bifactorial usando como solventes el metanol y etanol para evaluar la efectividad de los extractos y las soluciones frente a 2 cepas bacterianas *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus*. Los resultados evidenciaron que el extracto metanólico obtenido mostró mayor capacidad de inhibición, especialmente contra *S. aureus*. Posterior a ello, se formuló una solución antimicrobiana con extracto de nacedero, peróxido de hidrógeno, glicerol y agua destilada, cuya eficacia fue comprobada mediante pruebas microbiológicas en las cuales, las verduras fueron inoculados con *E. coli*. Se observó una reducción del 97% de la carga bacteriana en lechuga, mientras que en tomate la reducción fue del 13%, sin alterar significativamente sus características organolépticas. Se concluyó que el extracto metanólico del nacedero posee propiedades antimicrobianas, y que su incorporación en soluciones representa una opción viable para reducir la presencia de patógenos en alimentos frescos.

Palabras clave: *Trichanthera gigantea*, extractos, *S. aureus*, *E. coli*, pruebas microbianas.

ABSTRACT

The objective of this research was to develop an antimicrobial solution derived from nacedero leaves (*Trichanthera gigantea*), with potential application in fresh vegetables such as red tomatoes (*Solanum lycopersicum*) and lettuce (*Lactuca sativa*). In response to increasing concerns regarding the use of chemical compounds for post-harvest food preservation and their impact on health and the environment, a natural alternative was developed using bioactive compounds from nacedero, known for their antimicrobial activity. In this context, a two-factor experimental design was employed to compare methanol and ethanol as solvents and evaluate the effectiveness of the extracts and solutions against two bacterial strains, *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus*. The results showed that the methanolic extract obtained had greater inhibitory capacity, especially against *S. aureus*. Subsequently, an antimicrobial solution was formulated using nacedero extract, hydrogen peroxide, glycerol, and distilled water, and its efficacy was verified through microbiological tests in which vegetables were inoculated with *E. coli*. A 97% reduction in bacterial load was observed in lettuce, while in tomatoes, the reduction was 13%, without significantly altering their organoleptic properties. It was concluded that the methanolic extract of the nacedero has antimicrobial properties, and that its incorporation into solutions represents a viable option for reducing the presence of pathogens in fresh foods.

Keywords: *Trichanthera gigantea*, extracts, *S. aureus*, *E. coli*, microbial tests.



Mgs. Sofía Freire Carrillo

ENGLISH PROFESSOR

C.C. 0604257881

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.

1.2. Antecedentes

La creciente demanda de alimentos frescos y libres de agroquímicos ha impulsado la investigación en métodos de conservación alternativos. En consecuencia, las estrategias tradicionales como el almacenamiento a granel y el control de temperatura han reducido el crecimiento microbiano y el deterioro enzimático, por otro lado, la preferencia por productos naturales ha incrementado el interés en búsqueda de compuestos antimicrobianos de origen vegetal (Alemán G., 2021; Paucar et al., 2024).

Se han incrementado las investigaciones de extractos naturales, como aceites esenciales y los principios activos presentes en plantas con efecto antimicrobiano (Alemán G., 2021; Paucar et al., 2024).

Entre las especies vegetales con potencial antimicrobiano, se ha estudiado el *Trichanthera gigantea*, conocido como nacedero. Esta planta, originaria de la región andina, ha sido reconocida por sus propiedades medicinales y su riqueza en compuestos bioactivos, como flavonoides, taninos y alcaloides, que han mostrado capacidad para combatir la pérdida postcosecha en frutas y verduras (Alcívar et al., 2023; Ríos Herrera et al., 2021; Martínez et al., 2023).

Sin embargo, la aplicación de extractos vegetales en la industria alimentaria implica desafíos tecnológicos. La extracción, purificación, estabilización y aplicación de estos compuestos requieren procesos que aseguren la eficiencia y la preservación de las características sensoriales de los alimentos (Nereyda et al., 2011).

Estos procesos se han enfocado, principalmente, en frutas y verduras frescas, sustratos ricos en nutrientes pero susceptibles a la contaminación por bacterias patógenas como *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes* y *Salmonella*, causantes de enfermedades e incluso la muerte (Cortés Higareda et al., 2021).

Tradicionalmente, el uso de estas tecnologías implica la aplicación de tratamientos químicos y el control de temperaturas que mejoran la conservación de frutas y verduras después de la cosecha (Alemán G., 2021). Sin embargo, a pesar de estas estrategias, el deterioro y el crecimiento microbiano persisten. Por ello, la investigación de alternativas antimicrobianas naturales se presenta como una solución alineada con las tendencias actuales de producción de alimentos más amigables con el medio ambiente y menos contaminantes (Palomino Alexis, 2014).

El trabajo de investigación se centra en explorar el potencial del nacedero como alternativa natural empleada en una solución para la conservación de alimentos frescos.

1.2. Problema

Las frutas y verduras son susceptibles a enfermedades causadas por virus, bacterias y hongos. Según Higadera et al. (2021), la mayoría de las bacterias tienen como principales hospederos las frutas y hortalizas. Las bacterias patógenas secretan toxinas como exotoxinas producidas por bacterias gram-positivas y endotoxinas por bacterias gram-negativas (Dominic S., 2022) que pueden presentarse a través de daños mecánicos producidos en el alimento y afectar su calidad.

A lo largo de los años, se han implementado diversos métodos preventivos para el control de patógenos, principalmente la aplicación de compuestos químicos como plaguicidas, pesticidas con ingredientes activos como el propiconazol, glifosato, entre otros. Estas sustancias llegan a presentar alta toxicidad en alimentos provocando daños en la salud humana (MAG, 2024).

De igual manera, el Ministerio de Agricultura y Ganadería (2024) indica que, estos problemas se han abordado mediante el uso de agentes químicos como el glifosato, tiabendazol, propiconazol altamente tóxicos para el medio ambiente y el ser humano.

1.3. Justificación

Los alimentos frescos o mínimamente procesados han enfrentado un riesgo significativo de contaminación microbiana debido a la humedad relativa, temperaturas elevadas y lesiones como quemaduras producidas por el frío que causan manchas o pérdida de textura (Palomino Alexis, 2014).

Por otra parte, Higareda et al. (2021) indican que la mayoría de las bacterias tienen como principales hospederos las frutas y hortalizas. Las bacterias patógenas además de presentarse a través de daños mecánicos producidos en el alimento, secretan toxinas que pueden llegar a afectar la salud humana.

Por consiguiente, se llevó a cabo un análisis de extractos vegetales con el objeto de evaluar su capacidad de inhibir bacterias patógenas. Estos extractos actúan como estimulantes para el desarrollo de plantas, además de controlar plagas y enfermedades (ETA, 2019).

A pesar de los avances en la conservación de alimentos, la contaminación microbiana sigue siendo una de las causas principales de pérdidas postcosecha. Tradicionalmente, el uso de compuestos químicos sintéticos ha sido una alternativa viable para mitigar esta problemática, pero, su uso genera preocupación por los impactos en la salud humana y el medio ambiente (Díaz Vallejo et al., 2021).

Además, el uso de productos químicos y el empleo excesivo de los agentes antimicrobianos en el control de las enfermedades puede inducir a una resistencia bacteriana y fúngica, siendo este un problema que afecta notablemente a los productos agrícolas cosechados (FAO, 2004).

Por ello, esta investigación busca evaluar la actividad antimicrobiana del extracto de nacedero mediante el desarrollo de una solución para aplicar en verduras frescas y determinar el funcionamiento antimicrobiano sin afectaciones secundarias en los alimentos.

1.4. Objetivos

a. General

Desarrollar una solución antimicrobiana a partir del extracto de nacedero con potencial aplicación en verduras frescas.

b. Específicos

- Obtener extractos a partir de las hojas de nacedero.
- Elegir el mejor extracto en función de sus propiedades antimicrobianas frente a microorganismos patógenos.
- Desarrollar una solución antimicrobiana mediante la incorporación de extracto de nacedero.
- Evaluar la funcionalidad de la solución antimicrobiana en tomate rojo (*Solanum lycopersicum*) y lechuga (*Lactuca sativa*).

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.

2.1. Estado de Arte

Los compuestos naturales han demostrado ser de gran utilidad y se aplican en diferentes ámbitos. Por ejemplo, los científicos han dirigido su atención hacia la medicina natural debido a los beneficios para la salud humana. Las plantas presentan capacidad para sintetizar compuestos químicos que sirven como mecanismos de defensa contra microorganismos, insectos y herbívoros. Investigaciones fueron parte de la identificación y aislamiento de estas sustancias que tienen actividad antimicrobiana, logrando comprobar su efectividad en la inhibición del crecimiento de bacterias resistentes a antibióticos y hongos patógenos (Castillo Mompié et al., 2014).

De forma general, la obtención de extractos vegetales se llevó a cabo mediante métodos de extracción sólido: líquido, utilizando generalmente solventes tales como: hexano, metanol, etanol, acetona o agua. Recientes estudios han analizado la actividad antimicrobiana de estos extractos. Por ejemplo, Carrillo et al. (2020) evaluaron extractos hidroalcohólicos de hojas de *Mangifera indica L.*, mientras que en la India se investigaron cinco extractos obtenidos con diferentes solventes. Además, Nepal estudió extractos metanólicos de la misma especie, y en 2016 se realizó una cuantificación de compuestos bioactivos en extractos hidroalcohólicos (Celeste et al., 2020).

Carrillo et al. (2022) realizaron estudios que exploraban el potencial biotecnológico de plantas como el diente de león (*Taraxacum officinale*) y el agave lechuguilla (*Agave lechuguilla*), debido a sus propiedades antimicrobianas. Diversos extractos etanólicos, acuosos, metanólicos y hexánicos de ambas especies revelaron la presencia de compuestos como fenoles, saponinas, taninos, terpenos, alcaloides, polifenoles y flavonoides, con actividad comprobada contra bacterias, hongos y algunos insectos. Esta investigación analizó el potencial de los metabolitos secundarios para el desarrollo de nuevos productos biotecnológicos con aplicaciones en el área médica, aprovechando la cantidad de compuestos bioactivos presentes en estas plantas y su uso tradicional (Carrillo Hernández & Galván Hernández, 2022).

Velázquez et al. (2023) analizaron la efectividad de un extracto de *Sambucus canadensis*, una planta utilizada ampliamente en comunidades indígenas de mexicanas, contra bacterias encontradas en alimentos orgánicos. Los resultados revelaron que el extracto vegetal tenía un alto potencial para combatir y reducir el 30% de las biopelículas bacterianas que representan un riesgo para la seguridad alimentaria y la salud humana.

Carvajal (2022) analizó la posibilidad de implementar materia prima vegetal como mecanismo para distintas enfermedades microbianas. En este sentido, se realizó una evaluación para analizar los distintos compuestos bioactivos y cómo estos influyen en los agentes patógenos presentes en el medio ambiente. Se aplicaron métodos físicos, químicos y microbiológicos con el objetivo de verificar el efecto antimicrobiano y antimicótico de los compuestos como flavonoides, taninos, alcaloides y esteroides que están presentes en el nacadero.

Solares et al. (2017) investigaron el potencial antimicrobiano de extractos de hojas frescas de morera (*Morus alba*). Se reconoció el valor de la planta como fuente terapéutica atribuyéndole propiedades antioxidantes, antiinflamatorias y antimicrobianas, además de ser un excelente forraje constituido de compuestos bioactivos. Los autores analizaron cualitativamente la presencia de fenoles y flavonoides en los extractos y evaluaron su eficacia contra bacterias patógenas mediante ensayos fitoquímicos, observando que en todos los extractos hay la presencia abundante de flavonoides y fenoles activos frente a microorganismos patógenos evaluados sin diferencias significativas.

Otra investigación evaluó la actividad antioxidante y antimicrobiana de los extractos metanólicos de diez especies del género *Solanum*. Este género se caracteriza por su amplia diversidad y riqueza de propiedades farmacológicas, entre ellas, actividad citotóxica, anticancerígena, antiinflamatoria, antimicrobiana y antioxidante. A través de modelos in vitro se determinó la actividad antioxidante, el contenido de fenoles y flavonoides totales. La presencia de fenoles totales se evaluó por cromatografía líquida de alta resolución y la actividad antimicrobiana se evaluó usando los microorganismos *Klebsiella pneumoniae*, *Staphylococcus aureus* y *E. coli* (Ramón Valderrama & Galeano García, 2020).

La especie *Mangifera Indica L.* ha sido objeto de estudios para identificar la presencia de compuestos bioactivos con propiedades antioxidantes y antimicrobianas. Según Carrillo et al. (2020), la presencia de estos compuestos bioactivos ha sido reportada en cáscara de mango (Serna-Cock et al., 2015), así como en otras partes de la planta y fruta. Dentro de estos compuestos bioactivos, uno de los más importantes es la mangiferina (Carrillo Tomalà et al., 2020).

Malo et al. (2023) mencionaron que el estudio fitoquímico realizado en extractos *Cymbopogon citratus* determinó que existe presencia de taninos y fenoles, además, se observó inhibición contra la bacteria *Staphylococcus aureus* en los extractos metanólicos y etanólicos. Los compuestos bioactivos presentes en el extracto podrían ser utilizados como una alternativa al uso de compuestos sintéticos para combatir con bacterias patógenas ya sea en la medicina, industria, cosmética, etc.

Según Rodríguez et al. (2017), se llevó a cabo la evaluación de la actividad antimicrobiana de los extractos de las plantas *Bauhinia sp.*, *Sambucus nigra*, *Eichhornia crassipes* y *Taraxacum officinale* frente a patógenos de importancia clínica. Las pruebas antimicrobianas se realizaron en diferentes concentraciones de los extractos según indicaciones del laboratorio.

Entre los microorganismos utilizados se encontraron *Enterococcus faecium*, *Streptococcus pneumoniae*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli*, *Candida albicans*, etc. Se realizaron pruebas de susceptibilidad antimicrobiana y cromatografía, permitiendo comprobar presencia de flavonoides, terpenos, saponinas, fenoles, quinonas y alcaloides, además, se encontró que los extractos presentaban diversos grados de inhibición frente a

los microrganismos de estudio, siendo el más eficaz los tallos de *T. officinale* Rodríguez et al. (2017).

Velasco et al. (2022) expresaron que se preparó extractos etanólicos de plantas como belladona, caléndula, albahaca, achote y romerillo y se evaluó su potencial antibacteriano frente a *S. aureus* y *S. epidermidis*, mediante las técnicas de difusión en disco y dilución en tubo. El efecto de las mezclas se determinó para el extracto con mejor actividad y el antibiótico con mayor halo de inhibición a través de la técnica de tablero. Posteriormente, se encontró que el extracto con mayor potencial para *S. aureus* fue el de achiote (hojas), mientras que para *S. epidermidis* fueron las hojas y frutos de achiote, respectivamente.

Ramírez Salcedo et al. (2015) mencionaron que las plantas poseen gran capacidad para sintetizar metabolitos secundarios y péptidos, los cuales pueden actuar como mecanismos de defensa frente a microorganismos tales como bacterias, virus u hongos. Los investigadores evaluaron el rendimiento, la actividad antibacteriana y antifúngica de metabolitos de las hojas de Guácima mediante métodos de Bradford y la aplicación de cromatografía de capa fina para la separación y análisis de los compuestos.

Amores (2024) analizó que el uso de fertilizantes y plaguicidas para controlar bacterias patógenas afectan a la salud, debido a esto, se obtuvo distintos extractos vegetales a partir del laurel (*Laurus nobilis*), chilca (*Baccharis latifolia*) y semilla de aguacate (*Persea americana*) en conjunto con el aceite esencial de guaviduca (*Piper carpunya*) y se evaluó frente a hongos fitopatógenos mediante análisis microbiológicos en donde se determinó que el aceite de guaviduca tenía un efecto inhibitorio significativo a diferencia de el extracto de chilca que tuvo efecto inhibidor menor por otro lado, los extractos de laurel y semilla de aguacate no presentaban inhibición logrando una eficacia actividad antimicrobiana.

Por otra parte, se realizó un control de efecto microbiano de un extracto vegetal de banano verde (*Musa paradisiaca*) en relación con la naranja (*Citrus sinensis*) y mandarina (*Citrus reticulata*) frente al hongo *P. digitatum* (Mejía P., 2018).

Se realizaron distintas concentraciones del extracto en ensayos *in vivo* con inoculaciones del hongo y se determinó una reducción de crecimiento con respecto a la variedad de naranja, a diferencia de la mandarina, que no se obtuvo efecto inhibitorio. Se concluyó que esta reducción es debida a los taninos presentes en el extracto de banano (Mejía P., 2018).

Los extractos vegetales han sido utilizados como agentes antimicrobianos, siendo de gran interés en la comunidad científica. Por ello, esta investigación estudió la bioactividad de extractos vegetales de chañar, jarilla, pájaro bobo, retortuño hacia *Monilinia fructicola*, hongo causante de pérdidas postcosecha, y se determinó el efecto inhibitorio a través de análisis *in vitro* ante *M. fruticola*, donde el extracto de jarilla a altas

concentraciones fue el más efectivo reduciendo el crecimiento micelial del hongo (Monardez C., 2014).

Martínez Edison (2023) evaluó la eficacia de extractos vegetales en el control de enfermedades con respecto a hongos en el pepino. Se determinó mediante tratamientos de cinco repeticiones que el extracto de cola de caballo en dosis de dos litros obtenido por maceración presentó mejores resultados que el extracto de ortiga + 2 litros en la severidad de la enfermedad, verificando una acción antifúngica que impedía el crecimiento y germinación de esporas.

Se evaluaron extractos vegetales y dosis de aplicación para controlar el crecimiento de *Empoasca sp.* Y *Diabrotica spacio* en cultivos de fréjol caupí (*Vigna unguiculata*). Se determinó la dosis de aplicación a una concentración del 30% con un análisis de tratamientos. Se utilizó un diseño experimental que permitió identificar diferencias significativas en las infestaciones de estas enfermedades con respecto al fréjol (Zambrano, 2018).

Cortez (2023) evaluó el efecto de los extractos vegetales para el control de podredumbre de la corona de banano en etapa postcosecha. Por lo que, se implementó un diseño experimental que permitió componer tratamientos de limón y naranja evaluados en 20 repeticiones. Los resultados indicaron que con el tratamiento de limón se tuvo una incidencia de pudrición durante 21 días con días de intervalo.

2.2. Fundamentos Teórico

2.2.1. Pérdidas postcosecha de frutas y verduras

Las frutas y verduras son susceptibles a enfermedades causadas por virus, bacterias y hongos. Según Higareda et al. (2021), la mayoría de las bacterias tienen como principales hospederos las frutas y hortalizas. Las bacterias patógenas pueden, además de presentarse a través de daños mecánicos producidos en el alimento, secretar toxinas que pueden llegar a afectar la salud humana.

En la actualidad se utilizan métodos preventivos y de desinfección para el control bacteriano, los cuales se basan en métodos químicos con compuestos clorados de oxígeno activo y otros componentes.

Restrepo (2023) mencionó que la pérdida de cultivos tras la recolección es una preocupación a nivel general debido a la disminución de la cadena de suministros provocando un impacto degenerativo. Se enfocó en cuantificar y analizar las pérdidas registradas en los cultivos agrícolas más importantes

2.2.2. Compuestos naturales de plantas

Los compuestos naturales han sido de gran utilidad, varias décadas atrás, y han sido aplicados en diferentes ámbitos. Por ejemplo, los científicos han dirigido su atención hacia

la medicina natural debido a los beneficios para la salud humana. Las plantas presentan habilidad para sintetizar compuestos químicos que sirven como mecanismos de defensa contra microorganismos, insectos y herbívoros (Castillo et al. 2014)

Recientes investigaciones tornan a la identificación y aislamiento de estas sustancias que tienen actividad antimicrobiana, logrando comprobar su efectividad en la inhibición del crecimiento de bacterias resistentes a antibióticos y hongos patógenos (Castillo et al. 2014).

2.2.2. Nacedero (*Trichanthera gigantea*)

Según Valencia et al. (2007), el nacedero es un árbol o arbusto que puede llegar a medir hasta 8 metros de altura, y comúnmente se cultiva en las zonas costeras. Se considera una planta forrajera de tipo arbustivo.

Esta especie vegetal presenta un tronco irregular, con raíces zancudas y de corteza externa amarillenta, tiene hojas simples, opuestas y ásperas. Al nacedero *Trichanthera gigantea* se le atribuyen propiedades medicinales además de servir como material de construcción y protección en cuencas de agua (Valencia et al., 2007).

Según Carvajal (2022), mencionó que el nacedero es una especie con múltiples aplicaciones, especialmente en la agricultura y la medicina tradicional. En América Latina, se ha utilizado como alimento para animales, remedio para diversas enfermedades y como componente en sistemas de conservación.

Desde el punto de vista, el nacedero es fuente de fibra, proteína y calcio. Las hojas de esta especie presentan propiedades medicinales (Martínez et al., 2023). El nacedero tiene un rango amplio de distribución, posee una gran capacidad de adaptarse en ecosistemas, tolera valores de pH ácidos y bajos niveles de fósforo y otros elementos asociados a suelos con baja fertilidad (Casanova Fernando, 2023).

Comúnmente, el nacedero es utilizado para proteger y mantener fuentes de agua. Actualmente, esta especie se emplea en programas de reforestación y protección de cuencas (Martínez Dayro, 2022).

2.2.3. Extractos vegetales

Los extractos vegetales son obtenidos a partir de la extracción de diferentes compuestos mediante procesos como maceración, fermentación, infusión, etc. Los compuestos bioactivos presentes en las plantas son utilizados para combatir plagas y enfermedades. Se hace mención de la eficacia de los extractos por diversos factores como la especie, el método de extracción, su concentración o la calidad de la planta (EAT, 2019).

Tituaña et al. (2018) expresaron que los extractos son preparados con el uso de diversos solventes orgánicos, además de someter a las plantas a un tratamiento previo, ya sea, molienda, trituración o secado para la eliminación de residuos indeseables.

2.2.4. Principios activos

Ardelean et al. (2024) mencionaron que los principios activos obtenidos de las plantas determinan su valor característico mediante sus propiedades. Estos compuestos se clasifican con base en las características fisicoquímicas o en su naturaleza química, entre ellos se encuentran los ácidos orgánicos, alcaloides, aceites grasos o volátiles, taninos, entre otros. Estos principios se encuentran en diferentes partes de la planta y se extraen para usos medicinales o cosméticos aprovechando sus capacidades antimicrobianas, purgativas o antisépticas.

2.2.5. Métodos de extracción

Los compuestos bioactivos de plantas pueden ser extraídos por distintos métodos, condiciones y tratamientos del material vegetal, previo al proceso de extracción, con la finalidad de incrementar su concentración (Malpica et al., 2024).

Entre algunos métodos se encuentran la extracción convencional que es un proceso de separación de componentes presentes en la mezcla a partir de un solvente, la extracción asistida por ultrasonido que facilita el desplazamiento del disolvente sólido y la solución del soluto con facilidad y disminución en el consumo de energía y/o la extracción asistida con baño de ultrasonidos usando solventes eficaces para la obtención de extractos (Malpica et al., 2024).

2.2.6. Microorganismos patógenos

Los productos agrícolas frescos contienen sustratos importantes que influyen y facilitan el crecimiento microbiano. Entre las bacterias patógenas identificadas se encuentran la *Salmonella* que se presenta en alimentos cárnicos, frutas u hortalizas, *Escherichia coli* 157 presente en lácteos, aguas, hortalizas frescas, *Vibrio vulnificus*, *Shigella spp.* *Listeria monocytogenes* en vegetales congelados, ensaladas empacadas y helados, *Clostridium perfringens* presentes en pescado, enlatados o miel (Márquez M., 2021), que a nivel mundial provocan brotes infecciosos causantes de enfermedades como diarrea, intoxicación alimentaria, necrosis del intestino en los consumidores de productos agrícolas contaminados (Cortés-Higareda, 2021).

2.2.7. Análisis microbiológicos

El análisis microbiológico es realizado para un control de calidad, determinar su vida de anaquel, verificar la técnica de manipulación y determinar intoxicaciones o infecciones a través de alimentos (Sanz S., 2011).

Distintas técnicas como el uso de subcultivos de colonias seleccionadas, la técnica para recuento en placa, el aislamiento por agotamiento de estría o la determinación de la termonucleasa permiten verificar la presencia o ausencia de bacterias presentes (Sanz S., 2011).

2.2.8. Solución antimicrobiana

Los antimicrobianos son sustancias químicas que impiden el desarrollo o favorecen la muerte de un microorganismo. Además, estos compuestos ejercen su acción en la estructura bacteriana inhibiendo y alterando reacciones bacterianas (Martinez Dayro, 2022).

En general, la utilización de desinfectantes y antisépticos ayuda a la reducción de bacterias desactivando enzimas, por otro lado, los antisépticos son agentes químicos que inhiben el crecimiento de microorganismos en tejidos vivos. También se utilizan bactericidas, o fungicidas con aplicación en cultivos (Ministerio de Trabajo, empleo y seguridad social, 2021).

2.2.9. Evaluación de funcionalidad de soluciones antimicrobianas

Las enfermedades infecciosas representan un desafío debido a la aparición de resistencia a los antimicrobianos, por lo que científicos evalúan la inserción de nuevos compuestos antimicrobianos mediante ensayos microbiológicos como posibles soluciones ante alimentos agrícolas (Jabid, 2024).

Para la prolongación de frutas o verduras pre y postcosecha se usan distintos agentes antimicrobianos para evaluar su funcionalidad. Una sustancia antimicrobiana es aquel compuesto sintético o natural que tiene la capacidad de evitar o ralentizar el crecimiento microbiano (López, 2021).

La evaluación de funcionalidad busca determinar la capacidad de una solución para destruir o inhibir el crecimiento de microorganismos empleando pruebas microbiológicas para verificar el efecto de la solución frente a bacterias u hongos (Fuente-Salcido et al., 2015).

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA.

3.1 Tipo de Investigación.

En el proyecto de investigación se consideraron metodologías que corresponden al ámbito exploratorio considerando un enfoque mixto con base en el desarrollo de una solución antimicrobiana a partir de extracto de nacedero (*Trichanthera gigantea*) con aplicación en verduras frescas.

Con respecto a lo cualitativo, se realizaron investigaciones bibliográficas sobre los extractos vegetales y sus propiedades, formulaciones de soluciones antimicrobianas y su efecto en las verduras. Por otro lado, en el área cuantitativa, se evaluó la actividad antimicrobiana mediante análisis microbiológicos para determinar la efectividad de una solución antimicrobiana a base de extracto de nacedero con potencial aplicación en verduras frescas.

La investigación se desarrolló en el laboratorio del Grupo de Investigación de Inocuidad y Valorización de Recursos para la Agroindustria (INVAGRO) y los laboratorios de Control de Calidad de Agroindustria y Servicios Ambientales de la Universidad Nacional de Chimborazo.

3.2 Diseño Experimental

En el proyecto de investigación se llevó a cabo un análisis microbiológico. Se utilizaron tres muestras de control que permitieron determinar el efecto de los solventes, extractos y soluciones antimicrobianas en presencia de bacterias Gram positivas y Gram negativas.

La variable dependiente fue la actividad antimicrobiana expresada en halos de inhibición y la variable independiente, el tipo de bacteria y el extracto en función a la solución antimicrobiana.

3.2.1 Variables

Se llevó a cabo un diseño experimental bifactorial. El factor A indica el tipo de bacteria, las cuales fueron: *E. coli* y *S. aureus*, y el tipo de extracto, metanólico y etanólico. El factor B hace referencia a la actividad antimicrobiana de los extractos vegetales.

En este diseño, se buscó evaluar la actividad con respecto a las bacterias y determinar su capacidad de inhibición expresada en mm.

3.2.2 Tratamientos

Tabla 1.

Codificación de muestras

Código	Muestra	Descripción
A	<i>Control bacteria 1</i>	<i>E. coli</i>
B	<i>Control bacteria 2</i>	<i>S. aureus</i>
C	<i>Control solvente 1</i>	<i>Etanol 96%</i>
D	<i>Control solvente 2</i>	<i>Metanol 96%</i>
E	<i>Muestra experimental 1</i>	Solución bacteriana + Extracto Etanol 96%
F	<i>Muestra experimental 2</i>	Solución bacteriana + Extracto Metanol 96%

3.2.3 Procedimiento

Obtención de materia prima

El material vegetal (nacedero) fue obtenido entre las calles Piedrahita y Malecón de la ciudad de Esmeraldas. Se seleccionaron las hojas con un color verde uniforme y en buenas condiciones. Las hojas fueron pesadas, desinfectadas con alcohol y se secó la materia prima (Carvajal, 2022).

Obtención de extractos de nacedero

Se aplicó el procedimiento de Astrid Carvajal (2022) para obtener los extractos vegetales a partir de un método de extracción. Se realizó una maceración de 3 días utilizando etanol y metanol al 96% (v/v). El volumen de solvente fue de 500 ml con respecto al promedio de 82 gramos de nacedero.

Los extractos fueron concentrados a 72 °C durante 3 horas utilizando un termómetro y una placa calefactora con agitación, obteniendo un volumen final aproximado de 147 mL. Posteriormente, la solución fue filtrada y almacenada a temperatura ambiente en frascos de vidrio ámbar hasta su uso. La concentración de los extractos se determinó mediante la cantidad de gramos y mililitros utilizados.

Es decir, la concentración de extractos vegetales se expresó como el porcentaje masa/volumen y se determinó mediante la ecuación 1:

$$\% \left(\frac{m}{v} \right) = \frac{\text{gramos (g)}}{\text{volumen (ml)}} * 100 \quad \text{Ecuación 1}$$

Evaluación de actividad antimicrobiana de los extractos

La actividad antimicrobiana de los extractos se realizó con la finalidad de seleccionar el mejor extracto para el posterior desarrollo de la solución antimicrobiana.

La actividad antimicrobiana de los extractos fue evaluada contra *E. coli* como un modelo de bacteria Gram negativa y *S. aureus* como un modelo de bacteria Gram positiva, siguiendo la metodología de Patiño Vidal et al. (2023) con algunas modificaciones. Los cultivos microbianos fueron obtenidos del laboratorio INVAGRO en la institución UNACH.

Se prepararon cultivos celulares de cada microorganismo en caldo de soja tripticasa (TSB) hasta alcanzar su fase exponencial con una concentración celular $\approx 10^7$ UFC/mL, y se prepararon diluciones de cada bacteria a $\approx 10^6$ UFC/mL. Posteriormente, se sembraron 300 μL de esta solución bacteriana en placas con agar tripticasa de soja (TSA), y se colocaron discos de papel filtro (2,5 cm) que contenían los extractos sobre el agar. Se incubaron las placas a 37 °C durante 24 h, y se midió el diámetro de la zona de inhibición del papel. Se utilizaron como controles placas de agar con bacteria y placas de agar con bacteria conteniendo discos de papel con los solventes.

Desarrollo de la solución antimicrobiana

De acuerdo con lo descrito por la Organización Mundial de la Salud (2009), un producto de desinfección debe contener en su formulación etanol al 96% (v/v), peróxido de hidrógeno al 3% (v/v), glicerol al 98% (v/v) y agua destilada estéril. En este sentido, la solución antimicrobiana estuvo compuesta por los reactivos anteriormente mencionados, reemplazando el etanol por el extracto de nacedero en las mismas proporciones.

Evaluación de la funcionalidad de la solución antimicrobiana en verduras frescas

La funcionalidad de la solución antimicrobiana se testeó en muestras de lechuga (*Lactuca sativa*) y tomate rojo (*Solanum lycopersicum*). El procedimiento se realizó en el interior de la cabina de flujo laminar.

En el caso de la lechuga, se cortaron cuadrados de 5 cm x 3 cm y se colocaron en contacto con 10 mL de una solución clorada a 50 ppm. Posteriormente, las muestras se retiraron, se lavaron con agua destilada y se secaron durante 2 h a temperatura ambiente. Por otra parte, se preparó una solución bacteriana de *E. coli* a una concentración celular de $\approx 10^6$ UFC/mL. 10 mL de la solución bacteriana se colocaron sobre las muestras de lechuga y se dejó secar durante 1 hora. Inmediatamente, se aplicó 300 μL de la solución

antimicrobiana sobre el vegetal inoculado. La efectividad de la solución antimicrobiana se evaluó durante 2 días.

Para el tomate, el vegetal entero fue esterilizado siguiendo la metodología anteriormente mencionada. Los tomates desinfectados se colocaron en envases de tereftalato de polietileno que fueron previamente esterilizados con la solución clorada. Se prepararon las soluciones bacterianas, y 10 mL de cada solución fueron inoculados en todo el tomate. Las muestras de tomate se dejaron secar y se aplicaron 10 mL de la solución antimicrobiana. La efectividad de la solución antimicrobiana se evaluó durante 2 días.

La efectividad de la solución antimicrobiana se evaluó mediante el conteo de las células viables en cada una de las muestras. Para esto, se realizaron diluciones seriadas a partir de las muestras inoculadas, y 300 μ L de cada dilución se sembraron en placas con agar TSA. Las placas se incubaron a 37 °C durante 16 horas y se realizó el conteo de las células. Se utilizaron como controles muestras vegetales inoculadas con las soluciones bacterianas.

La actividad antibacteriana se expresó como el porcentaje de reducción y se determinó mediante la ecuación 2:

$$\text{Reducción \%} = \frac{B - A}{B} \times 100 \quad \text{Ecuación 2}$$

Dónde: A es la concentración celular (UFC/mL) de la muestra control, y B es la concentración celular (UFC/mL) de las muestras que fueron aplicadas con la solución antimicrobiana.

3.3 Técnicas de Recolección de Datos

Se recolectaron datos a través de análisis microbiológicos, los cuales se registraron en un programa estadístico para conocer las diferencias significativas entre las distintas funcionalidades de los solventes en conjunto con el extracto.

Evaluación de funcionalidad de extractos y soluciones

La actividad antimicrobiana de los extractos fue evaluada contra *E. coli* como un modelo de bacteria Gram negativa y *S. aureus* como un modelo de bacteria Gram positiva, siguiendo la metodología de Patiño Vidal et al. (2023) con algunas modificaciones. Los microorganismos empleados en este estudio fueron seleccionados debido a la diferente sensibilidad que exhiben frente a los extractos y a su amplia utilidad en estudios enfatizados en evaluar su actividad biológica de un compuesto de interés.

Se prepararon cultivos celulares de cada bacteria en caldo TSB hasta alcanzar su fase exponencial con una concentración celular $\approx 10^7$ UFC/mL, y se prepararon diluciones de cada bacteria a $\approx 10^6$ UFC/mL. Posteriormente, se sembraron 300 μ L de esta solución bacteriana en placas con agar TSA, y se colocaron discos de papel filtro de 2,5 cm de diámetro sobre el agar, los cuales contenían los extractos y solventes. Se incubaron las

placas a 37 °C durante 24 h, y se midió el diámetro de la zona de inhibición del papel. Se utilizaron como controles soluciones bacterianas sin discos de inhibición y con discos cargados con el solvente de extracción.

Para la realización de evaluación de funcionalidad de la solución en verduras frescas, se utilizó el método de contacto, que consistió en inocular las verduras por frotación con hisopos esterilizados en la verdura y posterior a ello se dejó secar y sellar (Ortega-Centeno et al., 2009). Las muestras se incubaron a 45°C y se demostró la efectividad de la solución durante 2 días preparando una solución al 10% (v/v) de las muestras inoculadas.

3.4 Población de Estudio y Tamaño de Muestra

En el caso de la evaluación de la actividad antimicrobiana de los extractos, la cantidad de nacedero utilizada para la obtención de extractos fue de 164 gramos y posterior a ello, se desarrolló la solución.

La población de estudio consistió en microorganismos patógenos presentes en frutas y verduras frescas. La muestra seleccionada consistió en cepas de *E. coli* y *S. aureus*.

Para la evaluación de la efectividad de la solución antimicrobiana, la población de estudio consistió en las principales verduras frescas sensibles a la contaminación microbiana.

La muestra se seleccionó al realizar distintas revisiones bibliográficas y determinar que tanto el tomate como la lechuga se ven afectados por la bacteria *E. coli*. Por consiguiente, se consideraron 3 cortes de hoja de lechuga de 5 cm x 3 cm y 3 tomates enteros.

3.5 Métodos y Procesamiento de Datos

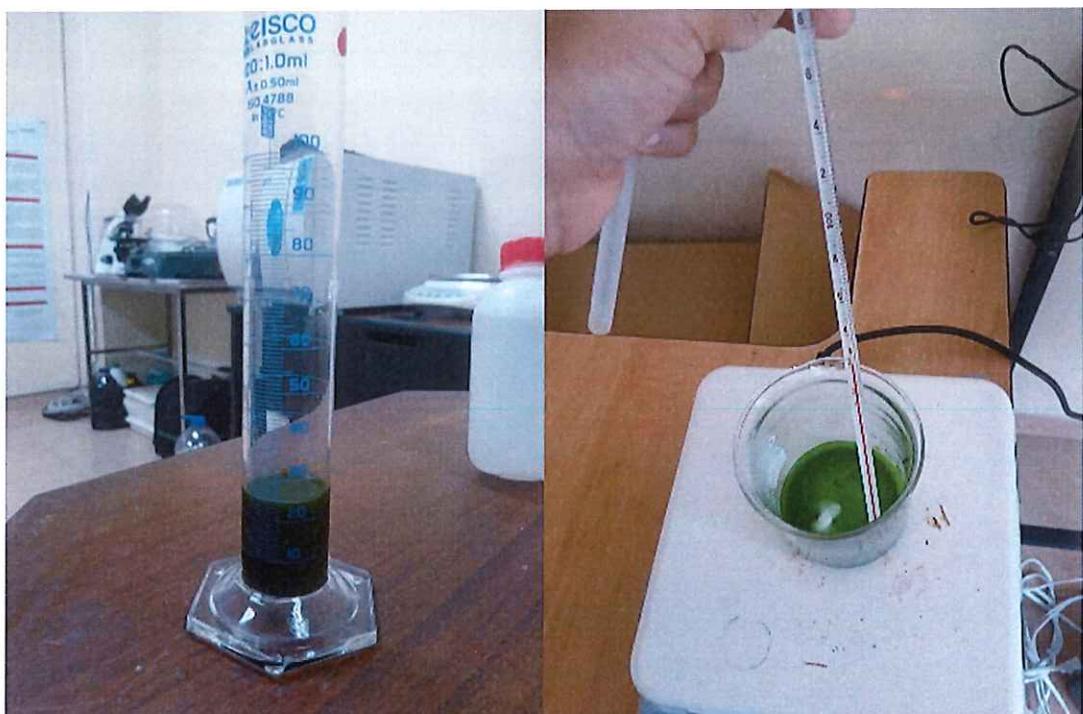
El análisis estadístico de los resultados se realizó mediante un análisis de varianza (ANOVA) con la finalidad de detectar diferencias significativas entre las muestras, y se compararon mediante el test de Tukey con un nivel de confianza del 95% utilizando el programa estadístico Statgraphics Centurion XVI, Versión 16.1.03.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Obtención de extractos a partir de hojas de nacedero

La Figura 1 muestra las fotografías de la obtención de los extractos de nacedero.

Figura 1.
Características de los extractos



Nota: Extracto metanólico (imagen izquierda), extracto etanólico (imagen derecha).

El extracto obtenido con metanol presentó un color verde parduzco y olor característico de las plantas forrajeras arbustivas de rápido crecimiento. La concentración inicial de los extractos fue 0,164 g/ml, y posteriormente al proceso de evaporación del solvente, la concentración final fue 0,559 g/ml, obteniendo un promedio de 0,3632 g/ml.

Por otro lado, el extracto obtenido con etanol presentó un color verde pino menos intenso en relación con el extracto metanólico y olor característico a las plantas forrajeras. En la preparación de los extractos, la concentración se inició en 0,161 g/ml, se evaporó el solvente y se encontró en una concentración final de 0,488 g/ml obteniendo un promedio de 0,325 g/ml.

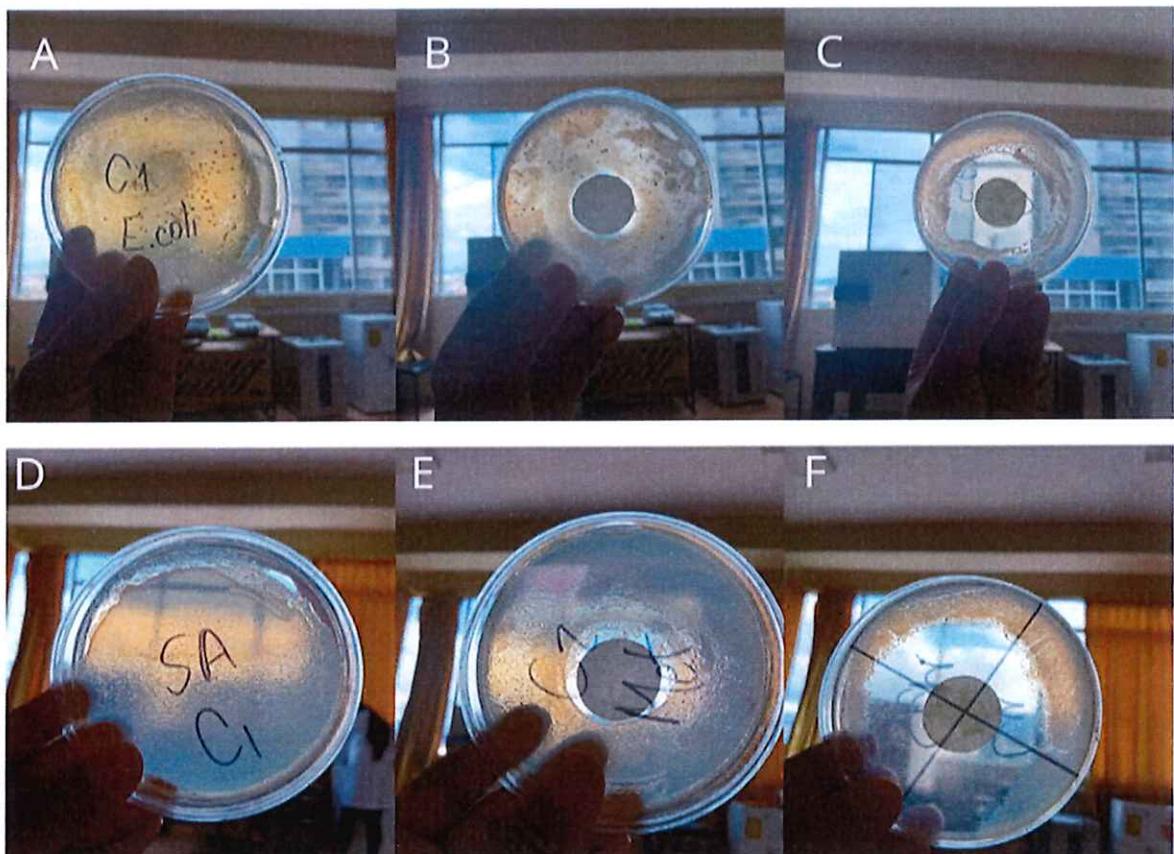
En conclusión, las concentraciones fueron obtenidas debido a la presencia de principios activos que favorecen la acción antimicrobiana del mismo.

4.2 Evaluación de la actividad antimicrobiana de las soluciones antimicrobianas de nacedero

La Figura 2 muestra las fotografías de la evaluación antimicrobiana realizada con respecto a la solución bacteriana con extracto metanólico al 96%.

Figura 2.

Resultados de actividad antimicrobiana de extracto metanol.

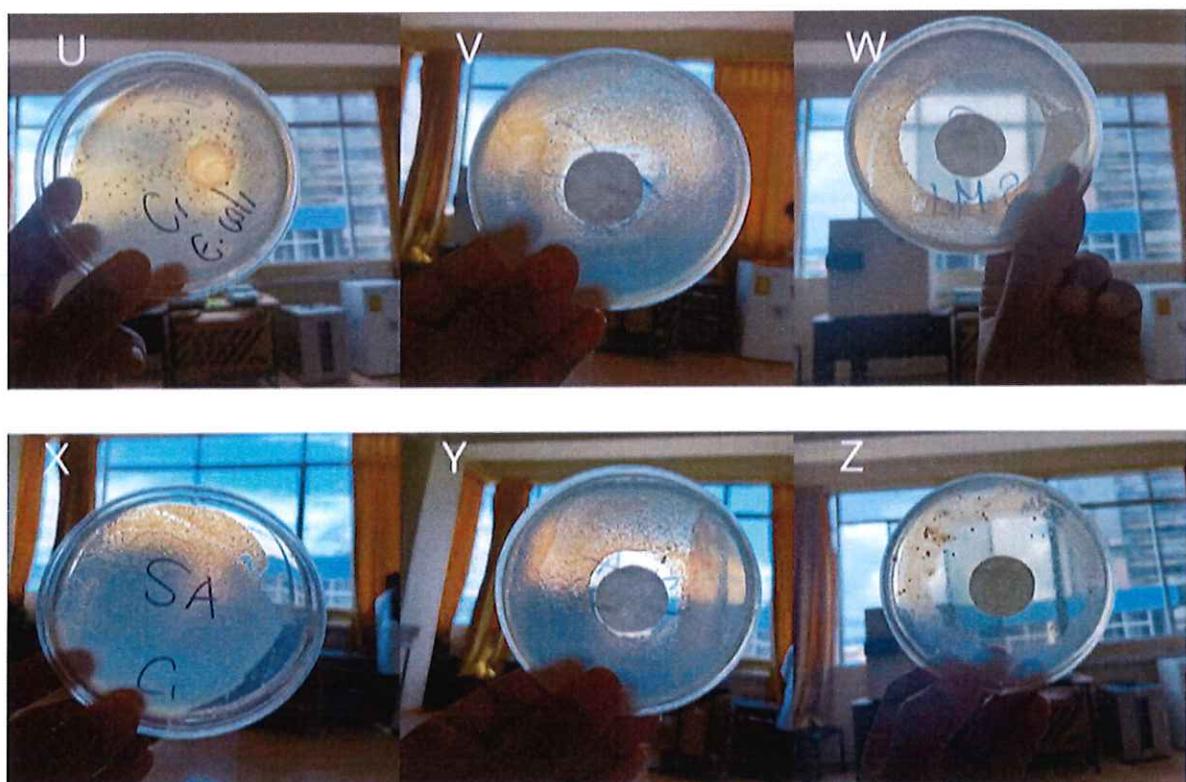


Nota: Las fotografías en la parte superior son los resultados de los ensayos experimentales en relación con la bacteria *E. coli*, y las fotografías inferiores son resultados de los ensayos experimentales en *S. aureus*. Las Figuras: A y D corresponden al control bacteria, B y E corresponden al control solvente, y C y F pertenecen a las muestras experimentales.

La Figura 3 muestra las fotografías de la evaluación antimicrobiana con respecto a la solución bacteriana con extracto etanólico al 96%.

Figura 3.

Resultados de actividad antimicrobiana de extracto etanol



Nota: Las fotografías superiores son los resultados de los ensayos experimentales en *E. coli*, y las fotografías inferiores son los resultados de los ensayos experimentales en *S. aureus*. Las Figuras: U y X corresponden al control bacteria, V y Y corresponden al control solvente, y W y Z corresponden a las muestras experimentales.

Tabla 2.

Tabla ANOVA para metanol con respecto a bacterias.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	102,083	1	102,083	7,35	0,0219
Intra grupos	138,833	10	13,8833		
Total (Corr.)	240,917	11			

Tabla 3.

Tabla ANOVA para etanol con respecto a bacterias.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	70,0833	1	70,0833	1,62	0,2320
Intra grupos	432,833	10	43,2833		
Total (Corr.)	502,917	11			

Tabla 4.Tabla ANOVA para *E. coli* y con respecto a las soluciones (etanol)

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	75,0	1	75,0	1,83	0,2055
Intra grupos	409,0	10	40,9		
Total (Corr.)	484,0	11			

Tabla 5.Tabla ANOVA para *S. aureus* con respecto a las soluciones (metanol)

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	736,333	1	736,333	45,27	0,0001
Intra grupos	162,667	10	16,2667		
Total (Corr.)	899,0	11			

La Tabla 6 muestra los valores de los halos de inhibición de cada solvente con respecto a las bacterias.

Tabla 6.Halos de inhibición de *E. coli* y *S. aureus*

Solventes	Halos de inhibición (mm)	
	<i>E. coli</i>	<i>S. aureus</i>
Etanol	47,5 ± 7,7 ^{aA}	42,6 ± 5,2 ^{aA}
Metanol	52,5 ± 4,8 ^{aA}	58,3 ± 2,2 ^{bB}

Letra superíndice minúsculas (a y b) indica diferencias significativas entre los solventes para una misma bacteria y letras superíndice mayúsculas (A y B) indican diferencias significativas ($p < 0,05$) entre las bacterias para un mismo solvente ($p < 0,05$) de acuerdo con el análisis de varianza y test de Tukey.

La Tabla 7 muestra los valores de los halos de inhibición de las soluciones experimentales con respecto a las bacterias.

Tabla 7.

Halos de inhibición de soluciones con respecto a bacterias

Soluciones	Halos de inhibición (mm)	
	<i>E. coli</i>	<i>S. aureus</i>
S. Etanol	45±4,2 ^{aA}	51,2 ± 2,3 ^{aA}
S. Metanol	45,7±5,67 ^{aA}	57,5± 2,3 ^{bB}

Nota: Letra superíndice minúsculas (a y b) indican diferencias significativas entre las soluciones para una misma bacteria y letras superíndice mayúsculas (A y B) indican diferencias significativas ($p < 0,05$) entre las bacterias para una misma solución ($p < 0,05$) de acuerdo con el análisis de varianza y test de Tukey

De acuerdo con Cuesta y Mogrovejo (2020), se destacó que el extracto metanólico presenta una buena actividad antibacteriana frente a distintas cepas; en la selección de solventes influyen factores como la concentración del solvente, temperatura, tiempo de contacto, relación masa-solvente, etc.

Por otro lado, Ramirez y Munevar (2019) mencionaron que al realizar análisis microbiológico en la planta *Otholobium mexicanum* se determinó que logró efectos inhibidores de la bacteria *S. aureus* realizando diluciones y atribuyendo su capacidad de perfusión en el agar.

En relación con el análisis microbiológico realizado en la muestra experimental con respecto al solvente etanol para *E. coli* se estableció que no existen diferencias para ese mismo solvente, pero, al aplicar con el metanol, se obtuvieron datos con diferencias significativas en el diámetro de inhibición.

Por otra parte, el análisis de la muestra experimental con los solventes etanol y metanol con la bacteria *S. aureus* presentó diferencias significativas en la inhibición, con un diámetro de 57,5 mm de inhibición en la muestra experimental con metanol. Asimismo, el metanol para la bacteria *E. coli* en control solvente presenta diferencias significativas obteniendo una menor inhibición contra el metanol para la bacteria *S. aureus*.

Como resultado se obtiene que, en la muestra experimental, el extracto obtenido con el solvente metanol presentó diferencias significativas con la bacteria *S. aureus* y *E. coli* en comparación con el solvente etanol. En cuanto al solvente en relación con las bacterias, no hubo diferencias con el etanol.

4.3 Obtención de la solución antimicrobiana

La Figura 4 muestra fotografías de la solución antimicrobiana preparada.

Figura 4.

Preparación de solución antimicrobiana



La Tabla 8 muestra las cantidades necesarias y el porcentaje requerido para la formulación de la solución.

Tabla 8.

Formulación de la solución antimicrobiana

Formulación	Cantidades (ml)	Porcentaje (%)
Extracto	24,99	83,3%
Peróxido de hidrógeno 3%	1,251	4,1%
Glicerol 98%	0,435	1,45%
Agua destilada	3,324	11,1%

De acuerdo con la Figura 4, la solución antimicrobiana presentó un color verde parduzco y un olor característico a las plantas forrajeras arbustivas (olor parecido a la tierra húmeda). Esta solución contenía el extracto metanólico, en el cual pudieron estar presentes compuestos bioactivos propios de la planta tales como: alcaloides, glicósidos, flavonoides y terpenos (Carrillo et al., 2020).

Trabajos previos como la “Detección de metabolitos secundarios presentes en las hojas de (*Trichanthera gigantea*) Acanthaceae y su actividad antimicrobiana y antimicótica” expuesto por Carvajal (2022) y “Actividad antimicrobiana in vitro de extractos de hoja de *Guazuma ulmifolia Lam.* contra fitopatógenos” por Ramírez (2015) han identificado mayoritariamente dichos compuestos bioactivos, con actividad antibacteriana de mayor relevancia.

4.4 Evaluación de funcionalidad de la solución antimicrobiana en tomate rojo (*Solanum lycopersicum*) y lechuga (*Lactuca sativa*).

Abdelshafy et al. (2024) evaluaron que la eficacia antimicrobiana y el daño en la estructura celular de las bacterias se deben a la propiedad oxidante del peróxido de hidrógeno en concentraciones de 3%. Por otra parte, los metabolitos de las plantas representan una alternativa para el tratamiento y eliminación de bacterias patógenas (Domingo et al., 2003).

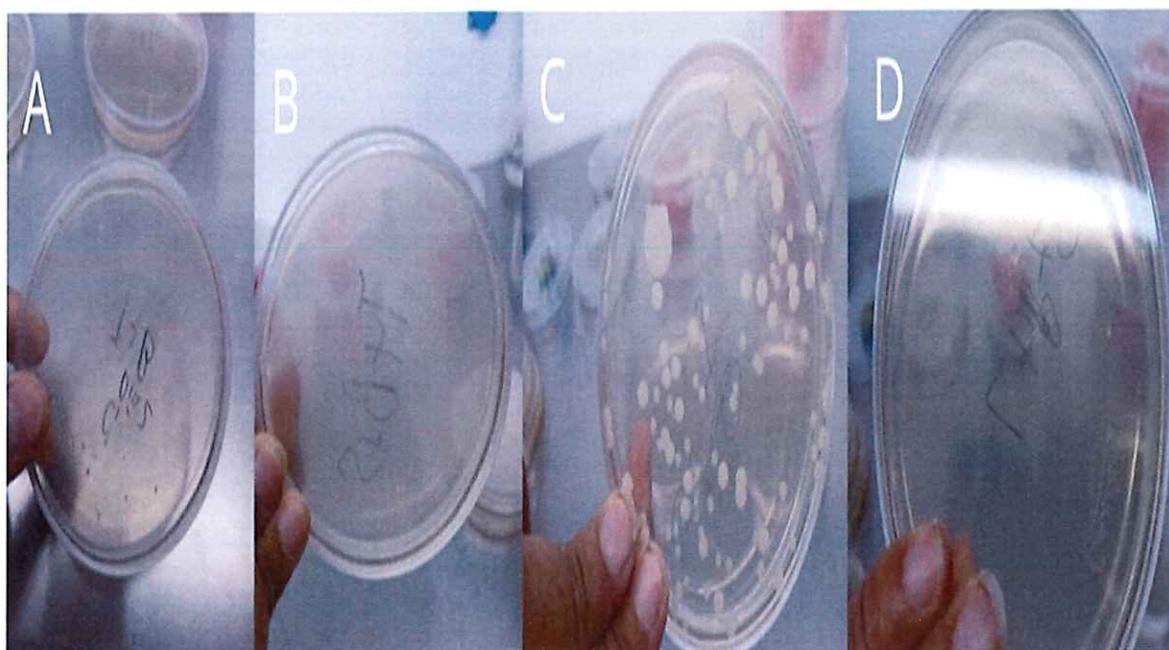
En este contexto, las hortalizas frescas tales como: lechuga, melón, tomates, col, zanahorias, etc., están expuestas a la contaminación por bacterias patógenas tales como *E. coli*, *Salmonella*, *Listeria monocytogenes*, entre otros. La bacteria *E. coli* es un patógeno que está principalmente presente en verduras como el tomate y la lechuga.

Uno de los principales mecanismos de contaminación de estos alimentos ocurre por heridas, estomas o daños mecánicos durante su manipulación (Cortés et al., 2021). Además, la *E. coli* se puede encontrar también en germinados de rábano, melón, zanahoria, espinaca, tomate, lechuga, cilantro, endivia, apio, entre otros. El control de estas bacterias patógenas a lo largo de la cadena postcosecha se realiza mediante procesos de limpieza y desinfección (Fernando et al., 2024).

La efectividad de los procesos de desinfección depende del tipo de desinfectante antimicrobiano, pH, resistencia de la bacteria y otros aspectos relevantes (Fernando et al., 2024). En el caso de los productos antimicrobianos, estos deben mantener concentraciones que garanticen su eficiencia, las cuales generalmente están entre 25 y 90% de concentración dependiendo del ingrediente activo y el tipo de alimento (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2024).

La Figura 5 muestra fotografías de la evaluación de funcionalidad de la solución en las verduras.

Figura 5.
Funcionalidad de la solución



Nota: las imágenes A y B muestran la acción de la bacteria en el tomate y efectividad de la solución y, C y D muestran la acción en la lechuga y la efectividad de la solución.

Con base en lo anteriormente mencionado, se evaluó la efectividad de una solución antimicrobiana que contenía principalmente extracto de nacedero frente a la contaminación de tomate rojo y lechuga.

La Figura 5 muestra los resultados de la efectividad de la solución antimicrobiana frente a estos vegetales.

La Tabla 9 muestra las concentraciones iniciales de *E. coli* en el tomate.

Tabla 9.
Concentraciones bacterianas obtenidas en el tomate sin tratar.

Tomate	Concentración (UFC/ml)
T1	$2,3 \times 10^7$
T2	$1,3 \times 10^7$
T3	$1,0 \times 10^7$

La Tabla 10 muestra las concentraciones finales de *E. coli* en el tomate, luego de la aplicación de la solución antimicrobiana

Tabla 10.

Concentraciones bacterianas obtenidas en el tomate tratado.

Tomate	Concentración (UFC/ml)
T1	1,3 x10 ⁷
T2	1,3 x10 ⁷
T3	1,0 x10 ⁷

En el tomate, los resultados mostraron que durante los 2 días de incubación existió crecimiento microbiano. La muestra de control sin la aplicación de la solución presentó una concentración bacteriana promedio de $1,5 \times 10^7$ UFC/ml, y tras la aplicación de la solución antimicrobiana se disminuyó ligeramente dicha concentración a un promedio de $1,2 \times 10^7$ UFC/ml. Obteniendo un 13% de reducción bacteriana parcial.

Esta ligera reducción se atribuye a la acción de los compuestos bioactivos presentes en el extracto de nacedero, los cuales afectan la viabilidad de la bacteria, pero no logran la eliminación completa debido a la resistencia de la pared celular de la cepa.

Además, se respalda la viabilidad de la formulación debido a la estabilidad de las características organolépticas del tomate rojo tratado, con la aplicación de la solución se demuestra que la pigmentación y la textura no sufrieron variaciones significativas, verificando un mínimo riesgo secundario en la calidad sensorial del alimento (Déleg et al., 2015).

La Tabla 11 muestra las concentraciones iniciales de *E. coli* en la lechuga.

Tabla 11.

Concentraciones bacterianas obtenidas en la lechuga sin tratar.

Lechuga	Concentración (UFC/ml)
L1	3,2 x10 ⁸
L2	3,4 x10 ⁸
L3	2,6 x10 ⁸

La Tabla 12 muestra las concentraciones finales de *E. coli* en la lechuga, luego de la aplicación de la solución antimicrobiana.

Tabla 12.

Concentraciones bacterianas obtenidas en la lechuga tratada.

Lechuga	Concentración (UFC/ml)
L1	$6,6 \times 10^6$
L2	$1,0 \times 10^7$
L3	$1,0 \times 10^7$

En la lechuga, los resultados mostraron un mayor efecto antimicrobiano de la solución. Luego de los 2 días de tratamiento, la concentración inicial promedio del control fue de $3,06 \times 10^8$ UFC/ml y se disminuyó a un promedio de $2,6 \times 10^7$ UFC/ml, dando como resultado una reducción del 97% de la concentración bacteriana. Una mayor eficacia antimicrobiana se debió a la inserción rápida de la solución en las paredes celulares de la bacteria, logrando su eliminación eficaz (Rojas et al., 2009).

Además, las características físicas de la lechuga, tales como el color, la firmeza y la turgencia, presentaron variaciones debido a la presencia de agua y la temperatura a la que estuvo expuesta (Rodríguez et al., 2018). Al analizar las características de la lechuga, se observaron cambios en su coloración, tornándose más oscuro de lo habitual. En cuanto al olor, se impregnó levemente el aroma del extracto y se verificó que no haya existencia de manchas características de hongos.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- Se obtuvieron extractos alcohólicos con capacidad antimicrobiana frente a *E. coli* y *S. aureus* a partir de la maceración de hojas de nacedero. Los extractos etanólicos y metanólicos mostraron diferencias en su rendimiento y concentración final frente a los metabolitos secundarios del nacedero (compuestos fenólicos, alcaloides, etc.). Ambos extractos obtuvieron un color y olor característicos de las plantas forrajeras de tipo arbustivo, con diferencias en la coloración sugiriendo posibles variaciones en su composición.
- Se desarrolló una solución antimicrobiana mediante el uso de extracto de nacedero *Trichanthera gigantea*, peróxido de hidrógeno diluido y glicerol. La solución antimicrobiana logró una desinfección parcial pero eficiente frente a las suspensiones bacterianas utilizadas.
- La funcionalidad de la solución antimicrobiana se testeó frente a 2 microorganismos patógenos, *E. coli* y *S. aureus*. Los resultados mostraron efectividad frente a ambos microorganismos producto de la sinergia antimicrobiana entre los extractos naturales de nacedero y el peróxido de hidrógeno. La eficacia de la solución sugiere que los compuestos bioactivos del extracto en conjunto con la acción del peróxido provocan la ruptura celular de los microorganismos.
- La solución antimicrobiana inhibió en mayor grado el crecimiento de *E. coli* en lechuga, a diferencia del tomate rojo. Esto se debe a la capacidad de resistencia de la cepa y la concentración de la solución. Además, se establecieron diferencias en las características físicas de las verduras y el porcentaje de reducción de la concentración bacteriana.

5.2 Recomendaciones

- Realizar análisis fitoquímicos cualitativo y cuantitativo para determinar otros compuestos bioactivos presentes en los extractos etanólicos y metanólicos del nacedero (*Trichanthera gigantea*).
- Implementar otras bacterias patógenas presentes en los alimentos causantes de deterioro y enfermedades para verificar la efectividad de la solución antimicrobiana frente a las mismas.
- Aumentar la concentración de los extractos para una mayor inhibición frente a cepas bacterianas implementando un diseño experimental para evaluar el rango óptimo de concentraciones del extracto.

BIBLIOGRAFÍA

Alcívar Marco et al. (2023). *Caracterización física-química y valoración nutricional de la planta nacedero (trichanthera gigantea) como alternativa de materias primas para alimentación animal* Physical-chemical characterization and nutritional assessment of the hatchery plant (Trichanthera gigantea) as an alternative raw material for animal feed.

Alemán Gilda. (2021). *Análisis de los sistemas de manejo poscosecha en tomate de árbol (Solanum betaceum), aplicadas en las plantaciones agrícolas del cantón chambo.*

Amores Maria (2024). *Efecto inhibitorio de extractos vegetales y aceites esenciales sobre microorganismos fitopatógenos o deterioradores de alimentos.* Disertación previa a la obtención del título de Licenciada en Microbiología. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Quito. <https://repositorio.puce.edu.ec/server/api/core/bitstreams/106ef789-fb4d-4fac-88ee-59107ddb0b4f/content>

Ardelean D., Stef R., & Butnariu M. (2024). *Principios activos de las plantas y aplicaciones en la medicina vegetal.* Universidad de Ciencias de la Vida “Rey Mihai I” de Timisoara, 300645, Calea Aradului 119, Timis, Rumania.

Arévalo C. (2014). *Diagnóstico del uso y manejo de plaguicidas en fincas productoras de cebolla Junca allium fistulosum en el municipio de Pasto.* 38, 132–145. <https://www.redalyc.org/pdf/3217/321731214008.pdf>

Astrid Carvajal. (2022). *Acta biológica colombiana detección de metabolitos secundarios presentes en las hojas de (trichanthera gigantea) acanthaceae y su actividad antimicrobiana y antimicótica* Detection of secondary metabolites presents in the leaves of (Trichanthera gigantea) Acanthaceae and their antimicrobial and antimycotic activity. *Acta Biol Colomb*, 28(1). <https://doi.org/10.15446/abc.v28n1.89656>

Carrillo-Hernández, D., & María Galván-Hernández, D. (2022). *Actividad antimicrobiana de extractos de Taraxacum officinale y Agave lechuguilla.* En *Año* (Vol. 2022, Número 1).

Carrillo-Tomalá, C., et al. (2020). *Actividad antimicrobiana de extractos hidroalcohólicos de hojas de dos variedades de Mangifera indica L.* Antimicrobial activity of hydroalcoholic extracts of leaves of two varieties of Mangifera Indica L. *Revista Ciencia UNEMI*, 13(32), 69–77. <https://orcid.org/0000-0002-4864-4329>

Casasola, M. (2022). *La importancia de realizar una correcta tinción de Gram en la identificación bacteriana.* Recuperado el 11 de febrero de 2023, de <https://revista.microbiologos.cr/wp-content/uploads/2023/11/Volumen-27-No2-Articulo-3-89-98.pdf>

Casanova E. (2023). *Características agronómicas del pasto quiebra barriga (*Trichanthera gigantea*) en la estación experimental “el Padmi” de la Universidad Nacional de Loja.*

Castillo Mompié, A., Yoandris Pascual Sanchez, I. M., Livio Cesar CunhaNune, I. C., Caridad de la Paz Lorente, I., & MScFrancisco, I. (2014). *Evaluación de la actividad antimicrobiana de extractos de hojas y semillas de *Morinda citrifolia L. (noni)**. Revista Cubana de Plantas Medicinales, 19(4), 374–382. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1028-47962014000400009&lng=es&nrm=iso&tlang=es

Castro del Campo, Nohelia; Chaidez Quiroz, Cristóbal; Rubio Carrasco, Werner; Valdez Torres, José Benigno. (2004). *Sobrevivencia de *escherichia coli* y *staphylococcus aureus* en frutos mínimamente procesados* Revista Cubana de Salud Pública, vol. 30, núm. 1, pp. 83-86 Sociedad Cubana de Administración de Salud La Habana, Cuba

Cortés-Higareda, M., Bautista-Baños, S., & Ventura-Aguilar, R. I. (2021). *Bacterias patógenas de los alimentos agrícolas frescos y mínimamente procesados. Estado actual en el control del género salmonella.* 22(1). <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81367929003>

Cortez Christopher (2023). *Efecto de la utilización de preparados vegetales para el control de la podredumbre de la corona de banano en la etapa de postcosecha*. Trabajo de Titulación. Universidad Agraria del Ecuador. Milagro, Ecuador.

Cuesta-Cárdenas, J., & Mogrovejo-Nieves V., (2020). “*Evaluación del método y solvente de extracción más eficientes para la obtención de metabolitos secundarios responsables de una actividad antioxidante y antibacteriana de 9 plantas medicinales en la ciudad de Cuenca-Ecuador*”. Universidad de Cuenca. Cuenca, Ecuador.

De la Fuente-Salcido, N., Villarreal-Prieto, M., Díaz-León, M., & García-Pérez, A., (2015). *Evaluación de la actividad de los agentes antimicrobianos ante el desafío de la resistencia bacteriana*. Revista mexicana de Ciencias Farmacéuticas, 46(2), 7-16. Recuperado en 21 de septiembre de 2025, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-01952015000200007&lng=es&tlang=es.

Déleg-Guiñanzaca, M., & Merchán-Livisaca, C., (2015). *Ánalisis de las características organolépticas del tomate riñón cultivado en la provincia del Azuay Y Su Aplicación Gastronómica*. Cuenca, Ecuador.

Díaz-Vallejo, J., Barraza-Villarreal, A., Yáñez-Estrada, L., & Hernández-Cadena, L. (2021). *Plaguicidas en alimentos: riesgo a la salud y marco regulatorio en Veracruz, México*. Salud Pública de México, 63(4), 486–497. <https://doi.org/10.21149/12297>

Díaz Vargas, P., Ferrera Cerrato, R., Almaraz Suárez, J. J., Alcántar González, G. *Inoculación de bacterias promotoras de crecimiento en lechuga*. Terra Latinoamericana, vol. 9, núm. 4, octubre-diciembre, 2001, pp. 327-335 Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A. C. Chapingo, México.

Domingo D., & López B. (2003). *Plantas con acción antimicrobiana*. Rev. Esp Quimioterap. Vol. 16 (Nº 4); 385-393. Madriz Sociedad Española de Quimioterapia

EAT (2019). *Manuales prácticos para la elaboración de bioinsumos*. INIFAP. Producción para el Bienestar. <https://www.gob.mx/produccionparaelbienestar>

FAO. (2004). *Agricultura mundial: hacia los años 2015/2030*. <https://www.fao.org/4/y3557s/y3557s11.htm>

Fernando, L., Álvarez, A., Alberto, S., Luzuriaga, G., Adrián, B., Chávez, H., Stalin, P., & Ortiz, R. (2024). *Técnicas y tecnologías aplicadas en poscosecha*. <https://editorialinvestigo.renderforestsites.com>

Hernández, Alejandro Escobar, Márquez Cardozo, Carlos Julio, Restrepo Flores, Claudia Estela, Cano Salazar, Jaime Andrés, & Patiño Gómez, Jairo Humberto. (2014). *Aplicación de tratamiento térmico, recubrimiento comestible y baño químico como tratamientos poscosecha para la conservación de hortalizas mínimamente procesadas*. *Acta Agronómica*, 63(1), 1-10. <https://doi.org/10.15446/acag.v63n1.40149>

Jabid Tanim (2024). *Métodos de detección y evaluación de la actividad antimicrobianas: una revisión de protocolos, ventajas y limitaciones*. Departamento de Bioquímica y Biología Molecular. Universidad de Chittagong. Chattogram, Bangladesh.

Lopez, C. (2021). *Agentes antimicrobianos naturales de origen vegetal usados en la conservación de frutas y hortalizas*.

Malo Cevallos, I. P., Espadero Bermeo, M. J., & Ortiz Galindo, N. S. (2023). *Determinación in Vitro de la Actividad Antimicrobiana de los Extractos de Cymbopogon Citratus Frente a Escherichia Coli y Staphylococcus Aureus*. Papel Presentado En Congreso Internacional De Investigación Redu 2023, Tena, Ecuador.

Malpica-Acosta, Sheila Briget, Acosta-Osorio, Andrés Antonio, Benedito-Fort, José Javier, & Castillo-Zamudio, Rosa Isela. (2024). Efecto de tres métodos de extracción en el rendimiento, actividad antioxidante, fenoles totales y estabilidad de extractos de hojas de Plectranthus amboinicus. *CienciaUAT*, 18(2), 91-106. Epub 16 de agosto de 2024. <https://doi.org/10.29059/cienciauat.v18i2.1797>.

María Paucar-Menacho, L., Moreno-Rojo, C., Saúl, ;, & Chuqui-Diestra, R. (2024). Emerging non-thermal technologies in the food industry: Advances and potential applications in food processing. *Scientia Agropecuaria*, 15(1), 65–83. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2024.006>

Martinez Dayro. (2022, octubre 25). *Nacedero (Trichanthera gigantea) y su participación en el pool forrajero de Colonia Agrícola de Acacias.* <https://es.scribd.com/document/602871873/ARTICULO-DE-nacedero>

Martínez Marco; Larrea Carlos; Hurtado Ernesto. (2023). *Caracterización física-química y valoración nutricional de la planta nacedero (trichanthera gigantea) como alternativa de materias primas para alimentación animal.* 8(nùm. 85), 342–353. <https://doi.org/10.23857/pc.v8i12.6283>

Ministerio de Agricultura y Ganadería. (2024). *Boletín de Agroquímicos y Fertilizantes.* <http://sipa.agricultura.gob.ec>

Martínez Edison (2023). *Efecto de tres extractos naturales para el control de enfermedades fungosas bajo diferentes dosis de aplicación en el cultivo de pepino.* Trabajo de titulación presentado como requisito para la obtención del título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Agraria del Ecuador.

Márquez Mayra (2021). *Microbios de interés en los alimentos.* 1era. Edición. Proyecto BID-FOMI. Zamorano.

Mejía Patricio (2018). *Estudio del efecto de un extracto vegetal de banano verde sobre el desarrollo de Penicillium digitatum en cítricos poscosecha.* Trabajo de titulación presentado en conformidad con los requisitos establecidos para optar por el título de Ingeniero Agroindustrial y de Alimentos. UDLA. <https://dspace.udla.edu.ec/bitstream/33000/9287/1/UDLA-EC-TIAG-2018-17.pdf>.

Ministerio de Trabajo, empleo y seguridad social (2021). *Desinfectantes y antisépticos.* CEISAT-SRT. Argentina.

Monardez Carolina (2014). *Uso de extractos vegetales acuosos como estrategia alternativa para el control poscosecha de Monilinia fructícola, agente responsable de la podredumbre morena de los frutales de carozo.* Tesis Licenciatura en Bromatología. Universidad Nacional de Cuyo.

Natasha Auxiliadora Pachay Casanova; Víctor Oswaldo Otero Tuarez (2015). *Capacidad antioxidante y antimicrobiana de películas comestibles a base de harina de cascara de plátano y extracto de cascara de cacao CCN-51.* Universidad Laica “Eloy Alfaro”.

Nereyda, E., & Saucedo, R. (2011). *Uso de agentes antimicrobianos naturales en la conservación de frutas y hortalizas natural* Antimicrobial agent use in the preservation of fruits and vegetables (Vol. 7).

Organización Mundial de la Salud (2009). *Guía para la elaboración a nivel local: Formulaciones recomendadas por la OMS para la desinfección de las manos.*

Ortiz Texon, J. A., J. Delgadillo Martínez, M. N. Rodríguez Mendoza y G. Calderón Zavala. 2016. *Inoculación bacteriana en el crecimiento y calidad del fruto de cinco variedades de fresa en suelos con pH contrastante*. Terra Latinoamericana 34: 177-185.

Palomino Alexis. (2014). *Microbiología de los alimentos: Microbiología de Frutas y Hortalizas* *Refrigeración y congelación de los alimentos: Propiedades Termofísicas de los Alimentos* *Tecnología De Frutas Y Hortalizas: Elaboración de Néctares*.

Patiño Vidal, C., Luzi, F., Puglia, D., López-Carballo, G., Rojas, A., Galotto, M. J., & López de Dicastillo, C. (2023). Development of a sustainable and antibacterial food packaging material based in a biopolymeric multilayer system composed by polylactic acid, chitosan, cellulose nanocrystals and ethyl lauroyl arginate. *Food Packaging and Shelf Life*, 36. <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2023.101050>

Quintana, S. E. (2020). *Formulación de extractos vegetales bioactivos para el desarrollo de ingredientes con aplicaciones alimentarias*. 1. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=286221&info=resumen&idioma=SPA>

Ramirez Salcedo, E., Virgen-Calleros, G., De, J., Vargas-Radillo, J., Salcedo-Pérez, E., & Barrientos-Ramírez, L. (2015). *Actividad antimicrobiana in vitro de extractos de hoja de Guazuma ulmifolia Lam. contra fitopatógenos*. Revista mexicana de ciencias forestales, 6(27), 114–124. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11322015000100010&lng=es&nrm=iso&tlng=es

Ramón-Valderrama, J. A. ;, & Galeano-García, P. L. (2020). *Actividad antioxidante y antimicrobiana de extractos metanólicos de hojas de plantas del género Solanum*. *Información tecnológica*, 31(5), 33–42. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642020000500033>

Ríos-Herrera, E. N., García-Munguía, A. M., Omegar Hernández-Bautista, §, & García-Munguía, C. A. (2021). *Actividad antimicrobiana de extractos de Zingiber officinale y Maclura pomifera sobre Pseudomonas syringae*.

Rodriguez Elvia. (2011). *Uso de agentes antimicrobianos naturales en la conservación de frutas y hortalizas* *natural antimicrobial agent use in the preservation of fruits and vegetables*. 7(1).

Rodríguez, Daniel A., Ortega-Toro, Rodrigo, & Piñeros-Castro, Yineth. (2018). *Propiedades Fisicoquímicas, Funcionales y Microbiológicas de Lechuga (Lactuca sativa L.) adiconada con Ácidos Orgánicos*. *Información tecnológica*, 29(4), 21-30. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642018000400021>

Rodríguez Pava, C. N., Zarate Sanabria, A. G., & Sánchez Leal, L. C. (2017). *Actividad antimicrobiana de cuatro variedades de plantas frente a patógenos de importancia clínica en Colombia*. Revista Nova publicación científica En Ciencias biomédicas, 15(27), 119-129. <https://doi.org/10.22490/24629448.1963>

Rojas et al. (2009). *Viabilidad de un aislado de Escherichia coli O157:H7 en queso tipo Guayanés usando separación inmunomagnética como herramienta de recuperación*. Unidad de Microbiología Ambiental, Departamento de Microbiología, Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad de Carabobo, Venezuela. ISSN 0075-5222.

Sanz Susana (2011). *Prácticas de Microbiología*. Departamento de Agricultura y Alimentación. Universidad de la Rioja. ISBN: 978-84-694-0870-4.

Serna-Cock, Liliana, Torres-León, Cristian, & Ayala-Aponte, Alfredo. (2015). *Evaluación de Polvos Alimentarios obtenidos de Cáscaras de Mango (Mangifera indica) como fuente de Ingredientes Funcionales*. Información tecnológica, 26(2), 41-50. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642015000200006>

Solares, M. D., Morales, Y. L., Leydi, F., Carballo, C., Cabrera, O., López Vigoa, I. L., & Montejo, S. (2017). *Evaluación de la actividad antimicrobiana de extractos frescos de hojas de Morus alba L. Pastos y Forrajes*, 40(1), 43–48. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942017000100006&lng=es&nrm=iso&tlng=es

Tituaña G., Córdova I., Tobar M., 6 Lascano V. (2018). *Estudio del proceso de obtención de extractos de plantas medicinales*, Revista Caribeña de Ciencias Sociales (mayo 2018). En línea: <http://www.eumed.net/rev/caribe/2018/05/extractos-plantas-medicinales.html>

Valencia J.; Sarria E.; Rivera D. (2007). *Efecto de tres niveles de inclusión de nacedero (Trichanthera gigantea) y materias primas convencionales en alimentación de pollos de engorde en el municipio de Popayán-Cauca*.

Velázquez-Vázquez, G., Ortega Morente, E., Cobo Molinos, A., Pérez-Armendáriz, B., Velázquez-Vázquez, G., Ortega Morente, E., Cobo Molinos, A., & Pérez-Armendáriz, B. (2023). *Actividad antimicrobiana y antibiópelícula del extracto vegetal Sambucus canadensis en bacterias patógenas transmitidas por alimentos*. Biotecnia, 25(3), 176–183. <https://doi.org/10.18633/BIOTECNIA.V25I3.2115>

Zambrano Gaspar (2018). *Evaluación de extractos vegetales y dosis de aplicación para control de Empoasca sp., (lorito verde) y Diabrotica sp. (mariquita) en el cultivo de Vigna unguiculata (fréjol caupi)*. Trabajo de Titulación previa la Obtención del título de Ingeniero agropecuario. Universidad Estatal del Sur de Manabí. Jipijapa, Manabí.

ANEXOS

Figura 6.
Extractos de nacadero



Figura 7.

Actividad antimicrobiana de extractos

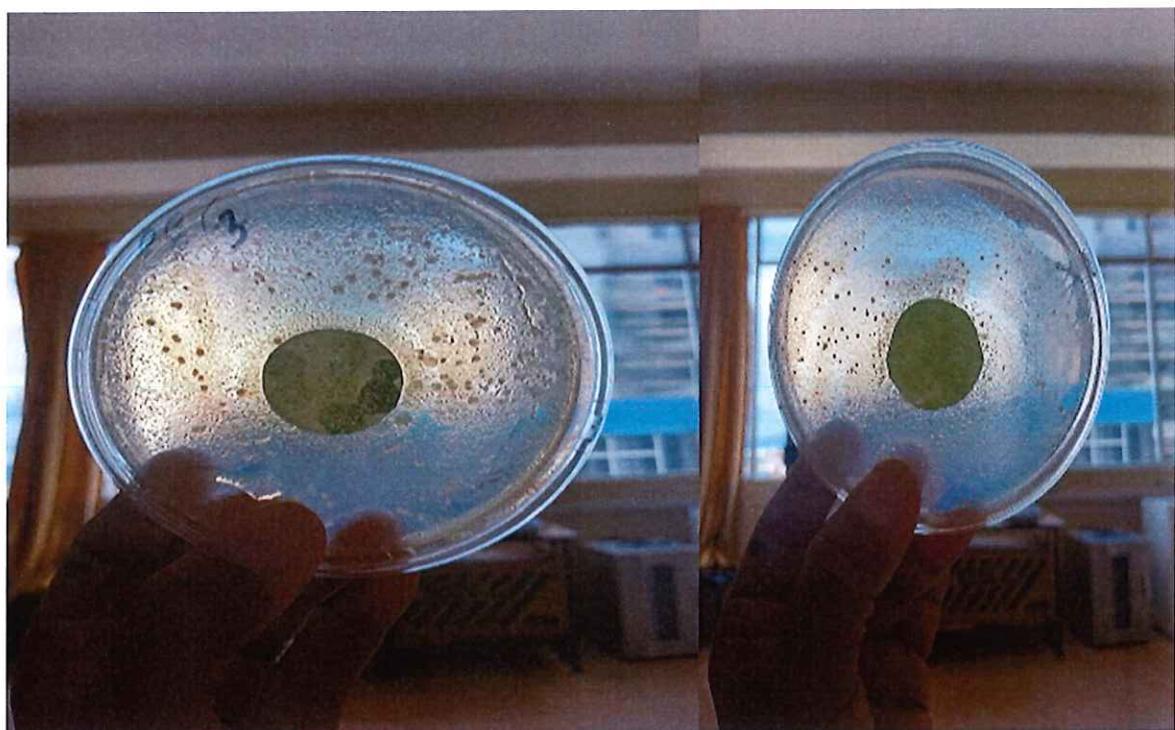


Figura 8.

Evaluación microbiológica frente a cepas



Figura 9.

Desarrollo de solución antimicrobiana

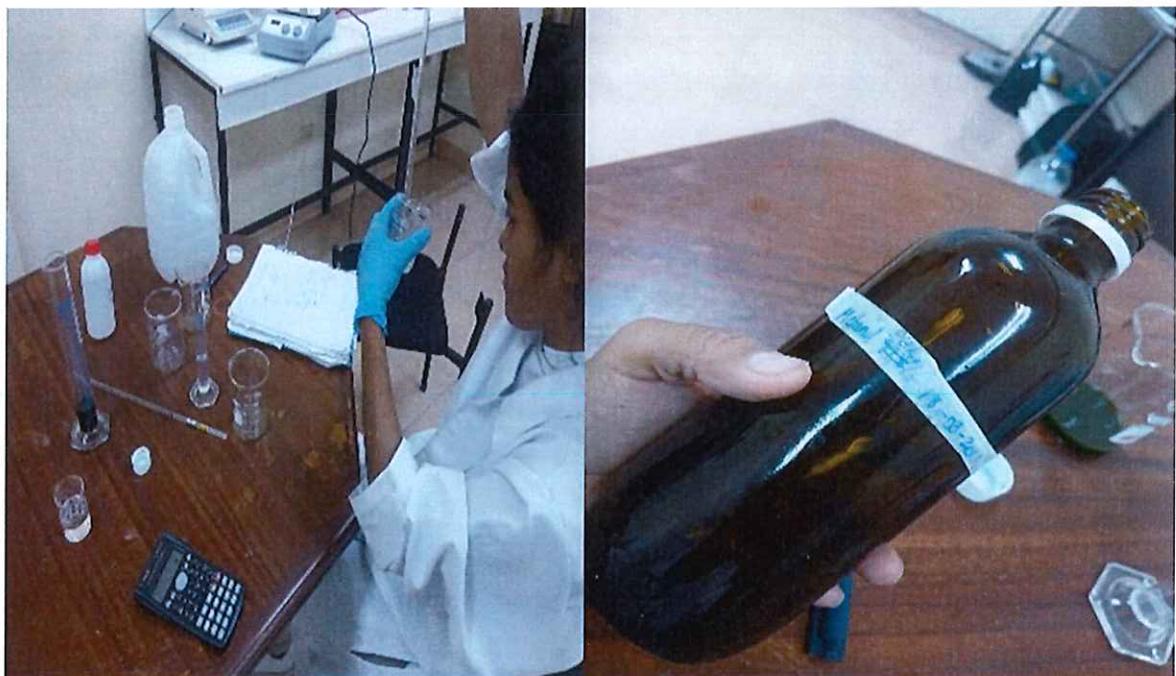


Figura 10.

Inoculación en tomate

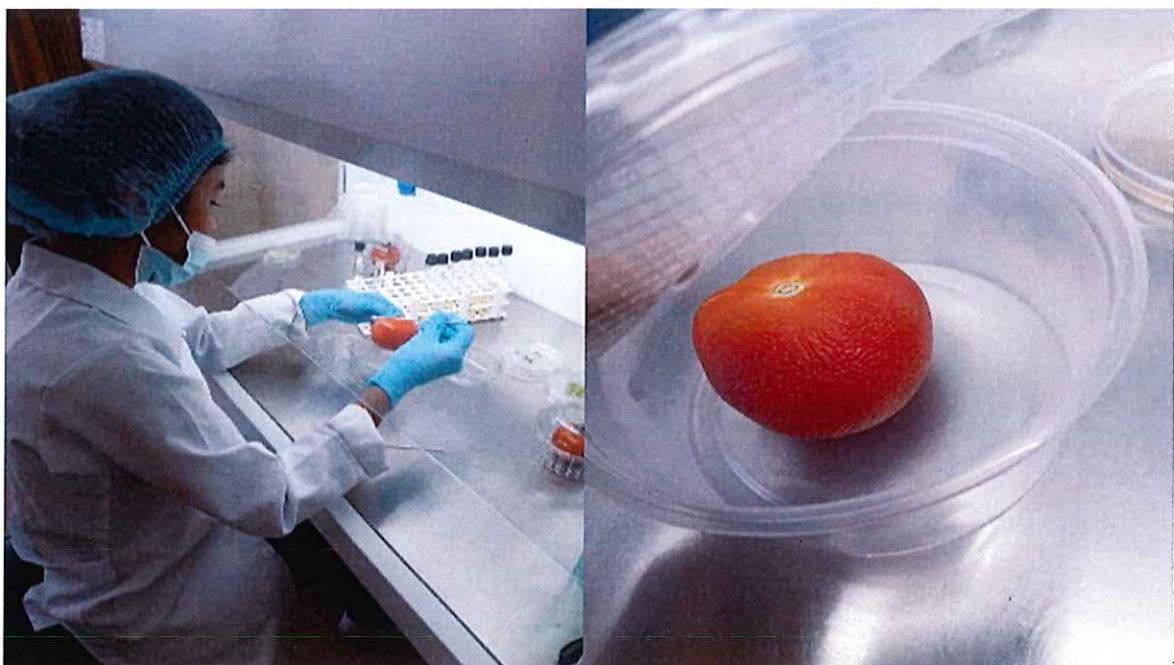


Figura 11.
Inoculación en lechuga

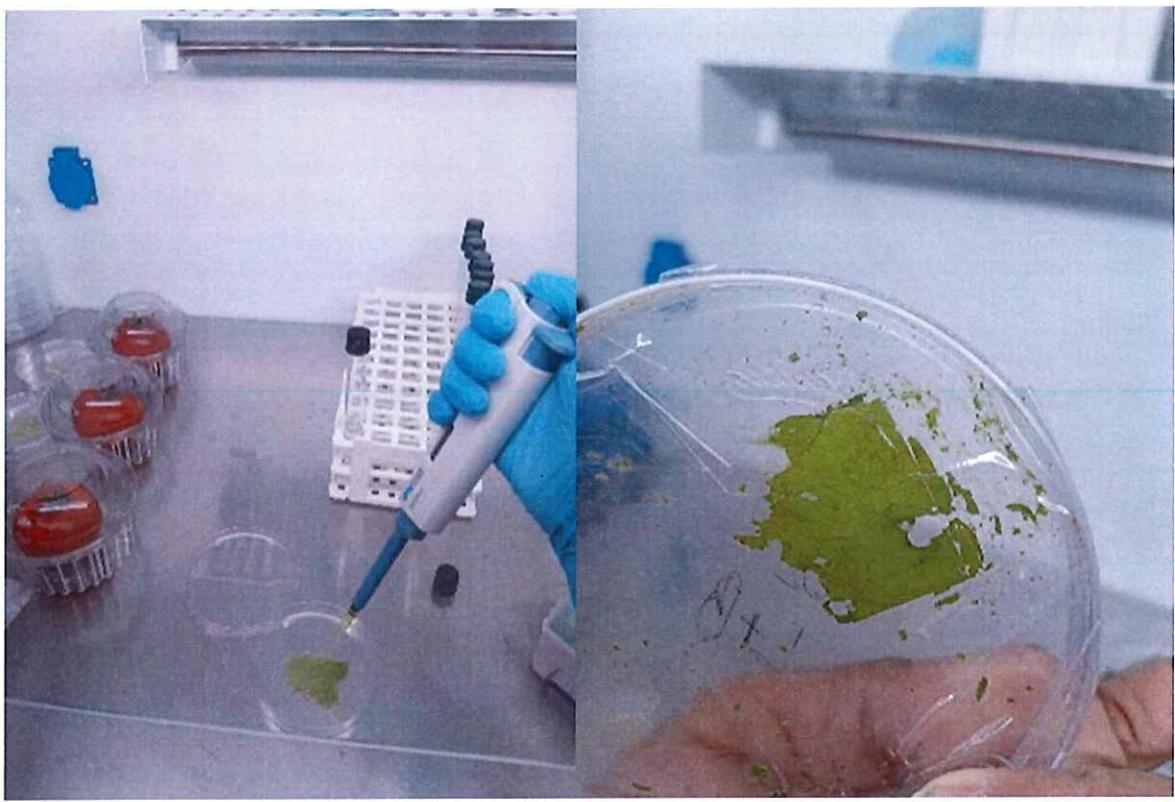


Figura 12.
Ánalisis microbiológico de las verduras



