

EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE RESIDUOS DE AGUACATE (*PERSEA AMERICANA*) PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOINSECTICIDAS ÓRGANICOS EN LA FINCA “LA BENDICIÓN DE DIOS”, MUNICIPIO NUEVA GRANADA, MAGDALENA, COMO ALTERNATIVA SOSTENIBLE PARA EL CONTROL DE PLAGAS

AUTOR (ES):

VALERIA VANESSA RIQUETT GARCIA

SANTIAGO SERNA MENDOZA

**UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLÓGICAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA
VALLEDUPAR - CESAR
2024-2**

EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE RESIDUOS DE AGUACATE (*PERSEA AMERICANA*) PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOINSECTICIDAS ÓRGANICOS EN LA FINCA “LA BENDICIÓN DE DIOS”, MUNICIPIO NUEVA GRANADA, MAGDALENA, COMO ALTERNATIVA SOSTENIBLE PARA EL CONTROL DE PLAGAS

AUTOR (ES):

VALERIA VANESSA RIQUETT GARCIA

SANTIAGO SERNA MENDOZA

**DIRECTOR / ASESOR:
LORENA SIERRA CUELLO**

**UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLÓGICAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA
VALLEDUPAR - CESAR**

2024-2

DEDICATORIA

A mis padres Cesar Serna Rincón Y Sandra Milena Mendoza Mendoza , por su amor incondicional y su constante apoyo. Su fe en mí ha sido la luz que me guía en cada paso de este camino.

A mis amigos, por ser mi motivación y por cada momento compartido que hizo más llevadera esta travesía.

Y a todos mis profesores, por sus enseñanzas y por inspirarme a seguir aprendiendo y creciendo.

Este proyecto es el resultado de un esfuerzo colectivo y un homenaje a quienes siempre creyeron en mí.

Santiago Serna Mendoza.

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**

Dedico este proyecto con todo mi corazón a mi madre Mirna Marina García Barranco, y a mis tías, Francia Riquett y Marta Riquett quienes han sido mi mayor apoyo a lo largo de esta travesía. Su amor incondicional, sacrificio y enseñanzas me han guiado en cada paso, enseñándome el valor del esfuerzo y la perseverancia.

A mis amigos, que han estado a mi lado en los momentos de alegría y en los desafíos. Cada risa compartida y cada palabra de aliento me han dado la fuerza necesaria para seguir adelante. Gracias por hacer este camino más ligero y lleno de significado.

A mis profesores, cuya dedicación y pasión por la enseñanza han inspirado mi curiosidad y deseo de aprender. Sus valiosos consejos y apoyo constante han sido fundamentales en mi desarrollo académico y personal.

Este trabajo es un reflejo del amor, la amistad y el conocimiento que he recibido de todos ustedes. Sin su influencia y apoyo, este logro no habría sido posible.

Valeria Vanessa Riquett García.

Campus Universitario Sabanas,
Línea



AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas que hicieron posible la realización de este proyecto.

En primer lugar, agradezco a mis padres, quienes siempre me han brindado su amor, apoyo y motivación incondicional. Sin su aliento constante, este logro no habría sido posible.

A mis profesores y tutores Lorena Sierra Cuello Y Sandy Pinto, agradezco su orientación y dedicación. Sus enseñanzas y críticas constructivas han sido fundamentales en mi formación y desarrollo académico.

A mis compañeros de clase como Valeria Vanessa Riquett García Y Luis José Acosta por compartir esta experiencia y por el compañerismo que nos ayudó a superar los desafíos. Cada uno de ustedes ha contribuido a que este viaje sea más enriquecedor.

Finalmente, agradezco a todas las personas que colaboraron en la realización de este proyecto, ya sea con su tiempo, conocimientos o consejos. Su apoyo ha sido invaluable.

Gracias a todos por ser parte de este camino.

Santiago Serna Mendoza.

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**

Quiero expresar mi agradecimiento a todas las personas que han contribuido a la realización de este proyecto.

A mis padres, por su apoyo incondicional y por enseñarme el valor del esfuerzo y la perseverancia. Su confianza en mí ha sido el motor de mi dedicación.

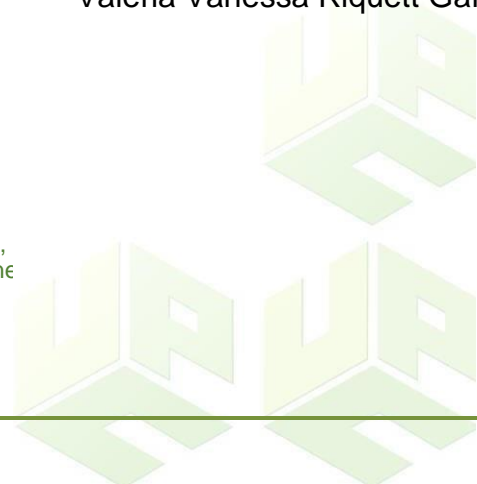
A mi profesora Lorena Sierra Cuello, cuyo conocimiento y pasión por la enseñanza me han inspirado a alcanzar mis metas. Su guía ha sido fundamental en mi formación.

A mis compañeros como Santiago Serna, por la camaradería y las largas horas de estudio compartidas. Cada uno de ustedes ha hecho este viaje más significativo y enriquecedor.

Finalmente, agradezco a todas las personas que participaron de alguna manera en este proyecto, ya sea con su tiempo, apoyo emocional o consejo. Su contribución ha sido invaluable.

Valeria Vanessa Riquett García.

Campus Universitario Sabanas,
Línea



RESUMEN

El uso excesivo de insecticidas sintéticos ha causado problemas al ambiente y a la salud de las personas; entre estos, el deterioro del ambiente por excesivo uso de agroquímicos, resistencia de los insectos a la aplicación de insecticidas, problemas de bioacumulación en los animales, envenenamiento de los agricultores por inhalación e ingestión por los consumidores. La investigación tuvo por objeto evaluar la eficiencia de los residuos de aguacate (*Persea americana*) para la producción de bioinsecticidas orgánicos en la finca “La Bendición De Dios”, municipio Nueva Granada, Magdalena, como alternativa sostenible para el control de plagas. Se realizó por tres fases: caracterizar los residuos de aguacate por medio de cromatografía a escala laboratorio, establecer la dosis óptima de bioinsecticida a partir de los residuos de aguacate para el control de plagas de la finca “La Bendición De Dios”, municipio Nueva Granada, Magdalena y finalmente, determinar la efectividad del bioinsecticida a partir de los residuos de aguacate aplicado a escala laboratorio. Para el caso de los dos cultivos, el bioinsecticida demostró tener un mayor grado de eficiencia en repeler y eliminar insectos en el cultivo de cayena. Los resultados obtenidos demuestran que los efectos de bioinsecticidas pueden tener lugar a las 48 horas de aplicación. Las concentraciones con mejores resultados son las dosis de 3% y 5% para obtener la mayor eliminación.

Palabras claves: bioinsecticida, compuestos orgánicos, plagas.



ABSTRACT

The excessive use of synthetic insecticides has caused problems to the environment and people's health; among these, the deterioration of the environment due to excessive use of agrochemicals, resistance of insects to the application of insecticides, bioaccumulation problems in animals, poisoning of farmers by inhalation and ingestion by consumers. The objective of the research was to evaluate the efficiency of avocado residues (Persea Americana) for the production of organic bioinsecticides on the “La Bendiciones De Dios” farm, Nueva Granada municipality, Magdalena, as a sustainable alternative for pest control. It was carried out in three phases: characterizing the avocado waste through laboratory-scale chromatography, establishing the optimal dose of bioinsecticide from the avocado waste for pest control at the “La Bendiciones De Dios” farm, Nueva Granada municipality. , Magdalena and finally, determine the effectiveness of the bioinsecticide from avocado residues applied on a laboratory scale. In the case of the two crops, the bioinsecticide demonstrated a higher degree of efficiency in repelling and eliminating insects in the cayenne crop. The results obtained demonstrate that the effects of bioinsecticides can take place within 48 hours of application. The concentrations with the best results are the doses of 3% and 5% to obtain the greatest elimination.

Keywords: bioinsecticide, organic compounds, pests.

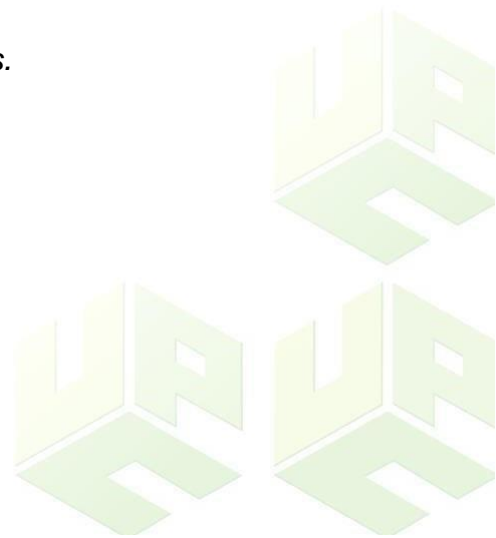


Tabla de contenidos

DEDICATORIA	3
AGRADECIMIENTOS.....	4
RESUMEN	5
INTRODUCCIÓN	11
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	13
2. JUSTIFICACIÓN	14
3. OBJETIVOS	16
3.1 OBJETIVO GENERAL	16
4. MARCO DE REFERENCIA.....	17
4.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	17
4.3 MARCO CONCEPTUAL	24
4.4 MARCO CONTEXTUAL	26
4.5 MARCO LEGAL.....	30
5. MARCO METODOLÓGICO.....	34
5.1. LÍNEA Y SUBLINEA DE INVESTIGACIÓN	34
5.2. ENFOQUE DE INVESTIGACIÓN.....	34
5.3. ALCANCE DE INVESTIGACIÓN.....	34
5.5. MUESTREO POBLACIONAL.....	34
5.6 DESARROLLO METODOLÓGICO	35
6. RESULTADOS Y ANÁLISIS	15
6.1 CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS DE AGUACATE POR MEDIO DE CROMATOGRAFÍA A ESCALA LABORATORIO.....	15
6.2 ESTABLECIMIENTO DE LA DOSIS ÓPTIMA DE BIOINSECTICIDA A PARTIR	

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**

**DE LOS RESIDUOS DE AGUACATE PARA EL CONTROL DE PLAGAS DE LA
FINCA “LA BENDICIÓN DE DIOS”, MUNICIPIO NUEVA GRANADA, MAGDALENA.**

.....	61
6.3 DETERMINACIÓN DE LA EFECTIVIDAD DEL BIOINSECTICIDA A PARTIR DE LOS RESIDUOS DE AGUACATE APLICADO A ESCALA LABORATORIO	65
7. CONCLUSIONES	76
8. RECOMENDACIONES	77
9. BIBLIOGRAFÍA	78



LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Producción sostenible	21
Figura 2 Ubicación de la finca	26
Figura 3 Montaje de cromatografía	36
Figura 4 Preparación del filtro	38
Figura 5 Preparación del palibo	39
Figura 6 Muestra en seco de aguacate.....	10
Figura 7 Mapa de coberturas	50
Figura 8 Mapa.....	50
Figura 9 Mecanismo de acción de los taninos al ataque de plagas	56
Figura 10 Limpieza de residuos de aguacate.....	61
Figura 11 Preparación de bioinsecticida	64
Figura 12 Aislamiento de cultivo de guayaba.....	65
Figura 13 Aislamiento de cultivo de cayena.....	66
Figura 14 Porcentaje de muerte de larvas	70
Figura 15 Porcentaje de muerte de larvas	71
Figura 16 Seguimiento a apariencia.....	72
Figura 17 Seguimiento a apariencia.....	73



LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Normatividad ambiental.....	10
Tabla 2 Dosis y tratamientos	12
Tabla 3 Diseño experimental.....	14
Tabla 4 Coberturas de la finca	15
Tabla 5 Aspectos ambientales	20
Tabla 6 Impactos ambientales.....	21
Tabla 7 Matris DOFA.....	53
Tabla 8 Resultados de pruebas químicas.....	55
Tabla 9 Preparación del cromatografo	60
Tabla 10 Recolección semnal de aguacate	61
Tabla 11 Tratamientos y dosis	62
Tabla 12 Preparación del bioinsecticida	63
Tabla 13 Descripción de aplicación de bioinsecticida	67
Tabla 14 Seguimiento al crecimiento de plagas	70
Tabla 15 Análisis ANOVA.....	73
Tabla 16 Diseño experimental.....	74



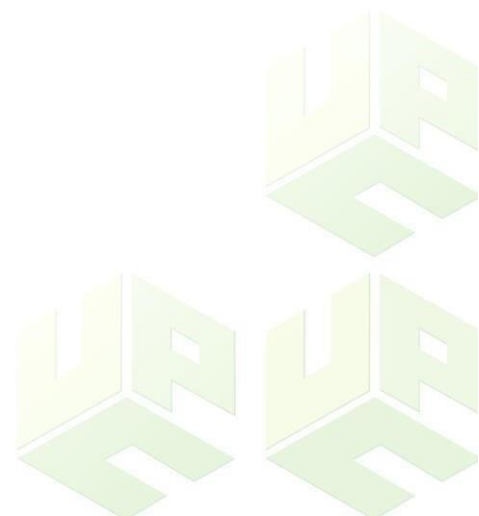
INTRODUCCIÓN

El uso excesivo de insecticidas sintéticos ha causado problemas al ambiente y a la salud de las personas; entre estos, el deterioro del ambiente por excesivo uso de agroquímicos, resistencia de los insectos a la aplicación de insecticidas, problemas de bioacumulación en los animales, envenenamiento de los agricultores por inhalación e ingestión por los consumidores de los productos que fueron tratados con insecticidas (Lannacone y Reyes, 2001; Lannacone y Lamas, 2003).

Por medio de la investigación se aprovecharon los residuos de aguacate para la producción de bioinsecticidas orgánicos en la finca “La Bendición De Dios”, municipio Nueva Granada, Magdalena, como alternativa sostenible para el control de plagas. El estudio se realizó por medio de tres fases: caracterizar los residuos de aguacate por medio de cromatografía a escala laboratorio, establecer la dosis óptima de bioinsecticida a partir de los residuos de aguacate para el control de plagas de la finca “La Bendición De Dios”, municipio Nueva Granada, Magdalena y finalmente, determinar la efectividad del bioinsecticida a partir de los residuos de aguacate aplicado a escala laboratorio, de manera que pueda dársele un manejo a los residuos orgánicos generados en los restaurantes del municipio, mitigando impactos como generación de vectores, plagas y malos olores, así como descomposiciones anaeróbicas abiertas que generen emisiones de gases de efecto de invernadero como el metano y el dióxido de carbono, y a la vez que se ofrece una alternativa sostenible para el tratamiento de plagas de los cultivos de frijol y papa que no generen riesgo a la salud humana ni al medio ambiente, al ser 100% naturales.

La investigación se estructuró en nueve capítulos, divididos de la siguiente manera: en el capítulo número uno, se realiza la descripción del planteamiento del problema, el capítulo número dos menciona la justificación. El capítulo número tres menciona los objetivos de la investigación. El capítulo 4 encontramos el marco referencial. El capítulo número cinco, hace referencia al marco metodológico, en el que

se encuentra la descripción de la línea, sublínea, tipo, nivel, población y muestra que requiere el desarrollo de la investigación. Adicionalmente, se encuentra el desarrollo metodológico. El capítulo sexto son los resultados. Posteriormente, en el capítulo séptimo se encuentran las conclusiones, seguido por el capítulo recomendaciones y por último la bibliografía.



1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El uso excesivo de insecticidas sintéticos ha causado problemas al ambiente y a la salud de las personas; entre estos, el deterioro del ambiente por excesivo uso de agroquímicos, resistencia de los insectos a la aplicación de insecticidas, problemas de bioacumulación en los animales, envenenamiento de los agricultores por inhalación e ingestión por los consumidores de los productos que fueron tratados con insecticidas (Lannacone y Reyes, 2001; Lannacone y Lamas, 2003).

Por su parte, las plagas son una de las principales limitaciones que deben superar, tanto los agricultores intra como periurbanos, correspondiente al manejo sostenible de estas y enfermedades que causan pérdidas en los rendimientos y en la calidad de los productos, antes, durante y después de la cosecha, traduciéndose en pérdidas económicas devastadoras para cada uno de estos.

En la finca La bendición de Dios, existe 1 hectárea de cultivos de guayaba y de cayena, los cuales han venido siendo atacados constantemente por plagas como el gorgojo y la mosca de la fruta, que afectan la producción y que han dejado pérdidas económicas considerables según la administración (2023). Sin embargo, en la finca se utilizan insecticidas químicos, los cuales en ocasiones como producto de las lluvias, terminan por escorrentía contaminando fuentes hídricas, lo que ha ocasionado riesgo en el consumo de agua segura a través de estos medios, ya que como se mencionó estos productos han demostrado su actividad tóxica para el control de plagas, causan un daño significativo al ambiente, dejando residuos tóxicos en alimentos y son un factor de riesgo para cáncer o alteraciones neurológicas en humanos (Organización Mundial de la Salud, 2018).

Conforme a lo anterior se plantea la siguiente pregunta:

¿Cuál será la eficiencia de un bioinsecticida a base de cascara de aguacate que permita controlar la plagas que generan pérdidas en los cultivos de guayaba y cayena en la finca la bendición de Dios?

2. JUSTIFICACIÓN

La agricultura sostenible supone el uso de tecnologías y prácticas de manejo apropiadas, aplicando métodos y sistemas de producción que optimicen los rendimientos, manteniendo y desarrollando la base de recursos disponibles localmente. Para esto, desarrolla tecnologías apropiadas a las condiciones agroclimáticas, sociales, culturales y económicas de los agricultores intra y periurbanos promoviendo buenas prácticas que incluyen la distribución justa y equitativa de los costos y beneficios asociados a la producción (Pérez, 2021). De esta forma contribuye a reducir las desigualdades en el acceso a los recursos e insumos que suelen limitar el desarrollo de muchos agricultores, en especial los más pobres (García, 2018).

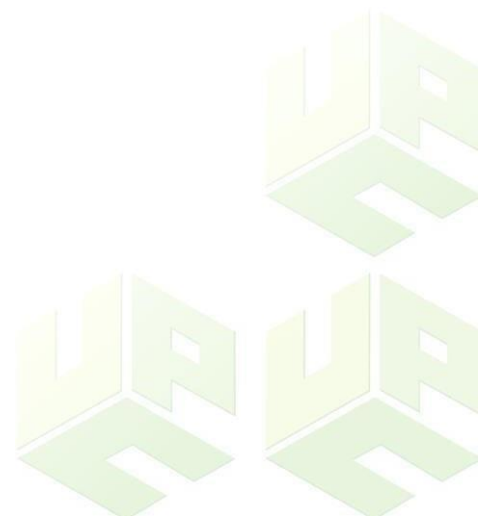
Uno de los resultados de la biotecnología agrícola es el impulso de la industria de los bioinsecticidas, los cuales tienen como objetivo primordial proteger al ambiente y mejorar la calidad de los alimentos (Pérez, 2021). Esta industria considera el uso de agentes microbianos de control o entomopatógenos (bacterias, hongos, virus, protozoarios y nemátodos), organismos entomófagos (depredadores y parasitoides), compuestos orgánicos, así como organismos y plantas transgénicas para el control de insectos plagas (Pérez, 2021).

Por su parte, según Martínez (2019), los residuos del aguacate contienen una elevada cantidad de taninos, es decir, sustancias naturales que sirven como protección contra el ataque de patógenos, como hongos, bacterias y virus. Estos componentes son tóxicos y de sabor amargo y desagradable para muchos insectos, animales e incluso para los humanos. Si es aplicado sobre la vegetación del hogar, se conseguirá repeler a las plagas de manera sostenible.

Por medio de la investigación se aprovecharon los residuos de aguacate para la producción de bioinsecticidas orgánicos en la finca “La Bendición De Dios”, municipio Nueva Granada, Magdalena, como alternativa sostenible para el control de plagas, de manera que pueda dársele un manejo a los residuos orgánicos generados en los

restaurantes del municipio, mitigando impactos como generación de vectores, plagas y malos olores, así como descomposiciones anaeróbicas abiertas que generen emisiones de gases de efecto de invernadero como el metano y el dióxido de carbono, y a la vez que se ofrece una alternativa sostenible para el tratamiento de plagas de los cultivos de frijol y papa que no generen riesgo a la salud humana ni al medio ambiente, al ser 100% naturales.

Finalmente, el bioinsecticida natural resultó ser una alternativa sostenible y de bajo costo que inicie su implementación en cultivos pequeños y posteriormente se extienda gracias a los beneficios de esta, su fácil adquisición y bajo costo, mitigando impactos como la contaminación de fuentes hídricas por escorrentía.



3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar la eficiencia de los residuos de aguacate (*Persea americana*) para la producción de bioinsecticidas orgánicos en la finca “La Bendición De Dios”, municipio Nueva Granada, Magdalena, como alternativa sostenible para el control de plagas.

3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- ✓ Caracterizar los residuos de aguacate por medio de cromatografía a escala laboratorio
- ✓ Establecer la dosis óptima de bioinsecticida a partir de los residuos de aguacate para el control de plagas de la finca “La Bendición De Dios”, municipio Nueva Granada, Magdalena.
- ✓ Determinar la efectividad del bioinsecticida a partir de los residuos de aguacate aplicado a escala laboratorio.



4. MARCO DE REFERENCIA

4.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Chill, N. et. Al, (2019), realizaron la investigación titulada: Estado del Arte de la especie *Persea americana* Mill (aguacate) para la revista *Amazonia investiga*. El objetivo de la investigación fue evaluar el estado del arte sobre las propiedades biológicas de *Persea americana* Mill (aguacate) desde 1900 hasta 2019. La metodología utilizada consistió en consultar en bases de datos internacionales como HighWire, DOAJ, EBSCO, Scielo, Scopus, Chemical abstract, Medline, PudMed, y Pharmaceutical Abstract. Como resultados se obtuvo que la fitoquímica de la especie *Persea americana* Mill ha sido ampliamente estudiada tanto para las hojas, el fruto como las semillas. La composición química de esta especie está caracterizada por diferentes grupos de metabolitos, los cuales se pueden dividir en diversos derivados que contienen anillo de furano, glicósidos, terpenoides, flavonoides y cumarinas.

Toapanta, J. (2018), realizó la investigación titulada: Evaluación De Tres Extractos Vegetales de aguacate Para El Control De Ácaros (*Tetranychus Urticae* Koch) En Hojas De Fresa (*Fragaria x annassa*) para optar por el título de ingeniero ambiental en la Universidad técnica de Ambato, Ecuador. La investigación se realizó para evaluar tres extractos vegetales de ají, cabuya negra y aguacate, para el control del ácaro *Tetranychus urticae* Koch en hojas de fresa (*Fragaria x annassa*) La cual se llevó a cabo en los Laboratorios de Suelos de Servicio al Público y Entomología perteneciente a la Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ciencias Agropecuarias, situada en el cantón Cevallos, provincia de Tungurahua. Para la evaluación se aplicó un diseño bloques completamente al azar (DBCA) con tres repeticiones en concentraciones de 0.2

%, 0,4 %, 0,8% y 1.6 %, se efectuó las pruebas de significación de Tukey al 5%, donde se obtuvieron los siguientes resultados: para la variable tasa de mortalidad el extracto que mayor eficiencia presentó fue el extracto de ají con la dosis de aplicación de 1,6 %, produciendo una tasa de 54% de mortalidad. Este trabajo es importante para la investigación ya que resume informaciones relacionadas con las investigaciones sobre las propiedades biológicas de esta especie y se discuten aspectos relevantes sobre su uso como insecticida.

Aguirre, A. (2018), realizó la investigación llamada: Producción Y Eficiencia De Un Insecticida Botánico A Partir De Semillas De Naranja En El Parque Metropolitano Güangüiltagua para optar por el título de ingeniera ambiental en la Universidad Internacional de Quito, Ecuador. Para la elaboración del insecticida botánico se utilizó semillas de naranja, cuyos componentes tienen propiedades insecticidas, los cuales se extrajeron mediante el uso de alcohol al 90%, 70%, 50%, alcohol de farmacia y agua destilada. Este trabajo es importante para la investigación ya que resume informaciones relacionadas con las investigaciones sobre las propiedades biológicas de esta especie y se discuten aspectos relevantes sobre su uso como insecticida.

Cuevas N. (2018), realizó la investigación llamada: Uso de insecticidas naturales para el control de plagas como artículo de investigación. El desarrollo experimental se llevó a cabo en un invernadero ubicado en el vivero Carissa, el cual se ubica en el municipio de Temixco y cuenta con una superficie aproximada de mil metros cuadrados. El análisis estadístico de los resultados obtenidos mostró diferencias significativas entre los tratamientos con respecto a la mortalidad de huevos, ninfas y adultos. En lo referente al estado de ninfa, ningún tratamiento manifestó efecto alguno. Este trabajo es importante para la investigación ya que resume informaciones relacionadas con las investigaciones sobre las propiedades biológicas de esta especie y se discuten aspectos relevantes sobre su uso como insecticida.

Tamez, P. et. Al, (2017), realizaron la investigación titulada: Bioinsecticidas: Su Empleo, Producción Y Comercialización como artículo de investigación en la Universidad de Nuevo León, México. La investigación tenía por objeto recopilar la información necesaria acerca de los bioinsecticidas, su uso, comercialización y ventajas a nivel nacional e internacional, mediante la revisión de páginas oficiales como Scielo, Scopus, Science direct, entre otros, posteriormente, se realizó un análisis de esta y se arrojaron las conclusiones acerca de la revisión. Se destaca una de las ventajas de la biotecnología agrícola ha sido el impulso del empleo de bioinsecticidas, los cuales tienen como objetivo primordial proteger al ambiente y mejorar la calidad de los alimentos. La industria de los bioinsecticidas incluye agentes microbianos de control (bacterias, hongos, virus, protozoarios y nemátodos), organismos entomófagos (depredadores y parasitoides), compuestos orgánicos y organismos y plantas transgénicas).

4.2 MARCO TEÓRICO

4.2.1 Producción sostenible

La producción sostenible es un modelo de producción de bienes y servicios que minimiza el uso de los recursos naturales, la generación de materiales tóxicos, residuos y emisiones contaminantes, mediante la promoción de una estrategia de gestión productiva que integra la dimensión ambiental a través de un enfoque preventivo de la contaminación y la administración eficiente de los recursos. Este modelo se orienta principalmente a (Martínez, 2020):

- Reducir los riesgos para la salud.
- Reducir los impactos al ambiente.
- Disminuir el uso de los recursos
- Aumentar la competitividad de la actividad empresarial.

El objetivo de este modelo productivo es armonizar el crecimiento económico con la inclusión social y el cuidado del ambiente; promoviendo un desarrollo industrial que no ponga en riesgo las necesidades productivas, sociales y ambientales de las generaciones futuras (Martínez, 2020).

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**

Para llevar adelante esta visión y promover cambios en las prácticas sociales, en acuerdo con el Objetivo 12 ("Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles") de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, desarrollamos estrategias y herramientas orientadas a promover la producción sostenible en el ámbito nacional (Martínez, 2020).

La FAO define a la producción ecológica como un sistema de producción que trata de utilizar al máximo los recursos, dándole énfasis a la fertilidad del suelo y la actividad biológica y al mismo tiempo, a minimizar el uso de los recursos no renovables y no utilizar

fertilizantes y plaguicidas sintéticos para proteger el medio ambiente y la salud humana (Andersen, M., 2003).

Para efecto de lo mencionado la FAO ha propuesto distintas técnicas para prevenir y controlar las plagas, una de estas técnicas consiste precisamente en la utilización de productos naturales previamente estudiados para usarlos como repelente de plagas y así controlar el equilibrio ecológico.

De acuerdo con el Servicio de Información Agropecuaria del Ministerio de Agricultura y Ganadería del Ecuador, a la agricultura ecológica se la define como: el uso de técnicas apropiadas que evitan el uso de fertilizantes y plaguicidas sintéticos, pero tiene un alcance mayor, en la medida en que su propósito es llegar a una “producción limpia” y sostenida (SICA, 2001).

Figura 1

Producción sostenible



Nota: La figura permite conocer los componentes de una producción y consumo sostenible

4.2.2 Bioinsecticida

Uno de los resultados de la biotecnología agrícola es el impulso de la industria de los bioinsecticidas, los cuales tienen como objetivo primordial proteger al ambiente y mejorar la calidad de los alimentos. Esta industria considera el uso de agentes

microbianos de control o entomopatógenos (bacterias, hongos, virus, protozoarios y nemátodos), organismos entomófagos (depredadores y parasitoides), compuestos orgánicos, así como organismos y plantas transgénicas para el control de insectos plaga (García, 2020).

Los bioinsecticidas son productos que contienen a este tipo de entomopatógenos como ingrediente activo, o bien metabolitos del microorganismo que se extraen mediante procedimientos que no alteran su composición. Estos productos han demostrado su actividad tóxica para el control de plagas, causan un daño mínimo al ambiente, no dejan residuos tóxicos en alimentos y no son un factor de riesgo para cáncer o alteraciones neurológicas en humanos (García, 2020).

¿Cuáles son las ventajas de usar insecticidas naturales?

- No contamina el medio ambiente.
- Se producen alimentos sanos
- Son fáciles de preparar.
- No dañan la salud de las personas que los usan.
- Los materiales los encontramos en la finca.
- Se gasta poco dinero

4.2.2.1 Principales plagas en cultivos

Entre las principales plagas de la agricultura urbana se encuentran los insectos chupadores, masticadores y barrenadores; los ácaros y arañuelas; los nemátodos; babosas y caracoles; y las hormigas (Adaptado de Santivañez (Editora). 2009).

- ***Insectos chupadores.***

Entre los más comunes se encuentran los pulgones, cigarras, chinches, cochinillas, trips, mosca blanca y pulgilla saltona. Suelen atacar cereales, leguminosas, hortalizas y flores. Chupando la savia de las plantas originan heridas que marchitan y secan las plantas. También suelen transmitir virus y vuelve a las plantas más propensas

a las enfermedades causadas por los hongos. Las plantas atacadas por insectos chupadores tienen rendimientos por debajo de lo normal (Adaptado de Santivañez (Editora). 2009).

- ***Insectos masticadores.***

En este grupo se encuentran los escarabajos, gusanos trozadores, cortadores, medidores y cogolleros; pulgillas, grillos y langostas, saltamontes, grillos, hormigas (chaka) y gallina ciega. Atacan con frecuencia a los cereales, leguminosas, hortalizas y flores. Al destruir su sistema foliar afectan la actividad fotosintética y la respiración de las plantas. Estos insectos se alimentan de hojas, tallos, brotes, frutos, semillas y sus daños aparecen como cortes y perforaciones en las hojas (Adaptado de Santivañez (Editora). 2009).

- ***Insectos barrenadores.***

Son la mosca blanca, mosca minadora, polilla, mariposa de la col, gusanos alambre, barrenadores de tallos y de frutos, y los minadores de hojas y frutos. Al igual que los insectos chupadores y masticadores atacan los cereales, leguminosas, hortalizas y flores. Barrenan o minan el tejido vegetal y debilitan el sistema foliar. Estos insectos hacen galerías en los tallos, hojas, frutos y raíces, secando y matando a las plantas (Adaptado de Santivañez (Editora). 2009).

- ***Nemátodos.***

Atacan todos los cultivos hortícolas. Son organismos que viven en el suelo y no se ven a simple vista. Se alimentan de la savia atacando las raíces hasta formar agallas o tumoraciones y nódulos. Como resultado las plantas no se desarrollan, su rendimiento disminuye y se marchitan pudiendo morir (Adaptado de Santivañez (Editora). 2009).

- ***Ácaros y arañuelas.***

Atacan las leguminosas, hortalizas, frutales, flores, pastos y diversas especies forestales. Son organismos de ocho patas que chupan la savia de las plantas, principalmente en sus hojas y frutos. Raspan las hojas y succionan la savia debilitando a las plantas. Cuando los ataques son severos pueden ocasionar la muerte de las plantas. Reducen significativamente la calidad y la productividad de los cultivos (Adaptado de Santivañez (Editora). 2009).

- **Babosas y caracoles.**

Son moluscos carentes de patas que utilizan su cuerpo para desplazarse dejando rastros de una sustancia pegajosa que los ayuda en sus desplazamientos. Atacan, principalmente durante la noche, el amanecer, en días nublados, después de la lluvia o el riego cuando la tierra está mojada y la atmósfera húmeda. Son muy voraces y se alimentan de una gran variedad de plantas, hojas y hortalizas (Adaptado de Santivañez (Editora). 2009).

- **Hormigas.**

Son insectos sociales que producen la defoliación total o parcial de las plantas que atacan dejando restos vegetales acumulados al pie de las plantas o en las cercanías a la boca de entrada al hormiguero. Las hormigas cortadoras de hojas atacan cultivos, pastizales, árboles de importancia forestal y de sombrío, malezas, especies ornamentales, de la huerta y el jardín. El impacto depende del estado de desarrollo de la planta y de las condiciones imperantes en el momento del daño (Adaptado de Santivañez (Editora). 2009).

4.3 MARCO CONCEPTUAL

Biomasa: El término biomasa se le atribuye a toda la fracción orgánica de los residuos provenientes de diferentes procesos productivos, y que puede ser potencializado como materia prima para la obtención de diferentes combustibles verdes o biocombustibles, conocidos así por proponer formas de energía renovables no dependientes del carbón (Martínez, 2020).

Biofertilizante: Un biofertilizante es una sustancia que contiene microorganismos vivos que, cuando se aplican a las semillas, la superficie de las plantas o el suelo, colonizan la rizósfera o el interior de la planta (Martínez, 2020).

Disposición final de residuos: Es el proceso de aislar y confinar los residuos sólidos, en especial los no aprovechables, en forma definitiva, en lugares especialmente seleccionados y diseñados para evitar la contaminación y los daños o riesgos a la salud humana y al medio ambiente (CEPIS, 2003).

Efluente: fluido líquido o gaseoso que se vierte sobre un cuerpo receptor (CEPIS, 2003).

Fertilizante: Los fertilizantes son sustancias ricas en nutrientes que se utilizan para mejorar las características del suelo para un mayor desarrollo de los cultivos agrícolas (Fondo Nacional Avícola, 2019).

Impacto ambiental: es la alteración favorable o desfavorable que experimenta el conjunto de elementos naturales del hábitat, artificiales o inducidos por el hombre, ya sean físicos, químicos o ecológicos; como el resultado de efectos positivos o negativos de la actividad humana o de la naturaleza en sí (CONAMA, 2012).

Lixiviados: es el fluido proveniente de la descomposición de los residuos, bien sea por su propia humedad, reacción, arrastre o disolución de un solvente o agua al estar en contacto con ellos. En suelos agrícolas se refiere al "lavado" de nutrientes hacia capas inferiores (CONAMA, 2012).

Microorganismos: Los microorganismos son seres vivos muy pequeños que sólo se pueden ver a través de un microscopio, empero participan en diversos procesos metabólicos, ecológicos y biotecnológicos convirtiéndose en un factor clave para el funcionamiento de los sistemas biológicos y el mantenimiento de la vida en la Tierra (ECOPORTAL, 2003).

Recuperación: Extracción de las sustancias o recursos valiosos contenidos en los subproductos. Suele realizarse mediante tratamiento previo y se utiliza posteriormente con una finalidad diferente a la original (ECOPORTAL, 2003).

Residuo líquido: elemento, sustancia o compuesto en estado líquido proveniente de cualquier actividad que pueda afectar al recurso agua, al suelo o al subsuelo en condiciones naturales (ECOPORTAL, 2003).

4.4 MARCO CONTEXTUAL

Nueva Granada es un municipio de Colombia, situado en el norte del país, en el departamento del Magdalena. Tiene una población de 21,166 habitantes, 8,680 de ellos en la cabecera. Se sitúa a 220 km de la capital del departamento, Santa Marta (Alcaldía de Nueva Granada, 2023).

Corregimientos: El Bajo, La Gloria, Las Tinas, Los Andes, El Corral, San José de Ballesteros (Alcaldía de Nueva Granada, 2023).

Veredas: Tambora, El Palacio, Corozalito, Pajalito, La Loma, El Tormento, Vijagual, La Seca, Los Gabrieles, Zarcita, Poquito Rojo, La Mula, La Mica, Boca de Tigre, San Antonio, San Joaquín, La Unión, Ventilación (Alcaldía de Nueva Granada, 2023).

Población: 17.470 (2018)

Superficie: 843 km²

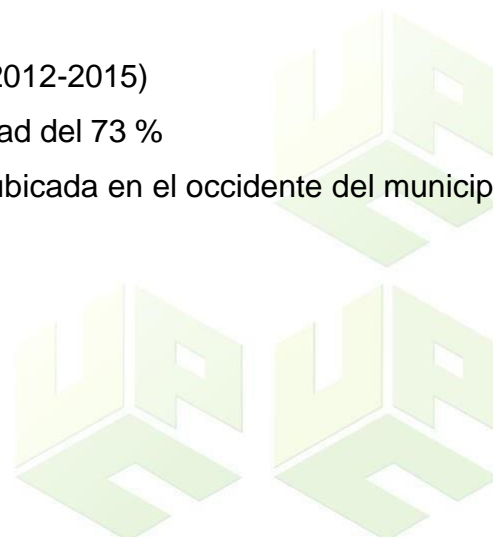
Alcalde: Joaquín Alfonso Cortina Sulvarán (2012-2015)

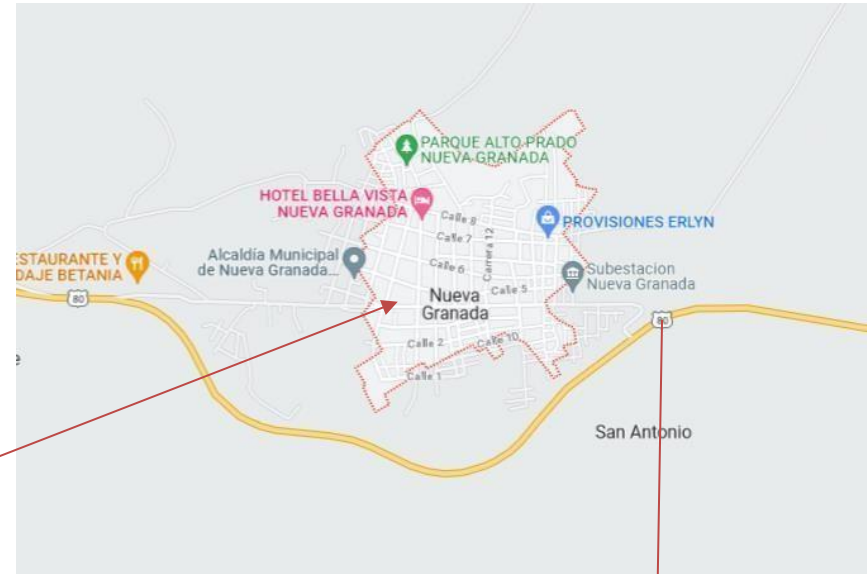
Tiempo: 30°C, viento del S a 6 km/h, humedad del 73 %

La finca La bendición de Dios se encuentra ubicada en el occidente del municipio a 8km desde la cabecera municipal.

Figura 2

Ubicación de la finca





Nota: La imagen representa la ubicación de la finca donde se desarrollará el proyecto

4.5 MARCO LEGAL

Tabla 1

Normatividad aplicable al proyecto

NORMA	DESCRIPCIÓN	APORTE
CONSTITUCIÓN POLÍTICA DE COLOMBIA	ARTICULO 79. Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano. La ley garantizará la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectarlo.	Aplican estos dos artículos, ya que, buscan preservar los recursos naturales y el medio ambiente, a través de prácticas sostenibles.
	ARTICULO 80. El Estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución.	
Ley 99 de 1993.	Crea el Ministerio del Medio Ambiente y Organiza el Sistema Nacional Ambiental (SINA). Reforma el sector Público encargado de la gestión ambiental. Organiza el sistema Nacional Ambiental y exige la Planificación de la gestión ambiental de proyectos.	Es importante, ya que con esta ley se crea el principal órgano rector en materia ambiental.
Decreto ley 2811 de 1974.	Código nacional de los recursos naturales renovables y no renovables y de protección al medio ambiente. El	Aplica, ya que, la investigación busca preservar los recursos

	ambiente es patrimonio común, el estado y los particulares deben participar en su preservación y manejo. Regula el manejo de los RNR, la defensa del ambiente y sus elementos.	naturales por medio del aprovechamiento de residuos sólidos.
Decreto 1843 de 1991	Por el cual se reglamentan parcialmente los títulos III, V,VI, VII y XI de la ley 09 de 1979, sobre uso y manejo de plaguicidas	Aplica, ya que, la investigación tiene como objeto crear un bioinsecticida para el control de plagas.
Decreto 1449 de 1977.	Disposiciones sobre conservación y protección de aguas, bosques, fauna terrestre y acuática.	Aplica, ya que, la investigación busca preservar los recursos naturales y el medio ambiente.
Decreto 4741 de 2005.	Por el cual se reglamenta parcialmente la prevención y manejo de los residuos o desechos peligrosos generados en el marco de la gestión integral.	Aplica, ya que, la investigación busca preservar los recursos naturales por medio del aprovechamiento de residuos sólidos.
Decreto 2981 de 2013.	por el cual se reglamenta la prestación del servicio público de aseo	Aplica, ya que, la investigación busca preservar los recursos naturales por medio del

		aprovechamiento de residuos sólidos.
Decreto 1784 de 2017.	Por el cual se modifica y adiciona el decreto número 1077 de 2015 en lo relativo con las actividades complementarias de tratamiento y disposición final de residuos sólidos en el servicio público de aseo.	Aplica, ya que, la investigación tiene como objeto crear un bioinsecticida para el control de plagas, por medio del aprovechamiento de residuos orgánicos.
Resolución 0754 de 2014.	Por la cual se adopta la metodología para la formulación, implementación, evaluación, seguimiento, control y actualización de los Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos.	Aplica, ya que, la investigación busca preservar los recursos naturales por medio del aprovechamiento de residuos sólidos.
Resolución No. 0544 de 1.995	Por la cual se establece el reglamento para la producción, elaboración, empaque, importación y comercialización de productos ecológicos. Establece que durante estos procesos no se permitirá para productos agrícolas ecológicos, biológicos u orgánicos, la utilización de ningún insumo, procedimiento o método que reduzcan la actividad biológica del suelo o que produzcan	Aplica, ya que, la investigación tiene como objeto crear un bioinsecticida para el control de plagas, por medio del aprovechamiento de residuos orgánicos.

desbalances en el equilibrio biológico
natural

**Compes 3874 de
2016**

Política Nacional de Gestión Integral
de residuos sólidos en Colombia.

Aplica, ya que, la
investigación busca
preservar los recursos
naturales por medio del
aprovechamiento de
residuos sólidos.

Nota: Las normas se toma de la Constitución Política de Colombia, 1991. Tabla elaborada por los autores, 2024



5. MARCO METODOLÓGICO

5.1. LÍNEA Y SUBLINEA DE INVESTIGACIÓN

Conforme al Acuerdo N°003 del 08 de julio de 2021 establecido por el Consejo de la Facultad de Ingeniería y Tecnológicas, la línea, sublínea y área temática a la cual se adscribe esta investigación:

Línea: Sostenibilidad y gestión ambiental

Sublínea: Tratamiento de residuos sólidos y líquidos

5.2. ENFOQUE DE INVESTIGACIÓN

El enfoque de investigación al que correspondió la investigación fue cuantitativo. La investigación cuantitativa es un método de recogida de datos en un contexto de estudios principalmente científicos. (Márquez, 2015).

5.3. ALCANCE DE INVESTIGACIÓN

El alcance de investigación correspondió fue descriptivo de campo. Las investigaciones descriptivas de campo son todas aquellas que se orientan a recolectar informaciones relacionadas con el estado real de las personas, objetos situaciones o fenómenos, en un lugar determinado, tal cual como se presentaron en el momento de su recolección (Márquez, 2015), debido a que, se realizaron visitas técnicas con la finalidad de identificar y realizar un diagnóstico ambiental y sanitario de las condiciones de la finca.

5.4. POBLACIÓN DE ESTUDIO

La población correspondió a las hectáreas de cultivos La Bendición de Dios donde será aplicado el bioinsecticida.

5.5. MUESTREO POBLACIONAL

La muestra poblacional correspondió a 500m² donde se encuentran establecidos los cultivos de guayaba y cayena en la finca La Bendición de Dios a los cuales se le aplicó el fertilizante.

5.6 DESARROLLO METODOLÓGICO

5.6.1 Fase 1. Caracterizar los residuos de aguacate por medio de cromatografía a escala laboratorio

Actividad 1.1 Realizar visita a la finca

Descripción: Se realizó una visita a la finca, donde se identificaron mediante la observación y análisis, el estado actual de conservación de la zona. Por otra parte, se tuvo en cuenta las principales características del ecosistema, la fauna y flora.

Se identificaron los cultivos que poseen y las principales actividades que desencadenan impactos ambientales en esta. Así mismo, se desarrolló una matriz DOFA adicional para un mejor diagnóstico inicial.

Actividad 1.2 Identificar el principio activo o enzimas que actúan como inhibidores

Descripción: Se realizó una revisión bibliográfica en páginas web oficiales, artículos científicos, libros, entre otros, con la finalidad de identificar las principales características y principios activos de los residuos de aguacate que permiten la inhibición de las plagas de los cultivos y se realizó su descripción.

Actividad 1.3 Elaborar el cromatógrafo para los residuos de aguacate

Descripción: Para la elaboración del cromatógrafo a escala laboratorio se utilizó la investigación de Vásquez (2021), quien elaboró este equipo para residuos en estado sólido. A continuación se describe el proceso de elaboración:

Utensilios necesarios

- Mortero
- Báscula, cucharita
- Vasos (o vasos de precipitados o erlenmeyers)
- Recipientes de vidrio: para las preparaciones de los reactivos
- Filtros sacabocado 2 mm, clavo, tijeras y lápiz
- Caja (de porexpan u otro material)

- Papel de aluminio (para cubrir el recipiente que contenga el nitrato de plata)
- Placas de Petri (u otros utensilios para misma función)
- Jeringuilla

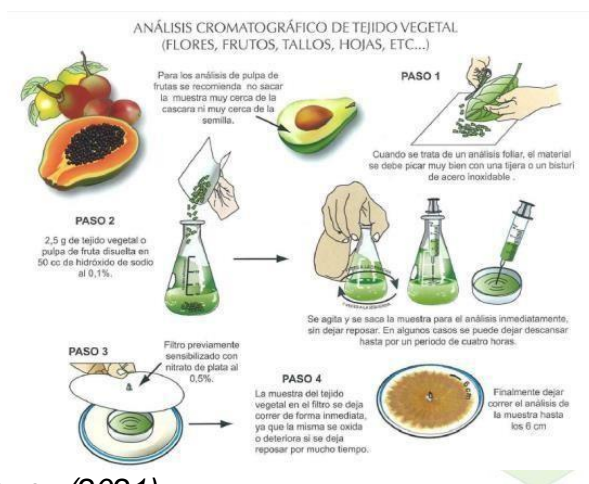
Productos y reactivos

- Muestra de residuos de aguacate
- Agua destilada o desionizada
- Hidróxido de sodio (sólido, en escamas)
- Nitrato de plata (sólido, granulado)

Para elaborar una cromatografía de sólidos, primeramente se preparó las muestras (muestra molturada mezclada con sosa) que se dejaron reposar durante varias horas. La cromatografía de frutas y verduras como sólidos se realizó rápidamente, ya que los productos se deterioran y se oxidan con facilidad. Cuanto más tiempo pase desde la cosecha del producto hasta elaborar la cromatografía, más destacaran los minerales y menos las vitaminas, los carotenos, las enzimas, etc., por lo que se puede entorpecer la lectura del cromatograma

Figura 3

Montaje de cromatografía



Nota: Tomado de Vásquez (2021)

Paso a paso para elaborar la cromatografía de residuos en estado sólido

Preparación del hidróxido de sodio o sosa: se preparó el hidróxido de sodio al 0,1%, es decir, 0,1 gramos de NaOH sólido / 100 mL de agua desionizada o destilada se añadirá en cualquier recipiente de vidrio que disponga de la capacidad suficiente, teniendo en cuenta que habrá que mezclar para disolver el NaOH sólido. Se calculó la cantidad requerida para todas las muestras para que no sobre reactivo (se ponen 50 mL en cada muestra).

Preparación de los Erlenmeyer: Poner tantos Erlenmeyer, y en su defecto vasos de precipitados o vasos normales de agua, por tantas muestras se quieran cromatografiar. Se anotó el nombre de referencia en cada Erlenmeyer para recordar de qué muestra se trata y añadir 50 mL de NaOH al 0,1%. Se usaron erlenmeyers por la forma que tienen estos recipientes, que facilitan el movimiento de mezcla.

Preparación de las muestras: Los residuos se trituraron hasta que quedó casi en harina. Una vez molturada la muestra, se procedió al análisis de forma inmediata, ya que las harinas se deterioran muy rápidamente. Se pesaron 2,5 gramos de muestra molturada y se añadieron a los Erlenmeyer. Seguidamente se añadió la sosa (hidróxido de sodio preparado anteriormente) en el Erlenmeyer y se agitó de 2 a 4 minutos para homogeneizar la mezcla. La agitación se hizo de la siguiente manera: Se agitó (dar vueltas) el Erlenmeyer 7 veces a la derecha, seguidamente se hace 7 veces a la izquierda, y se repiten estas vueltas a derecha e izquierda 7 veces.

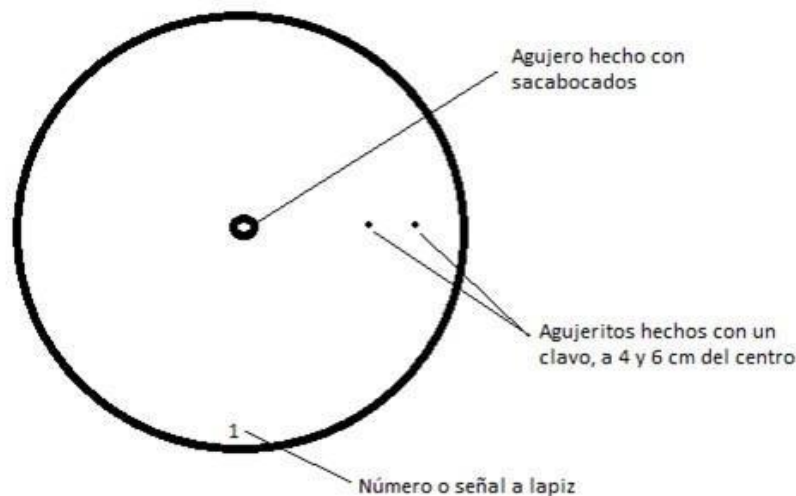
Se dejó reposar las muestras durante 15 minutos y se repitieron los giros. Se dejó reposar 1 hora y se repiten los giros. Y se dejaron reposar 5 horas. Posteriormente a este tiempo, ya se pudo correr el cromatograma impregnándolo con la muestra, pero se recomienda un reposo de 12 a 24 horas, con los Erlenmeyer tapados, para que se decanten y se depositen las partículas más grandes.

Durante las varias horas de reposo, se prepararon los filtros, los palibos y se sensibilizan los filtros con el nitrato de plata:

Preparación del filtro: La preparación del filtro se realizó del mismo modo que en la elaboración de cromatografías de suelo. Se hizo un agujero en el centro del filtro con un sacabocados de 2 mm, y se marcaron unos pequeños agujeritos con un clavo a 4 cm y a 6 cm del centro del filtro. Apuntaron con un lápiz los datos de la muestra en el espacio que queda entre la marca de los 6 cm y el borde del papel del filtro, para referenciarlo. Se recomienda usar el papel de filtro número 1 o 4. Aun así, hay una excepción con los granos y las semillas que son muy ricas en grasa, como el lino o la soja, para el cual se recomienda usar los papeles del filtro número 41.

Figura 4

Preparación del filtro



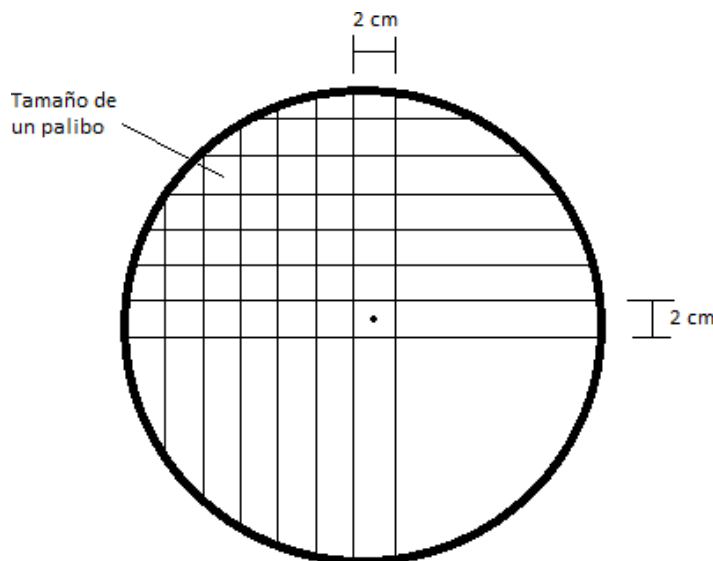
Nota: Tomado de Vásquez (2021)

Preparación del palibo: La preparación del palibo se realizó del mismo modo que en la elaboración de cromatografías de suelo. Uno de los filtros se usó para elaborar los palibos. Con un lápiz se dibujan cuadrados de 2x2 cm y se cortan con tijera. A cada uno de estos cuadrados de papel se les dio una forma de canuto, haciendo un cilindro que se ubicará en el centro del papel de filtro, por el agujero que se ha hecho anteriormente con el sacabocados. El palibo hizo la función de absorber el líquido para que se impregne

el filtro. Se usaron 2 palibos por cada muestra, uno para impregnar primero el nitrato de plata, y el segundo para impregnar el filtro con la muestra.

Figura 5

Preparación del palibo



Nota: Tomado de Vásquez (2021)

Preparación del nitrato de plata ($AgNO_3$): se preparó el nitrato de plata al 0,5%, es decir 0,5 gramos de nitrato de plata sólido / 100 mL de agua desionizada o destilada, y disolverlo. Se Guardó en un bote de cristal envuelto en papel de aluminio para que la luz no pudiera acceder, y se introdujo en algún lugar oscuro (El nitrato de plata en sólido dura 1-2 años, pero en líquido se oxida rápidamente, en cuestión de días).

Sensibilizar el filtro: se puso un poquito de $AgNO_3$ en una placa de Petri pequeña, y se impregnó un filtro a través de un palibo hasta la marca de 4 cm. Posteriormente, se sacó el palibo con unas pinzas y fue desechado, se puso el filtro impregnado en una caja oscura, que quede libre de luz. Se puso el filtro entre papel de vater hasta que se secase, siendo unas 2 horas (lo habitual) hasta 6 horas.

Correr el cromograma: Una vez concluido el reposo de las muestras, con una jeringuilla se tomó un poco de muestra del líquido sobrenadante (unos 3-4 mL) y se puso en una

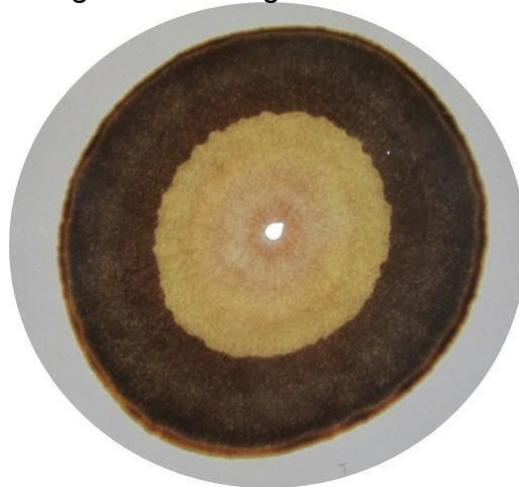
pequeña placa Petri, y al igual que en la cromatografía de suelos, se insertó un palibo en el filtro donde se impregnó la muestra hasta la marca de los 6 cm. Se recomienda poner la placa de Petri con la muestra en una placa de Petri más grande, o algún utensilio que realice la misma función, para que al humedecerse el filtro puede coger peso y doblarse.

Una vez se ha impregnado hasta la marca de 6 cm, se levantó cuidadosamente el filtro impregnado cogiéndolo por la zona donde está seco, para no manipular los resultados con las sustancias de nuestros dedos. Se sacó el palibo con unas pinzas y se desechó, con cuidado que al estar el filtro húmedo, si se saca el palibo de forma brusca, el filtro puede romperse.

Seguidamente se colgó el cromograma en el borde de una mesa con un trocito de celo (pegado en la zona de la marca de 6 cm hasta el borde, para no manipular el cromograma), y se dejó secar unos minutos. Este empezó a revelarse. Después se colgó en el cristal de una ventana donde la luz incidente sea luz solar indirecta, luz difusa. El cromograma se fue revelando con la luz indirecta durante unos 6-8 días.

Figura 6

Muestra en seco de la cromatografía de un aguacate



Nota: Tomado de Vásquez (2021)

La muestra se dejó secar como en la cromatografía de suelos. Se colgó con un pedacito de celo por la parte del cromograma donde no se ha impregnado y se pone a revelarse en el cristal de una ventana donde la luz que accedí sea difusa, luz indirecta. La cromatografía se fue revelando durante los próximos 6-8 días, después del cual se hizo una foto para guardarla en archivo.

Fase 2. Establecer la dosis óptima de bioinsecticida a partir de los residuos de aguacate para el control de plagas de la finca “La Bendición De Dios”, municipio Nueva Granada, Magdalena.

Actividad 2.1 Recolección de residuos de aguacate

Descripción: Para esta actividad, se recolectaron los residuos de aguacate de los restaurantes de la ciudad de Valledupar barrio centro, durante 1 mes. La frecuencia de recolección fue semanal garantizando que estos pudieran ser reunidos por los dueños de los restaurantes con esta finalidad. La recolección se hizo manual y se almacenaron en sacos semanales, se transportarán mediante motos para facilitar su movimiento.

Así mismo, se realizó la caracterización de este residuo, su limpieza y su clasificación según las condiciones más adecuadas para la preparación del bioinsecticida. Se recolectaron 20kg como base los reglamentos de Universidad Nacional Agraria La Molina de Perú.

Actividad 2.2 Preparar el bioinsecticida a base de los residuos de aguacate

Descripción: Se siguió el procedimiento de preparación validado por la Universidad Agraria La Molina en parcelas de ensayo de la Universidad, Departamento de Lima, Perú, el cual se menciona a continuación:

Para 10 lt. se utilizan:

- 1 envase de 2 lt.
- 2 pepas de aguacate (*Persea americana*) aproximadamente 80 gramos.
- 2 lt. de agua hirviendo.
- Fuente de calor para cocción

Pasos:

1. Rallar finamente 2 pepas de palta o aguacate y sus cascarras.
2. Remojar el rallado de aguacate durante toda la noche en 2 litros de agua hirviendo.
3. Obtener el extracto líquido mediante un colador.
4. Diluir en 10 litros o la cantidad que consideren según las necesidades.

Actividad 2.3 Establecer dosis de concentración del bioinsecticida a aplicar

Descripción: Se realizó la preparación de tres solución al 1%, 3% y 5% de la dilución del bioinsecticida realizado, y una en blanco, la cual fue aplicada a el cultivo objeto.

Tratamiento en blanco: Sin bioinsecticida orgánico

Tratamiento 1: 1% de bioinsecticida preparado

Tratamiento 2: 3% de bioinsecticida preparado

Tratamiento 3: 5% de bioinsecticida preparado

La tabla a continuación permite conocer a detalle la preparación de las dosis.

Tabla 2

Tratamientos y dosis de concentración

Tratamiento	Solución diluida	Gr de aguacate	Concentración del bioinsecticida preparado	Tiempo de aplicación
1	100ml	40	1%	30 días
2	100ml	50	3%	
3	100ml	80	5%	
En blanco	100ml	0	Sin bioinsecticida	

Nota: Tabla elaborada por el autor, 2024

Para la determinación de la dosis optima se usó el diseño experimental y se analizaron las variables según la eliminación de plagas más efectiva que se haya evidenciado a las distintas concentraciones.

5.6.3 Fase 3. Determinar la efectividad del bioinsecticida a partir de los residuos de aguacate aplicado a escala laboratorio.

Actividad 3.1 Realizar experimento a escala laboratorio

Descripción: Se realizó un pequeño aislamiento a escala laboratorio de los cultivos a aplicar, en el cual, se aplicaron los diferentes tratamientos realizados a fin de realizar un seguimiento y monitoreo de las características de estos, principalmente, el crecimiento de las plagas, o su decadencia; así mismo, se analizó el color de las hojas y tallo, entre otros aspectos físicos.

Actividad 3.2 Realizar seguimiento y análisis del crecimiento de plagas

Descripción: Se tuvo en cuenta el crecimiento de las plagas en las hojas donde se aplicó el bioinsecticida, para esto, se llevó un registro fotográfico semanal durante un periodo de 30 días y se procedió a realizar la tabulación de la información obtenida.

Las plagas a utilizar para el cultivo de guayaba correspondieron a la mosca de la fruta (*Anastrepha striata*), y para la planta de cayena gorgojo del fruto, (*Agrotis sp.*, *Prodenia sp.*), ya que estas afectan principalmente los cultivos según la guía agronómica de cultivos de la Gobernación del Valle (2019).

5.7 DISEÑO EXPERIMENTAL

Los datos se tomaron directamente de los suelos de la finca y de los diferentes ensayos, teniendo en cuenta los tratamientos divididos.

El diseño en bloques al azar es el más común en la experimentación agrícola y se utiliza cuando las unidades experimentales pueden agruparse de una forma sustancialmente lógica. El objeto del agrupamiento en bloques es tener las unidades experimentales de forma tan uniforme como sea posible, de manera que las diferencias observadas sean fundamentalmente debidas a los tratamientos. (Fernandez, Trapero, & Domínguez, 2010)

El modelo lineal para un diseño en bloques al azar viene dado por la siguiente ecuación:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

Siendo,

Y_{ij} = una observación del tratamiento i en el bloque j

μ = la media general del experimento

α_i = el efecto de los tratamientos β_j

= el efecto de los bloques ε_{ij} =

el efecto del error

El análisis de la varianza de un diseño de este tipo se efectúa de forma similar al de un diseño completamente al azar añadiéndole una fuente de variación nueva, la de los bloques.

Tabla 3

Cuadro análisis de varianza (ANOVA) para el diseño de bloques al azar

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadros	Cuadrado medio	F. calculada	F. tablas
Tratamiento	$t - 1$	$SCT = \frac{\sum_{j=1}^t T_j^2}{r} - C$	$CMT = \frac{SCT}{t - 1}$	$\frac{CMT}{CME}$	Este valor se obtiene de tablas, utilizando grados de libertad del tratamiento y del error, así como el nivel de confianza a utilizar.
Bloques	$r - 1$	$SCB = \frac{\sum_{i=1}^r B_i^2}{t} - C$	$CMB = \frac{SCB}{r - 1}$	$\frac{CMB}{CME}$	
Error Experimental	$(t-1)(r-1)$	$SCE = S_{Ctotal} - SCB - SCT$	$CME = \frac{SCE}{(r - 1)(t - 1)}$		
Total	$(t r - 1)$	$S_{Ctotal} = \sum y^2 - C$			

Nota: Diseño adaptado de Gutierrez, 2015

6. RESULTADOS Y ANÁLISIS

6.1 CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS DE AGUACATE POR MEDIO DE CROMATOGRAFÍA A ESCALA LABORATORIO

6.1.1 Visita a la finca

Se realizó una visita a la finca, donde se identificaron mediante la observación y análisis, el estado actual de conservación de la zona.

Se realizó la caracterización inicial de la finca; para ello se determinaron el tipo de paisaje circundante, el área total, la distribución y el uso de las parcelas en explotación, las instalaciones no productivas, las especies arbustivas presentes, las especies usadas en cercas vivas, así como, las fuentes de agua, entre otros datos de interés. A continuación, se presenta la tabla de coberturas. Para la elaboración de la tabla se usó la ayuda del propietario de la finca.

Tabla 4

Coberturas de la finca la bendición de Dios.

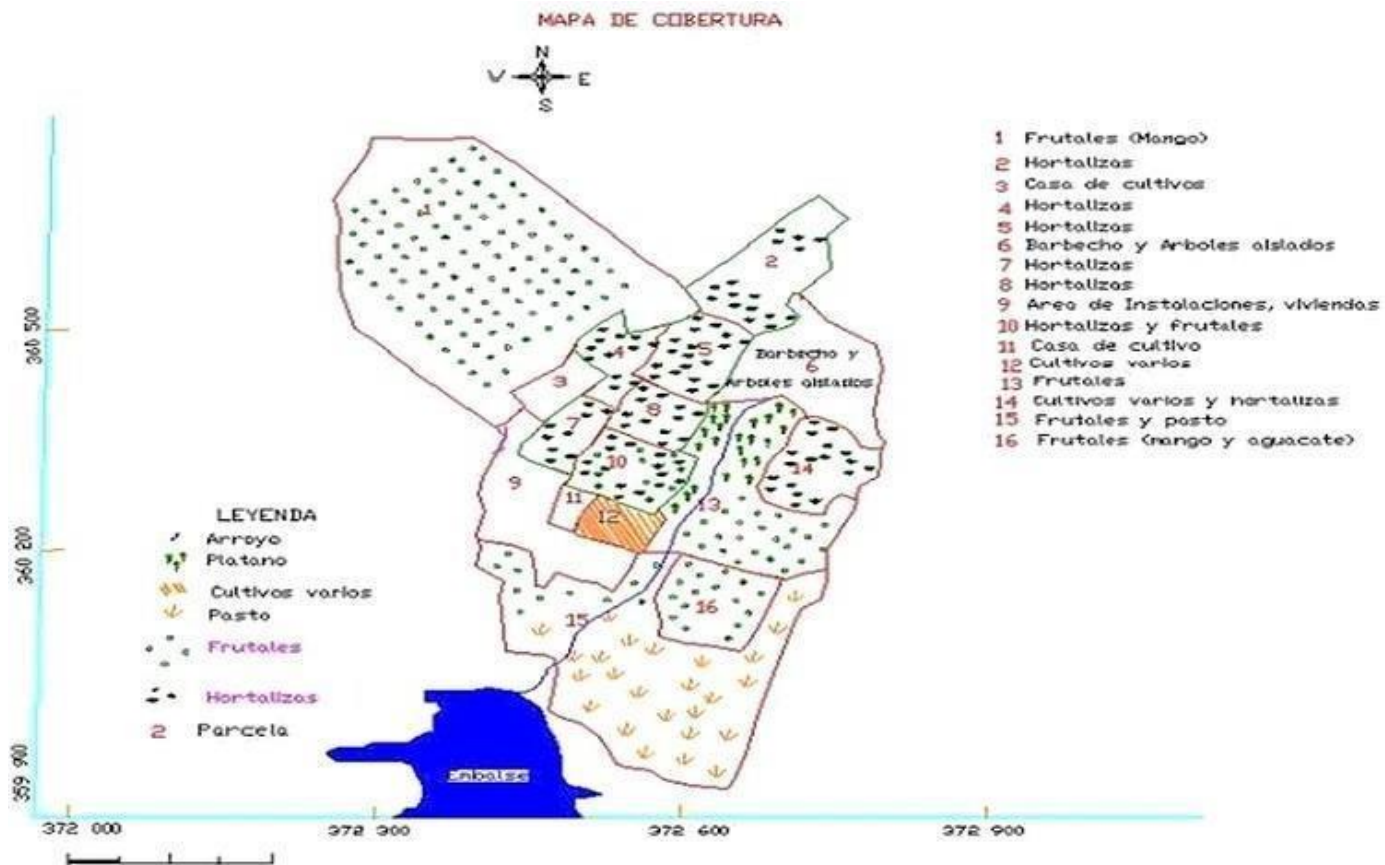
Cobertura	Área (Ha)
Frutales	0,7
Hortalizas	1,2
Arboles aislados y barbecho	7,3
Pastos	9,0
Cultivos varios	9,2
Total	27,5

Nota: Elaborado por el autor, 2024

Se obtuvo el mapa de la distribución de las parcelas y su superficie; el área total de la finca es de 27,5 ha, distribuidas en 16 parcelas de tamaño variable (0,4 ha y 2,7 ha), que se consideraron consideradas a partir de los linderos marcados y el orden en que se recorrieron. Para el mapa se usó un mapa temático.

Figura 7

Mapa de coberturas



Nota: Elaborado por el autor, 2024

Según el mapa de cobertura de la tierra, se aprecia que, aproximadamente, 34 % de las tierras están destinadas a frutales, pastos y barbecho, las cuales representan un área de la finca de aproximadamente 19 hectáreas; el 45 % de las tierras está destinado a la producción de hortalizas y cultivos varios, como son plátano (*Musa spp.*), yuca (*Manihot esculanta* Crantz), maíz (*Zea mays* L.), papa, yuca y guayaba (siete parcelas) y el 20 % está ocupada por instalaciones: la casa de vivienda, casas de cultivos y almacén.

Se pudo constatar que la finca “la bendición de Dios” colinda, mayormente, con otras fincas de productores privados, donde crecen diferentes cultivos; así como una planta de asfalto que limita, en su mayor extensión, con un área de frutales y barbecho de la finca en estudio. La presencia de instalaciones constructivas dentro del predio, la cercanía de una comunidad de viviendas y las carreteras aledañas, constituyen elementos de fragmentación del entorno agrícola, un escenario muy común en las fincas clasificadas como suburbanas (Hernández, 2020).

Los recursos hídricos de la finca se clasificaron como ríos de segundo orden; los mismos constan de un riachuelo y un espejo de agua, que se utilizan en el riego de los cultivos.

El área de pastos está constituida, principalmente, por gramíneas como pasto estrella (*Cynodon nlemfluensis* Vanderyst) y yerba guinea (*Megathyrus maximus* (Jacq.) B.K.Simon y S.W.L. Jacobs), que pudieran ser empleadas como alimento para los animales; también plantas del género *Mimosa* L. y malezas como el marabú (*Dichrostachys cinerea* ((L.) Wight y Arn.)

Para el caso de las principales actividades que desencadenan impactos ambientales, se presentan a continuación:

Tabla 5

Aspectos ambientales

Aspecto ambiental	Observaciones
-------------------	---------------

Generación de residuos sólidos	Son producidos a causa de actividades propias de la finca, como la producción de alimentos, restos de podas, entre otros.
Uso y consumo de agua	El consumo de agua se da como consecuencia de actividades propias de la finca, como riego, consumo y limpieza.
Generación y vertimiento de aguas residuales	Las actividades propias de aseos y sanitarios causan el vertimiento de aguas residuales al suelo y al río.
Emisión de partículas y G.E.I	Las actividades como remoción de tierra causan el movimiento de esta, generando partículas en el aire. Por otra parte, los procesos de combustión de actividades de cocina generan emisiones de partículas. Otro factor es a causa del transporte de vehículos, como consecuencia del combustible que utilizan.

Nota: Tabla elaborada por el autor, 2024

A partir de estas, se realizó la identificación y valoración de impactos ambientales.

Tabla 6

Identificación y valoración de impactos ambientales

Impacto	NAT	IN	EX	MO	PE	RV	SI	AC	EF	PR	MC	Import	Impacto
Contaminación de fuentes hídricas por vertimientos de aguas residuales	-	4	2	2	2	2	1	4	1	2	2	32	Moderado

Contaminación del suelo por vertimientos de aguas residuales	-	4	2	2	2	2	1	4	1	2	2	32	Moderado
Contaminación del suelo por inadecuada disposición de residuos sólidos	-	2	1	4	2	2	1	4	1	2	2	26	Moderado
Alteración de la calidad del aire	-	2	2	2	2	2	1	1	1	2	2	23	Irrelevante
Generación de malos olores, y vectores	-	2	1	4	2	2	1	4	1	2	2	26	Moderado
Enfermedades cardiovasculares y respiratorias por GEI	-	2	1	4	2	2	1	1	1	2	1	22	Irrelevante
Costos elevados por consumo de energía eléctrica	-	2	1	4	2	2	1	4	1	2	2	26	Moderado
Remoción de cobertura vegetal por cultivos agrícolas	-	8	4	4	2	4	1	1	2	2	4	56	Severo

Nota: Tabla elaborada por el autor, 2024

Una vez realizada la evaluación de impactos ambientales por la matriz CONESA se logra evidenciar que se generan 5 impactos ambientales moderados, entre estos: Costos elevados por consumo de energía eléctrica, generación de malos olores, y vectores, contaminación de fuentes hídricas por vertimientos de aguas residuales, contaminación del suelo por vertimientos de aguas residuales, contaminación del suelo por residuos sólidos.

Finalmente, se desarrolló una matriz DOFA adicional para un mejor diagnóstico inicial.

Tabla 7
Matriz DOFA

Debilidades	Oportunidades
<ul style="list-style-type: none"> • Falta de supervisión por parte de las autoridades competentes • No realizan jornadas de siembra de especies de árboles propios • No realizan charla de cuidado del medio ambiente 	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar jornadas de conciencia ambiental • Cambios de actividades convencionales a sostenibles • Uso de fertilizantes naturales en cultivos de gran extensión • Jornadas de siembra de árboles y especies amenazadas
Fortalezas	Amenazas
<ul style="list-style-type: none"> • Se evidencian canecas para la recolección de residuos sólidos • Áreas de baja intervención humana 	<ul style="list-style-type: none"> • Especies de fauna y flora en peligro de extinción • Actividades turísticas sin conciencia ambiental • Cultivos agrícolas de gran extensión

Nota: Tabla elaborada por el autor, 2024

6.1.2 Identificar el principio activo o enzimas que actúan como inhibidores

Se realizó una revisión bibliográfica en páginas web oficiales, artículos científicos, libros, entre otros, con la finalidad de identificar las principales características y principios activos de los residuos de aguacate que permiten la inhibición de las plagas de los cultivos y se realizó su descripción. Se realizó el análisis de los siguientes documentos:

- Efecto larvicida de extractos metanólicos obtenidos de semillas y hojas de *Persea americana* (Laurales: Lauraceae) (aguacate) sobre *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). BOLETÍN DE MALARIOLOGÍA Y SALUD AMBIENTAL, 2018.
- Barrenador pequeño del hueso del aguacate *Conotrachelus aguacatae* (Barber) y *Conotrachelus perseae* (Barber) (Coleoptera: Curculionidae) Laboratorio de Entomología y Acarología-DGSV-CNRF, 2020.
- EFECTO LARVICIDA DEL EXTRACTO DE HUESO DE PERSEA AMERICAN VAR. HASS, EN AEDES AEGYPTI (L.) Julia Verdes Star, 2017.

De lo anterior, se logró deducir lo siguiente:

La semilla de aguacate ha demostrado ser un poderoso repelente de plagas, específicamente, para las moscas minadoras en las etapas de cultivo primarias (semilleros y primeras hojas).

Las plagas que controlan el bioinsecticida son las siguientes: mosca minadora (*Liryomiza huidobrensis*) en los primeros estados de cultivo de hortalizas, en especial durante la germinación, repele adultos de mosca evitando la ovoposición; Pulgones. (Aphididae); algunas larvas de polillas o mariposas (siempre y cuando éstas se encuentren en estados jóvenes, es decir, recién hayan eclosionado de los huevos).

Así mismo, verdes, et. Al, (2017), realizaron pruebas químicas al extracto metanólico de hueso de *P. americana* var. Hass, para detectar grupos funcionales y metabolitos secundarios que le daban propiedades para repeler plagas. La tabla anterior son los resultados obtenidos de su investigación (Verdes, et. Al, 2017).

Tabla 8
Resultados de pruebas químicas

Grupos funcionales y Metabolitos secundario	Pruebas químicas	Resultados
Insaturaciones	Br/CCl4-KmnO4	+
Oxhidrilos fenólicos	FeCl3	+
Esteroles y triterpenos	Lieberman-Burchard	+
Cumarinas	NaOH 10%	-
Sesquiterpenlactonas	Baljet	+
Flavonoides	Shinoda	-
Alcaloides	Dragendorff	-

Nota: Tomado de la investigación de Verdes, et. Al (2017).

Las pruebas químicas resultaron positivas para esteroles, triterpenos, sesquiterpenlactonas y oxhidrilos fenólicos.

El hueso o semilla de aguacate contiene una elevada cantidad de taninos, es decir, sustancias naturales que sirven como protección contra el ataque de patógenos, como hongos, bacterias y virus. Estos componentes son tóxicos y de sabor amargo y desagradable para muchos insectos, animales e incluso para los humanos. Si es aplicado sobre la vegetación del hogar, se conseguirá repeler a las plagas (Verdes, et. Al, 2017).

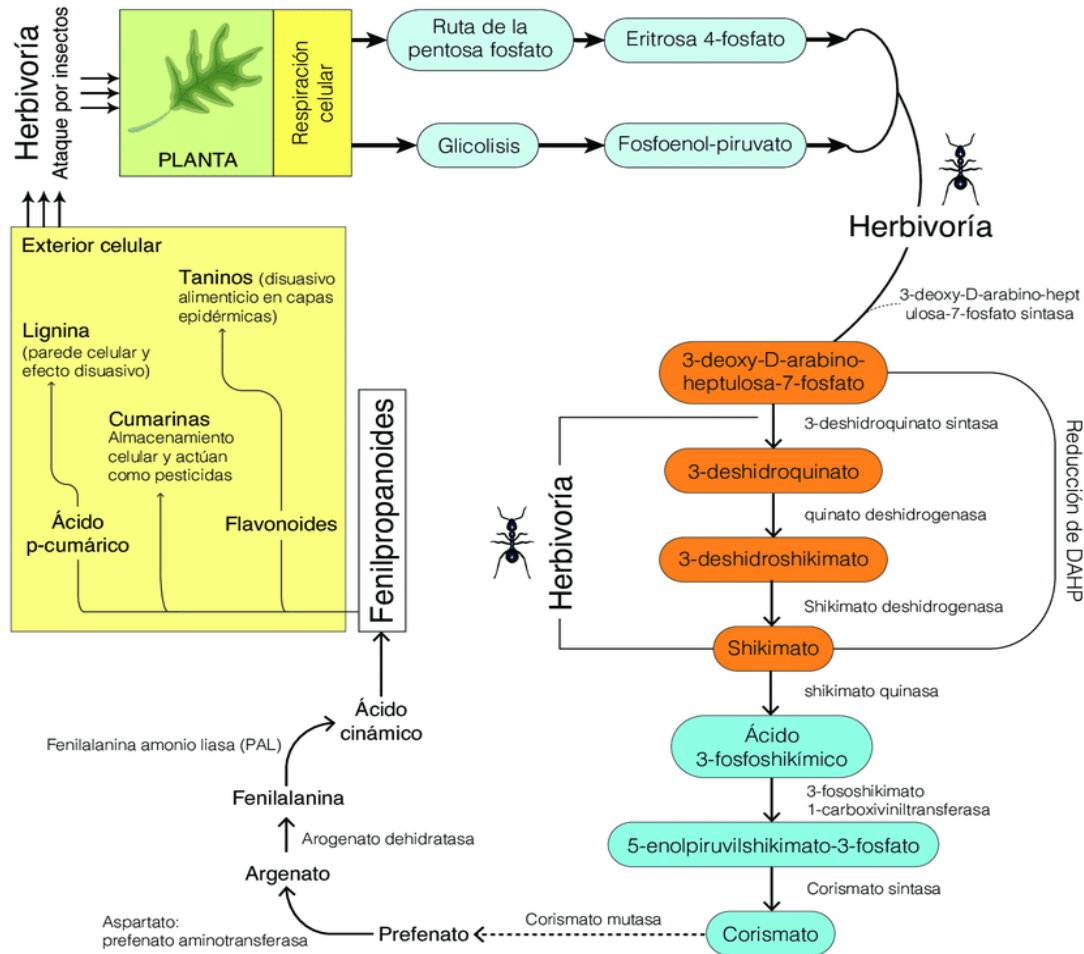
Por otra parte, Los taninos, compuestos presentes en diferentes plantas, son moléculas complejas conformadas por alrededor de 12 a 16 grupos fenólicos, lo cual les otorga gran capacidad de interaccionar con otras moléculas de interés biológico (Hassanpour et al., 2011). Los taninos, y en particular los elagitaninos, son inhibidores endógenos del crecimiento de numerosas especies de insectos infecciosos, actuando como sustancia antibiótica o como disuasor antinutricional en relación con insectos y áfidos.

Los taninos son antibióticos potentes que pueden defender a los tejidos vegetales de la putrefacción de origen fúngica gracias a su actividad inhibitoria de las enzimas hidrolíticas (celulasa, pectinasa, xilanasa) utilizados por los patógenos para penetrar en las células vegetales; a su acción sobre las membranas celulares del patógeno (inhibición de la fosforilación oxidativa) y por último gracias a su actividad antioxidante, debida a su capacidad de actuar tanto de sustrato oxidable como de scavenger de radicales libres, para proteger de la oxidación otros constituyentes celulares (Hassanpour et al., 2011).

Figura 8

Mecanismo de acción de los taninos al ataque de plagas






Nota: Biosíntesis, liberación y almacenamiento de compuestos fenólicos de defensa en plantas contra el ataque de insectos herbívoros. Tomada de Rehman et al., 2012

6.1.3 Elaboración del cromatógrafo para los residuos de aguacate

Para la elaboración del cromatógrafo a escala laboratorio se utilizó la investigación de Vásquez (2021), quien elaboró este equipo para residuos en estado sólido. Para elaborar una cromatografía de sólidos, primeramente, se preparó las muestras (muestra molturada mezclada con sosa) que se dejaron reposar durante varias horas. La tabla a continuación permite conocer el paso a paso para la elaboración del cromatógrafo.

Tabla 9

Preparación del cromatógrafo de residuos de aguacate

Paso	Descripción	Fotografía
Ralladura de la semilla de aguacate	Para este paso, se realizó la trituration de las semillas de aguacate por medio de un rallador. Los residuos se trituraron hasta que quedó casi en harina	

**Preparación
del hidróxido
de sodio**

Se preparó el hidróxido de sodio al 0,1%, es decir, 0,1 gramos de NaOH sólido / 100 mL de agua desionizada.



**Preparación de
la muestra**

Se pesaron 2,5 gramos de muestra molturada y se añadieron a los Erlenmeyer. Seguidamente se añadió la sosa (hidróxido de sodio preparado anteriormente) en el Erlenmeyer y se agitó de 2 minutos para homogeneizar la mezcla. Se dejó reposar durante 7 horas.



**Reposo
adicional de
muestras**

Posteriormente a este tiempo, ya se pudo correr el cromatograma impregnándolo con la muestra, pero se recomienda un reposo de 12 a 24 horas, con los Erlenmeyer tapados, para que se decanten y se depositen las partículas más grandes.



**Preparación
del filtro**

Se hizo un agujero en el centro del filtro con un sacabocados de 2 mm, y se marcaron unos pequeños agujeritos con un clavo a 4 cm y a 6 cm del centro del filtro.



**Preparación
del palibo**

Con un lápiz se dibujaron cuadrados de 2x2 cm. Se usaron 2 palibos por cada muestra, uno para impregnar primero el nitrato de plata, y el segundo para impregnar el filtro con la muestra.

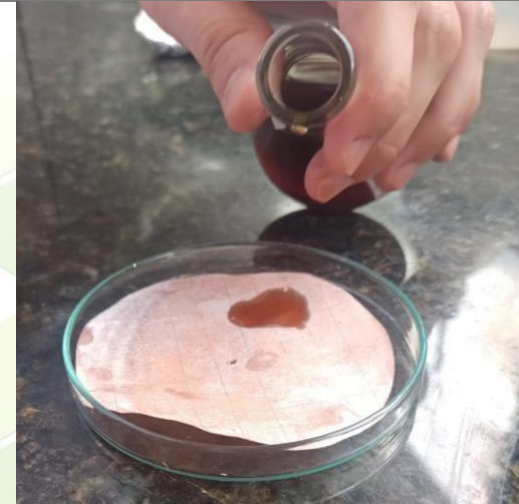
Preparación del nitrato de plata

se preparó el nitrato de plata al 0,5%, es decir 0,5 gramos de nitrato de plata sólido / 100 mL de agua desionizada o destilada, y disolverlo. Se Guardó en un bote de cristal envuelto en papel de aluminio para que la luz no pudiera acceder, y se introdujo en algún lugar oscuro.



Sensibilización del filtro

Se puso un poquito de AgNO_3 en una placa de Petri pequeña, y se impregnó un filtro a través de un palillo hasta la marca de 4 cm. Posteriormente, se sacó el palillo con unas pinzas y fue desechado, se puso el filtro impregnado en una caja oscura, que quede libre de luz. Se puso el filtro entre papel de vater hasta que se secase por 2 horas.



**Corrido
del
croma**

Una vez concluido el reposo de las muestras, con una jeringuilla se tomó un poco de muestra del líquido sobrenadante (3 mL) y se puso en una pequeña placa Petri, se insertó un palillo en el filtro donde se impregnó la muestra hasta la marca de los 6 cm.

se levantó cuidadosamente el filtro impregnado cogiéndolo por la zona donde está seco, para no manipular los resultados con las sustancias de nuestros dedos.

Seguidamente se colgó el croma en el borde de una mesa con un trocito de celo y se dejó secar durante 6 días.



Nota: Proceso elaborado por el autor, 2024

La cromatografía es un método físico de separación en que los componentes individuales de una mezcla que se distribuye en fase líquida (fase estacionaria) Los componentes individuales de la muestra son separados entre sí. La cromatografía de por presentar una buena sensibilidad y obtener una buena separación, se emplea en el análisis de mezclas complejas como lo son los componentes tipo esterol en muestras vegetales y animales.

Las fracciones obtenidas a partir de la extracción en fase sólida por el método anteriormente descrito en la tabla 9, se evaluaron por cromatografía en capa delgada (CCD), mediante el uso de cromatofolios de CCD o papel filtro como fase estacionaria. Con esta técnica se realizó la caracterización preliminar para la obtención y separación de los componentes más importantes de la semilla del aguacate. A continuación, se permite conocer los principales resultados obtenidos de la cromatografía.

Para el caso del aceite obtenido este presentó un color café oscuro, lo que según (Gonzalez, et. Al, 2023), en su investigación menciona que este color permite deducir que la materia insaponificable obtenida del aceite de semillas puede contener un 60% de estigmasterol, el cual es uno de un grupo de esteroides vegetales, o fitosteroides, que incluyen β -sitosterol, campesterol, ergosterol, brassicasterol, delta-7-estigmasterol y presentes en semillas vegetales.

Por otra parte, según los resultados obtenidos de Fernandez, (2018), establece que el aceite de tonalidades cafés de aguacate, deduce que sus compuestos se encuentran en una rango de (0,0488 y 0,4696) ppm; y los límites de cuantificación (LC) entre (0,1094 y 0,6586) ppm, estos valores son buenos, ya que los esteroides vegetales constituyen la mayor porción de la materia insaponificable de los aceites vegetales (Abidi, 2021), por tanto el método tiene la capacidad de detectar y cuantificar fitoesteroides a muy bajas concentraciones en matrices oleosas, entre estas se destacan compuestos del aceite de aguacate como colestano, colestanol, ergosterol y estigmasterol.

Dado lo anterior se deduce que el aceite de las semillas de aguacate demostró un buen contenido de fitoesteroides, lo que haría que este aceite puede tener un uso potencial en la industria y agricultura haciendo parte de formulaciones para posibles fertilizantes.

6.2 ESTABLECIMIENTO DE LA DOSIS ÓPTIMA DE BIOINSECTICIDA A PARTIR DE LOS RESIDUOS DE AGUACATE PARA EL CONTROL DE PLAGAS DE LA FINCA “LA BENDICIÓN DE DIOS”, MUNICIPIO NUEVA GRANADA, MAGDALENA.

6.2.1 Recolección de residuos de aguacate

Para esta actividad, se recolectaron los residuos de aguacate de los restaurantes de la ciudad de Valledupar barrio centro, durante 1 mes. La frecuencia de recolección fue semanal garantizando que estos pudieran ser reunidos por los dueños de los restaurantes con esta finalidad. La recolección se hizo manual y se almacenaron en sacos semanales, se transportarán mediante motos para facilitar su movimiento.

Tabla 10

Recolección semanal de aguacate

Semana	Fecha	Cantidad (kg)
Semana 1	12 de febrero al 16 de febrero	4,32
Semana 2	19 de febrero al 23 de febrero	3,98
Semana 3	26 de febrero al 1 de marzo	3,76
Semana 4	4 de marzo al 8 de marzo	9,81
Total		21,87

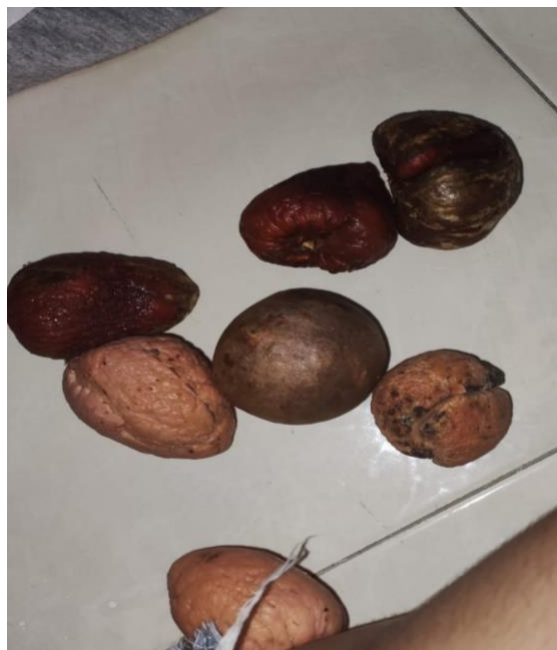
Nota: Elaborado por el autor, 2024

Como se evidencia, se realizó una recopilación de 21,87 kg de residuos de aguacate en tres restaurantes de la ciudad de Valledupar, barrio centro.

Una vez recogidos, se realizó la caracterización de este residuo, su limpieza y su clasificación según las condiciones más adecuadas para la preparación del bioinsecticida.

Figura 9

Limpieza y lavado de residuos de aguacate



Nota: fotografía tomada por el autor, 2024

6.2.2 Establecimiento de dosis de concentración del bioinsecticida a aplicar

Se realizó la preparación de tres soluciones al 1%, 3% y 5% de la dilución del bioinsecticida realizado, y una en blanco, la cual fue aplicada a el cultivo objeto.

Tratamiento en blanco: Sin bioinsecticida orgánico

Tratamiento 1: 1% de bioinsecticida preparado

Tratamiento 2: 3% de bioinsecticida preparado

Tratamiento 3: 5% de bioinsecticida preparado

La tabla a continuación permite conocer a detalle la preparación de las dosis.

Tabla 11

Tratamientos y dosis de concentración

Tratamiento	Solución diluida	Gr de aguacate	Concentración del bioinsecticida preparado	Tiempo de aplicación
1	100ml	40	1%	30 días

2	100ml	50	3%
3	100ml	80	5%
En blanco	100ml	0	Sin bioinsecticida

Nota: Tabla elaborada por el autor, 2024

Para la determinación de la dosis optima se usó el diseño experimental y se analizaron las variables según la eliminación de plagas más efectiva que se haya evidenciado a las distintas concentraciones.

6.2.3 Preparación del bioinsecticida a base de los residuos de aguacate

Se siguió el procedimiento de preparación validado por la Universidad Agraria La Molina en parcelas de ensayo de la Universidad, Departamento de Lima, Perú.

Se preparó 1 litro de bioinsecticida para abastecer las demandas establecidas en cada tratamiento, se tuvo en cuenta que 2 pepas de aguacate (*Persea americana*) aproximadamente 80 gramos. La tabla a continuación permite conocer la preparación y las características usadas.

Tabla 12

Preparación del bioinsecticida

Tratamiento	Solución diluida	Gr de aguacate	Concentración del bioinsecticida preparado	Agua hirviendo
1	100ml	40	1%	1.000ml
2	100ml	50	3%	1.250 ml
3	100ml	80	5%	2.000 ml
En blanco	100ml	0	Sin bioinsecticida	1.000 ml

Nota: Elaborado por el autor, 2024

Finalmente, la preparación general fue:

1. Se rallaron finamente 2 pepas de palta o aguacate y sus cascarras (según la cantidad de gramos teniendo en cuenta la relación)

2. se remojó el rallado de aguacate durante toda la noche en la cantidad correspondiente de agua hirviendo.
3. Se obtuvo el extracto líquido mediante un colador.
4. se diluyó en 100 ml como recomendación de la guía.

Figura 10

Preparación de los bioinsecticidas



Nota: fotografías tomadas por el autor, 2024

6.3 DETERMINACIÓN DE LA EFECTIVIDAD DEL BIOINSECTICIDA A PARTIR DE LOS RESIDUOS DE AGUACATE APLICADO A ESCALA LABORATORIO.

6.3.1 Experimento a escala laboratorio

Se realizó un pequeño aislamiento a escala laboratorio de los cultivos a aplicar, en el cual, se aplicaron los diferentes tratamientos realizados a fin de realizar un seguimiento y monitoreo de las características de estos, principalmente, el crecimiento de las plagas, o su decadencia; así mismo, se analizó el color de las hojas y tallo, entre otros aspectos físicos.

Las plagas a utilizar para el cultivo de guayaba correspondieron a la mosca de la fruta (*Anastrepha striata*), y para la planta de cayena gorgojo del fruto, (*Agrotis sp.*, *Prodenia sp.*), ya que estas afectan principalmente los cultivos según la guía agronomica de cultivos de la Gobernación del Valle (2019).

Figura 11

Aislamiento de cultivo de guayaba y visualización de plagas



*Nota: La imagen permite conocer las hojas de la guayaba afectadas por la plaga de la mosca de la fruta o mosca blanca (*Anastrepha striata*)*

Anastrepha es el género que posee el mayor número de plagas cuarentenarias para frutales. Se han determinado unas 200 especies, de las cuales cuatro se consideran de importancia económica. *Anastrepha striata*, por ejemplo, causa pérdidas apreciables en todas las variedades de guayaba que se siembran en Colombia. Las moscas de las frutas son insectos carpóvoros que se alimentan de los frutos; las larvas, de la pulpa. Esto favorece la oxidación, la maduración prematura y la pudrición del fruto e impide su comercialización (ICA-Manejo fitosanitario del cultivo de guayaba (*Psidium guajava*, L.), 2019).

La mosca tiene cuatro estadios: huevo, larva, pupa y adulto. La hembra posee un ovopositor del que se vale para depositar los huevos en el fruto. El huevo y la larva se

desarrollan en el fruto, el estado de pupa se desarrolla en el suelo y de allí emerge el adulto que vuela libremente, especialmente después de periodos secos (Insuasty, et al, 2007).

Para su control con bioinsecticidas, si el ataque es muy severo, se realiza una aspersión a todos los árboles con la mezcla antes relacionada (Aluja, 1994; Gonzáles et al., 1997; ICA, 2011; Insuasty et al. 2005; Insuasty et al., 2007; Marín, 2002; Matheus, 2005; Núñez, 2000; Núñez et al., 2004). Dependiendo de los niveles de infestación, se pueden dejar uno o dos árboles sin tratamiento por hectárea o lote para atraer la plaga, luego se cosechan los frutos y se entierran, esto ayuda a bajar la población.

Figura 12

Aislamiento de cultivo de cayena y visualización de plagas



Nota: La imagen permite conocer las hojas de la cayena afectadas por la plaga del gorgojo de fruto (Carpophilus spp.)

El ataque de gorgojos es una de las principales causas de deterioro y pérdida durante el almacenamiento de frutos secos. Las larvas miden 6 mm de largo, son blancas amarillentas, con la cabeza y el extremo del abdomen pardo, escasa pilosidad y abdomen con dos gruesos tubérculos terminales. Los adultos miden de 3 a 4 mm de largo (Fichas técnicas de plagas y enfermedades de cultivos intensivos: frutales de

carozo, vid y nogal; 2022). El gorgojo se encarga de alimentarse del fruto y comerse las hojas de las plantas que ataca.

6.3.1.1 Aplicación del bioinsecticida

Finalmente, se realizó la aplicación del bioinsecticida en sus diferentes concentraciones a cada una de las plantas de guayaba y cayena. La tabla a continuación permite conocer los detalles de la aplicación

Tabla 13

Descripción de la aplicación del bioinsecticida

Tratamiento	Solución diluida	Gr de aguacate	Concentración del bioinsecticida preparado
G1	100ml	40	1%
G2	100ml	50	3%
G3	100ml	80	5%
G4 (En blanco)	100ml	0	Sin bioinsecticida
C1	100ml	40	1%
C2	100ml	50	3%
C3	100ml	80	5%
C4 (En blanco)	100ml	0	Sin bioinsecticida

Nota: La tabla permite conocer la aplicación para cada tratamiento. G significa cultivo de guayaba y C significa cultivo de cayena.

6.3.2 Seguimiento y análisis del crecimiento de plagas

Para realizar el seguimiento, inicialmente se estableció un seguimiento de manera semanal, sin embargo, al realizar la práctica, en el primer momento, se evidenció que las plagas empezaron a morir después de las 12 horas, por esta razón, se realizó adicionalmente una revisión documental sobre los posibles tiempos de exposición y aplicación del bioinsecticida.

Se tomó como base la investigación de Verdes, et. Al (2017), titulada: efecto larvicida del extracto de hueso de *Persea americana* Varhass, en *Aedes Aegypti* (L.), quien registró el número de larvas muertas tratadas a las 18 y 24 h, por ende, se estableció el mismo lapso para el conteo de las plagas.

La tabla a continuación permite conocer el conteo de larvas inicialmente, en tiempos de 12horas, 24 horas, 36 horas, 48 horas, así como el conteo de larvas muertas al paso de este mismo tiempo. Finalmente, se menciona el porcentaje de mortalidad. La tabla, además, refleja los resultados de las diferentes dosis empleadas.

La aplicación del bioinsecticida se realizó el día 14 de mayo y finalizó el conteo el día 16 de mayo de 2024. La hora cero corresponde a la hora de aplicación y el conteo del momento de plagas, el cual correspondió a un horario de 6am; 12h correspondió a las 12 horas siguientes, es decir 6pm; 36horas: 6am del siguiente día y finalmente 48horas: 6pm del día final. Los resultados se presentan en la tabla a continuación:



Tabla 14

Seguimiento y análisis del crecimiento de plagas

Tratamiento	Larvas contadas	Larvas muertas					Total larvas muertas	% de mortalidad				
	0h	0h	12h	24h	36h	48h		0h	12h	24h	36h	48h
G1	37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
G2	37	0	0	0	5	7	12	0	0	0	13	19
G3	37	0	0	4	7	11	22	0	0	11	19	30
G4	37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C2	3	0	0	0	1	1	2	0	0	0	33	33
C3	3	0	0	1	1	1	3	0	0	33	33	33
C4	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Nota: La tabla presenta los resultados del conteo de larvas.

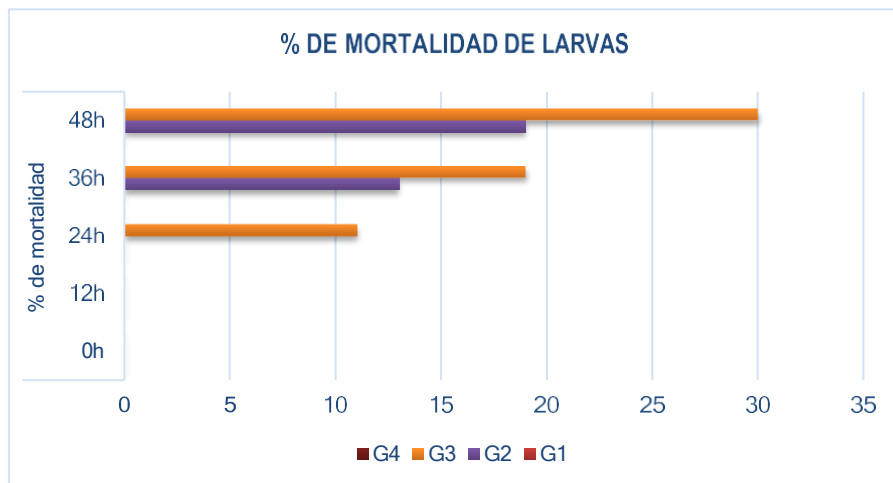
G1: Cultivo guayaba 1%; G2: Cultivo guayaba 3%; G3: Cultivo guayaba 5%; G4: Cultivo guayaba blanco

C1: Cultivo de cayena 1%; C2: Cultivo de cayena 3%; C3: Cultivo de cayena 5%; C4: Cultivo de cayena blanco

Conforme a los resultados anterior se puede establecer que, en el caso del cultivo de guayaba, la planta aislada tenía un conteo de 37 plagas y larvas de mosca de fruta, al aplicarse el bioinsecticida en la hora cero. Para el caso del tratamiento 1, el cual corresponde a la concentración del 1%, y la muestra en blanco, finalizadas las 48 horas no logró eliminar ninguna de estas, por lo que se concluye que a esta concentración no se hace eficiente el bioinsecticida. Para el tratamiento 2 (concentración al 3%), las primeras 24 horas no se eliminó ninguna larva, al cabo de las primeras 36 horas se presentó la muerte de 5 larvas y a las 48 horas de 7 larvas, finalizando con un total de 12 larvas y para el tratamiento 3 (concentración al 5%), las primeras 12 horas no murió ninguna larva, a las 24 horas hubo una muerte de 4 larvas, seguidamente de 7 y para las 48 horas de 11 larvas.

Figura 13

Porcentaje de muerte de larvas cultivo de guayaba



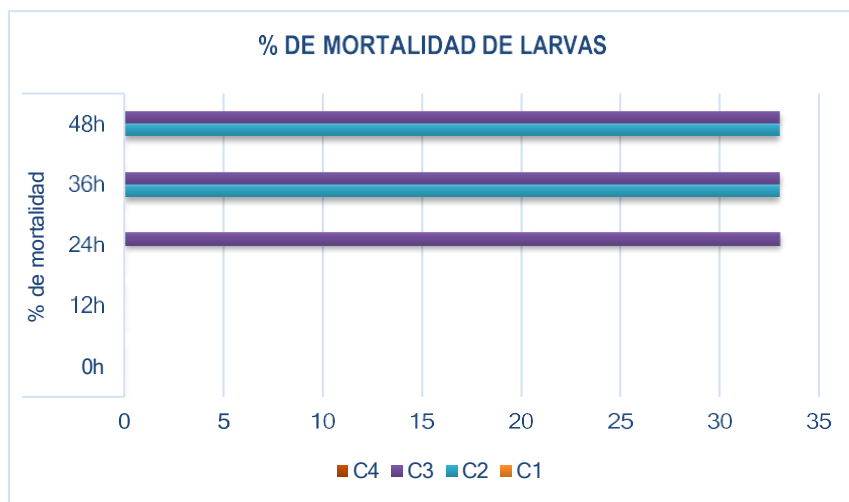
Nota: Gráfica elaborada por el autor, 2024

Para el caso de los porcentajes de mortalidad de las larvas, el tratamiento 3 logró 11%, 19% y 30% a las 24, 36 y 48 horas respectivamente, presentando de los cuatro tratamientos el de mayor grado de mortalidad en comparación con las demás concentraciones empleadas.

En el caso del cultivo de cayena, la planta aislada tenía un conteo solo de 3 plagas de gorgojo, al aplicarse el bioinsecticida en la hora cero. Para el caso del tratamiento 1, el cual corresponde a la concentración del 1%, y la muestra en blanco, finalizadas las 48 horas no logró eliminar ninguna de estas, por lo que se concluye que a esta concentración no se hace eficiente el bioinsecticida. Para el tratamiento 2 (concentración al 3%), las primeras 24 horas no se eliminó ninguna larva, al cabo de las primeras 36 horas se presentó la muerte de 1 larva y a las 48 horas de 1 larva, finalizando con un total de 2 larvas y para el tratamiento 3 (concentración al 5%), las primeras 12 horas no murió ninguna larva, a las 24 horas hubo una muerte de 1 larva, seguidamente de 1 y para las 48 horas de 1 larva, finalizando con un total de 3 larvas.

Figura 14

Porcentaje de muerte de larvas cultivo de Cayena



Nota: Gráfica elaborada por el autor, 2024

Para el caso de los porcentajes de mortalidad de las larvas, el tratamiento 3 logró 33% a las 24, 36 y 48 horas respectivamente, presentando de los cuatro tratamientos el de mayor grado de mortalidad en comparación con las demás concentraciones empleadas.

Para el caso de los dos cultivos, el bioinsecticida demostró tener un mayor grado de eficiencia en repeler y eliminar insectos en el cultivo de cayena. Los resultados obtenidos poseen relación con la investigación de Verdes, et. Al (2017), quien menciona en los resultados obtenidos, que los efectos de bioinsecticidas pueden tener lugar a las 48 horas de aplicación.

Finalmente, se realizó en paralelo el seguimiento a la apariencia de las hojas durante la hora cero y las 48 horas finales con el objeto de evidenciar si el bioinsecticida influyó en las características físicas o de apariencia de las plantas gracias a sus activos identificados en la cromatografía.

Figura 15

Seguimiento a apariencia de hojas cultivo de guayaba



Nota: La imagen izquierda presenta el estado de las plagas y apariencia en la hora cero de aplicación, la imagen derecha permite conocer el estado a las 48 horas de aplicación.

Una vez finalizada las 48 horas, se evidencia que las larvas de la mosca de fruta (puntos blancos), disminuyeron con relación a la imagen de la derecha, sin embargo, aun se evidencia el daño ocasionado en el fruto y las hojas (puntos negros), sin embargo logró en su mayoría la eliminación de la plaga.

Figura 16

Seguimiento a apariencia de hojas cultivo de cayena



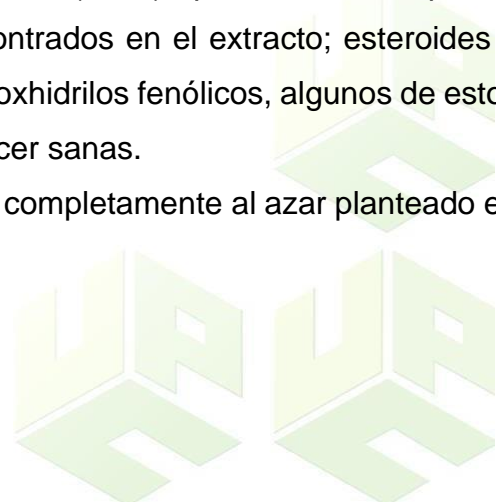
Nota: La imagen izquierda presenta el estado de las plagas y apariencia en la hora cero de aplicación, la imagen derecha permite conocer el estado a las 48 horas de aplicación.

Una vez finalizada las 48 horas, se evidencia que el gorgojo disminuyó con relación a la imagen de la derecha, sin embargo, aún se evidencia el daño ocasionado las hojas ya que, se evidencian opacas y con perforaciones.

Los resultados anteriores con respecto a la apariencia de las hojas pueden atribuirse con relación a la investigación de Verde, et. Al (2023), quien menciona que los grupos funcionales y metabolitos secundarios encontrados en el extracto; esteroides y triterpenos, sesquiterpenlactonas, instauraciones y oxhidrilos fenólicos, algunos de estos en la semilla del agua, les permite a las plantas crecer sanas.

Finalmente se realizó el diseño experimental completamente al azar planteado en la metodología con los datos obtenidos.

Tabla 15



Diseño experimental al azar

Fuente	Suma de cuadrados	GL	Cuadrado medio	F	Valor P
Entre grupos	1527,52	5	305,504	4,69	0,0250
Intra grupos	781,98	12	65,165		
Total	2103,21	17			

Nota: La tabla permite conocer el ANOVA efectuada entre grupos e intragrupo de los tratamientos.

En la tabla, se presenta el análisis de varianza (Anova). Si el valor P es $< 0,05$ el factor analizado influye sobre la variable respuesta objeto de estudio, cuando el valor P es $> 0,05$ el factor no tiene ninguna incidencia.

Tabla 16

Diseño experimental temporada

Fuente	Suma de cuadrados	GL	Cuadrado medio	F	Valor P
Entre Grupos	1639,83	5	327,966	4,93	0,0250
Intra Grupos	796,84	12	66,4033		
Total	2436,67	17			

Nota: La tabla presenta el diseño experimental para los grupos analizados.

El valor P = 0,0250 de la tabla identifica que la dosis de bioinsecticida, incide sobre la eliminación de plagas de los cultivos. Por lo tanto, se podrá emplear indistintamente las dosis de 3% y 5% para obtener la mayor eliminación. Por otra parte, como se observa en la tabla, Los coeficientes de correlación (R²) obtenidos fueron en promedio de 0,9997; indicando una linealidad adecuada y una correlación entre las variables adecuada. La

precisión del método evaluada con el coeficiente de variación (Cv) se encuentra dentro de los valores aceptados (menores al 5%) indicando una buena precisión, reproducibilidad y repetibilidad del bioinsecticida de aguacate sobre los cultivos de cayena y guayaba.



7. CONCLUSIONES

Según el mapa de cobertura de la tierra, se aprecia que, aproximadamente, 34 % de las tierras están destinadas a frutales, pastos y barbecho, las cuales representan un área de la finca de aproximadamente 19 hectáreas; el 45 % de las tierras está destinado a la producción de hortalizas y cultivos varios, como son plátano (*Musa spp.*), yuca (*Manihot esculanta Crantz*), maíz (*Zea mays L.*), papa, yuca y guayaba (siete parcelas) y el 20 % está ocupada por instalaciones. Una vez realizada la evaluación de impactos ambientales por la matriz CONESA se logra evidenciar que se generan 5 impactos ambientales moderados. La cromatografía permitió obtener un aceite color café oscuro, lo que permite deducir que la materia insaponificable obtenida del aceite de semillas puede contener un 60% de estigmasterol, el cual es uno de un grupo de esteroides vegetales, o fitosteroides, que incluyen β -sitosterol, campesterol, ergosterol, brassicasterol, delta-7-estigmasterol y presentes en semillas vegetales.

Se recolectaron los residuos de aguacate de los restaurantes de la ciudad de Valledupar barrio centro, durante 1 mes con una recopilación de 21,87 kg. Se preparó 1 litro de bioinsecticida para abastecer las demandas establecidas en cada tratamiento, se tuvo en cuenta que 2 pepas de aguacate (*Persea americana*) aproximadamente 80 gramos.

Para el caso de los dos cultivos, el bioinsecticida demostró tener un mayor grado de eficiencia en repeler y eliminar insectos en el cultivo de cayena. Los resultados obtenidos demuestran que los efectos de bioinsecticidas pueden tener lugar a las 48 horas de aplicación. Las concentraciones con mejores resultados son las dosis de 3% y 5% para obtener la mayor eliminación. La precisión del método evaluada con el coeficiente de variación (Cv) se encuentra dentro de los valores aceptados (menores al 5%) indicando una buena precisión, reproducibilidad y repetibilidad del bioinsecticida de aguacate sobre los cultivos de cayena y guayaba.

8. RECOMENDACIONES

Se realizan las siguientes recomendaciones:

Evaluar la efectividad del bioinsecticida en diferentes cultivos y condiciones climáticas que permitan garantizar su efectividad y funcionamiento en diferentes zonas climáticas.

Realiza pruebas de toxicidad en diferentes organismos no objetivo para asegurarte de que el bioinsecticida sea seguro para el medio ambiente y no genere daños a otro tipo de insectos no considerados plagas.

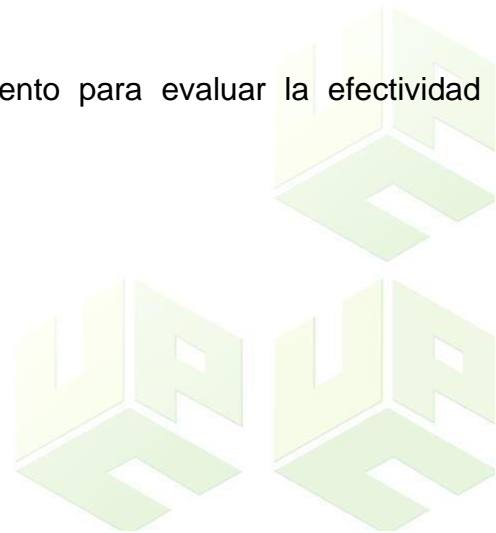
Desarrollar un plan de producción y comercialización para llevar el bioinsecticida al mercado y generar ingresos a partir de productos sostenibles y amigables con el ambiente, así como considerar obtener certificaciones orgánicas o ecológicas para tu producto.

Evaluar en futuras investigaciones la estabilidad y durabilidad del bioinsecticida en diferentes condiciones de almacenamiento y transporte.

Desarrollar un plan de capacitación para los agricultores y usuarios finales sobre el uso seguro y efectivo del bioinsecticida.

Considera realizar estudios de impacto ambiental y social para evaluar los beneficios y riesgos del bioinsecticida.

Desarrolla un plan de monitoreo y seguimiento para evaluar la efectividad y seguridad del bioinsecticida en el largo plazo.



9. BIBLIOGRAFÍA

- Abdo, G. y Riquelme H. (2008). Las aromáticas en la huerta orgánica y su rol en el manejo de los insectos. Instituto Nacional de Tecnologías Agropecuaria. Salta (Argentina)
- Andersen, M., (2003). ¿Qué es la agricultura orgánica?. RUTA/FAO (Eds.), ¿Es la certificación algo para mí? - Una guía práctica sobre por qué, cómo y con quién certificar productos agrícolas para la exportación. San José, Costa Rica.
- Aparicio, V., Belda J.E., Casado, E., García, M., Gómez, V., Lastres, J., Mirasol, Aranceta, J., (2006). Fruta, verduras y salud. Frutas, composición y valor nutricional. MASSON, S.A. Barcelona, España. (pp.2-20).
- Barreto, G., Herrera, J., (1990) Juglans neotropica. INDERENA (Eds), Bogotá.
- BAYER. Emposca kraemeri, Ross and More. Perú. Disponible en: <http://www.bayercropscience.com.pe>
- Bustamante, M., López, J., Melara, W. (1996). Manejo de los plaguicidas botánicos, Zamorano (Eds.) Dosificación. Tegucigalpa, Honduras.
- Camps, F., (1988) Relaciones planta-insecto. Insecticidas de origen vegetal. Insecticidas bioracionales. (pp. 69), Belles, X. (Eds.). Colección Nuevas Tendencias No. 9. Madrid.
- Cardona, C., Rodríguez I., Bueno J., Tapia X., (2005). Biología y manejo de la mosca blanca en habichuela y fréjol. Ministerio de Agricultura y desarrollo rural. Biología de la mosca blanca. Colombia.
- Cegarra, J., Sánchez, M.A., Roig, A. y Bernal, m.p. (1994). International Society of Soil Science. Sequential extraction of heavy metals from composting organic wastes. Ediciones: Etchevers, J.D., México. (pp. 158-159).
- Centro Internacional de Agricultura Tropical. (1985). Descripción y daños de las plagas que atacan al fréjol. Cali, Colombia. (pp. 89)
- E., Roldan, E., Sáez, E., Sánchez, A., Torres, M., (1998). Plagas y enfermedades en cultivos hortícolas de la provincia de Almería: control racional. Pulgón.

- FAO (2002) Manual práctico de manejo de plagas y enfermedades en cultivos hidropónicos en invernaderos. www.rlc.fao.org/es/agricultura/aup/pdf/mip
- García F., Amaya M., Jiménez J., (2000) Guía de insumos biológicos para el manejo integrado de plagas, Corporación para el Desarrollo de Insumos y Servicios Agroecológicos Harmonía. Control biológico (pp.15-49), Colombia.
- George, W., Whitacre, D., (2004). The pesticides book. (6ta. Ed.), Maister publication.
- Gergensen, P. M., Yáñez, L., (1999) Catálogo de Plantas Vasculares.
- Grosse, R. y otros, (2000) Extracción del Aceite esencial de Naranja Cajera citrus, Acta Científica Venezolana, 51, (2 – 200). Caracas.
- Huerta Amanda, Chiffelle, Italo. Propiedades insecticidas del árbol del Paraíso (Melia Azederach). Cap. 5. En Revista de Extensión Ambiente Forestal. N° 3 Fac. Cs. Forestales, U. de Chile. www.forestal.uchile.cl/ambiente_forestal/ambiente...3/cap5.pdf
- López J. A., (2009) plantas alexitéricas: antídotos vegetales contra las picaduras de serpientes venenosas. Química de las plantas alexitéricas. (pp. 6) Medicina natural, Vol. 3. UNAN. Managua, Nicaragua.
- Riquelme, Hugo (2002). Manejo ecológico de plagas de la huerta. Cartilla N° 10 Proyecto Integrado ProHuerta INTA. Centro regional Cuyo INTA. Mendoza, Argentina
- Torres, F., Trápaga, Y., Trápaga D.Y, (1997). Bases conceptuales para el desarrollo de la agricultura orgánica. Illustrated (Eds.), La agricultura orgánica: una alternativa para la economía campesina de la globalización (Pág). México.
- Ware, G., Whitacre, D., (2004). Introducción a los insecticidas. MeistersPro Information Resources. Willoughby, Ohio.
- Weiss, E., (1997) Essential oil crops, CAB International (Eds.) Wallingford, United Kingdom

ANEXOS





