

UNIVERSIDAD EAN
FACULTAD DE INGENIERIA, INGENIERÍA QUÍMICA

ELABORACIÓN DE UN PROTOTIPO A PARTIR DE LAS SEMILLAS DE MORINGA,
HOJAS DE PLÁTANO Y CÁSCARAS DE GRANADA PARA EL CULTIVO DE
LECHUGA EN LA SABANA DE BOGOTÁ.

AUTORES

JUAN CAMILO MOYA BALLÉN
JUAN ESTEBAN VALBUENA QUINTERO

DIRECTOR

LINA MARÍA CHACÓN RIVERA

BOGOTÁ D.C., 2024
Índice

Resumen.....	2
Abstract.....	3
1. Introducción	3
2. Problema de investigación	4
3. Objetivo General.....	8
Objetivos Específicos.....	9
4. Justificación	9
5. Análisis de Requerimientos	11
6. Marco de Referencia	17
7. Análisis de Restricciones	27
8. Definición del Diseño de la Solución Planteamiento Metodológico.	37
9. Justificación de Selección de la Alternativa.	41
10. Análisis de Costos.....	47
11. Análisis de Sostenibilidad.....	50
12. Discusión de los Resultados.....	55
13. Plan de Implementación.....	61
14. Conclusiones	65
15. Referencias.....	66

Resumen

El siguiente documento presenta las bases para desarrollar un prototipo de biopesticida sostenible con residuos agrícolas no comunes, como lo son las semillas de moringa y hojas de plátano combinados con aceite esencial de cáscara de granada. La investigación busca aprovechar los compuestos bioactivos de estos subproductos para crear una fórmula eficaz en el control de plagas que afectan cultivos alimenticios de mayor demanda en Bogotá, como lo son las lechugas. El biopesticida propuesto ofrece una solución ecológica y económica que promueve la economía circular, reduciendo la dependencia de pesticidas sintéticos y minimiza el impacto ambiental.

Palabras clave: biopesticida aprovechamiento, alternativas, Bogotá.

Abstract

The following document presents the basis for developing a sustainable biopesticide with uncommon agricultural residues, such as moringa seeds and banana leaves combined with pomegranate peel essential oil. The research seeks to take advantage of the bioactive compounds of these by-products to create an effective formula in the control of pests that affect food crops in greater demand in Bogota, such as lettuces. The proposed biopesticide offers an ecological and economical solution that promotes the circular economy, while reducing dependence on synthetic pesticides and minimizing environmental impact.

1. Introducción

El uso de pesticidas químicos en la agricultura ha sido una práctica común durante décadas, lo que ha contribuido significativamente al aumento de la producción de alimentos a nivel mundial. No obstante, el uso excesivo de estos productos ha generado preocupaciones importantes en torno a la salud humana, particularmente en relación con la aparición de enfermedades como el cáncer, trastornos metabólicos, abortos espontáneos y malformaciones congénitas. Por si fuera poco, también se cuestiona la seguridad alimentaria y el impacto ambiental. Es sabido que los pesticidas sintéticos pueden contaminar el suelo y el agua, afectar negativamente la biodiversidad y fomentar la resistencia en las plagas, lo que resalta la necesidad de buscar alternativas más seguras y sostenibles.

En este sentido, los biopesticidas han emergido como una solución prometedora. A diferencia de los pesticidas químicos tradicionales, los biopesticidas están formulados a partir de sustancias naturales, como extractos de plantas, microorganismos y minerales, que pueden controlar las plagas de manera efectiva y con un menor impacto ambiental.

Con base en esta premisa, el biopesticida propuesto se formula a partir de residuos agrícolas no comunes, como semillas de moringa, hojas de plátano y cáscaras de granada, aprovechando sus compuestos bioactivos con propiedades insecticidas y antifúngicas. Las semillas de Moringa contienen glucosinolatos y flavonoides que interfieren con las plagas, mientras que las hojas de plátano aportan taninos y polifenoles con efectos repelentes y antimicrobianos. Además, las cáscaras de granada, ricas en antioxidantes y taninos, ofrecen una defensa adicional contra enfermedades fúngicas.

En conclusión, este enfoque no solo promueve la sostenibilidad al reducir el desperdicio agrícola, sino que también ofrece una alternativa eficaz y ecológica a los pesticidas químicos convencionales.

2. Problema de investigación

Los cultivos de lechuga en Colombia son fundamentales para la economía agrícola, teniendo unos niveles de producción para el primer semestre del año 2015 se registró 39.498 toneladas (Evaluaciones Agropecuarias Nacionales [EVA], 2017, p. 1). Sin embargo, estos cultivos se ven constantemente amenazados por diversas plagas y enfermedades que pueden reducir significativamente su rendimiento y calidad. Entre las plagas más comunes que afectan a la lechuga se encuentran los pulgones (*Nasonovia ribisnigri*), la mosca blanca (*Trialeurodes vaporariorum*) y los gusanos grises (*Agrotis* sp.). Además, enfermedades fúngicas como la esclerotinia (*Sclerotinia*) y el mildiu (*Bremia lactucae*) son responsables de pérdidas importantes en la producción.

El control de estas plagas y enfermedades tradicionalmente se ha basado en el uso de pesticidas químicos o agrotóxicos. En Colombia el impacto de los pesticidas en la salud de la población ha sido muy notorio, según la secretaria de Salud de México (s.f.), “los principales efectos a largo plazo de los plaguicidas que afectan directamente al individuo expuesto son: la esterilidad, anemia aplásica, cáncer y trastornos diversos; y los que se observan en su descendencia (teratogénesis, mutagénesis, alteraciones del sistema inmunológico)”. De acuerdo con las cifras reportadas por el Instituto Nacional de Salud (2017) el 21,2% de los 39.709 de casos reportados de intoxicación fueron causados por agrotóxicos, y el número de muertes por intoxicaciones con agrotóxicos representa el 57,47% (150 casos), siendo la primera causa de muerte de la población intoxicada; de 272 casos reportados de intoxicación en población gestante, 79 eran por agrotóxicos.

Este problema no es exclusivo del país, sino que afecta a muchas poblaciones en el mundo. Un informe de la ONU, publicado en 2017, menciona que los agrotóxicos son los responsables de la muerte de 200.000 personas cada año donde el 99% correspondientes a

países en desarrollo, esto se debe a la mala calidad, ya que los alimentos que cultiva están expuestos a agroquímicos y estos químicos se saturan en el fruto de la planta. (Elver, H., & Tuncak, B, 2017)

El uso de pesticidas en cultivos puede afectar la biodiversidad del suelo, en este caso se han realizado estudios que han medido la fauna con intervalos de 3 meses hasta 1 año de aplicación de estos pesticidas (fungicidas, insecticidas, herbicida de amplio espectro y múltiples sustancias). Este hallazgo representa que las sustancias con amplio espectro fueron fumigantes que son dirigidos a invertebrados. Esto refleja que la combinación de sustancias daña microorganismos del suelo y que la tasa de dosis recomendada muestra un impacto negativo en el suelo, ya que esas dosis se derivan de experimentos simplificados que no permiten capturar bien la respuesta de las comunidades del suelo, o sea, que los experimentos no consideran las especies sensibles de cultivos.

Por eso es importante el papel de la EFSA (Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria) respecto a la protección de consumidores, animales y medio ambiente en la gestión de riesgo respecto a cuestiones normativas para la aprobación de sustancias activas y residuos de plaguicidas en alimentos El uso de cualquier sustancia activa deberá ser aprobada por la comisión Europea para permitir el uso del producto fitosanitario, del cual se han realizado nuevas regulaciones con el objetivo de reducir el 50% de uso pesticidas para el año 2030

Es importante resaltar las clases de pesticidas se pueden encontrar en el mercado actual, entre estos están:

1. Plaguicida inorgánico: Es fabricado a partir de metales como el cobre, plomo y arsénico. Un ejemplo son los plaguicidas de Oxicloruro de cobre y Oxicloruro de zinc,
2. Plaguicidas vegetales o biológicos: Son extraídos de bacterias, vegetales y hongos. Un ejemplo son plaguicidas piretrinas, Nicotina, Trichoderma, etc.
3. Plaguicidas organosintéticos y sintéticos: Son elaborados en laboratorio por medio de un amplio conjunto de sustancias. Un ejemplo son organofosforados, carbamatos y bupiridilos.

Se han realizado estudios sobre el uso de la sustancia Mirex, cuyo principal propósito era el control de hormigas y plagas en diversos cultivos. Sin embargo, investigaciones han detectado su presencia en organismos terrestres y han revelado que posee una vida media superior a 10 años en sedimentos.

Para el control de sustancias se han realizado estudios como es el del uso de la sustancia Mirex, cuyo principal uso era para el control de hormigas y plagas en diferentes cultivos. A partir de los estudios se ha detectado presencia de esta sustancia en organismos terrestres con una vida media mayor a 10 años.

Otro ejemplo de sustancia activa es el Pentaclorobenceno utilizado como producto intermedio en la fabricación de plaguicidas comerciales presentando problemas como la durabilidad en el agua por más de tres años y que es absorbido por los sedimentos.

Por otro lado, según cifras del Instituto Colombiano de Agricultura (ICA), para el año 2008 se produjo una producción de 22.061.830 kg de fungicidas, 21.063.283 litros de herbicidas y 5.620.455 litros de insecticidas, los cuales se comercializan y exportan. A estas cifras hay que añadir los pesticidas importados.

Según Estrada Rudas (2022), Colombia importa el 42% de sus fertilizantes de Rusia y Ucrania, por lo que la guerra ha interrumpido la producción y exportación de estos

productos, generando a un aumento en los precios globales, afectando a los agricultores colombianos que dependen de estos insumos. Los índices de precios de plaguicidas tuvieron un aumento entre el 2% al 6% en el grupo de plaguicidas, herbicidas, fungicidas e insecticidas (Unidad de Planificación Rural Agropecuaria, 2023, p. 7).

Frente a estos desafíos, surge la necesidad de desarrollar alternativas más sostenibles y seguras para el control de plagas y enfermedades en los cultivos de lechuga. Una posible solución es la formulación de un biopesticida a partir de residuos agrícolas no comunes, como semillas de moringa, hojas de plátano y cáscaras de granada. Estos residuos, que son abundantes y de bajo costo, contienen compuestos bioactivos con propiedades insecticidas y antifúngicas que podrían ser efectivos en la protección de los cultivos de lechuga sin los efectos adversos asociados a los pesticidas químicos.

3. Objetivo General

Desarrollar un prototipo a partir de las semillas de moringa, hojas de plátano y cáscaras de granada para cultivos de lechuga en la sabana de Bogotá.

Objetivos Específicos

- Optimizar la extracción de compuestos bioactivos de residuos agrícolas para la formulación de un biopesticida para cultivos de lechuga.
- Analizar la efectividad y capacidad antifúngica del biopesticida formulado en el control de plagas y enfermedades de los cultivos de lechuga mediante pruebas de laboratorio y ensayos.
- Determinar la viabilidad económica y ambiental del uso del biopesticida en comparación con pesticidas químicos convencionales.

4. Justificación

La necesidad de desarrollar alternativas sostenibles para el control de plagas y enfermedades en la agricultura es de carácter urgente, especialmente en cultivos esenciales como es el caso de la lechuga, al ser una hortaliza clave en la economía agrícola en Colombia. El uso intensivo de pesticidas químicos en estos cultivos ha generado múltiples

problemáticas, como la contaminación del suelo y el agua, además la presencia de residuos tóxicos en los alimentos, lo que plantea serios riesgos para la salud humana y el medio ambiente.

Este proyecto se justifica dentro de su enfoque por la utilización de residuos agrícolas no comunes, como lo son semillas de moringa, hojas de plátano y cáscaras de granada, con el fin de presentar la formulación de un biopesticida que pueda ofrecer una solución eficaz y ecológica a estos desafíos. Estos residuos, considerados subproductos, poseen compuestos bioactivos con propiedades insecticidas y antifúngicas que son efectivos contra las plagas y enfermedades que afectan a los cultivos de lechuga, son una alternativa frente a los pesticidas químicos.

El desarrollo de este biopesticida tiene varias ventajas clave. En primer lugar, promueve la economía circular al reutilizar materias primas que generalmente son desechadas, reduciendo así el desperdicio agrícola y contribuyendo a la sostenibilidad del sector. En segundo lugar, al ser un producto de origen natural, se espera que tenga un menor impacto negativo en el medio ambiente, disminuyendo la contaminación. Además, su uso podría mejorar la seguridad en los alimentos al reducir los residuos tóxicos y minimizar los riesgos asociados con el uso de pesticidas químicos.

Por último, este proyecto no solo tiene el potencial de mejorar la salud y calidad de los cultivos de lechuga, sino que también podría servir como modelo para la implementación de soluciones similares en otros cultivos. La investigación propuesta, por tanto, no solo busca aportar una solución práctica y viable a un problema específico, sino también contribuir al avance de la agricultura y la protección del medio ambiente, generando beneficios duraderos para los productores y consumidores.

5. Análisis de Requerimientos

Intención del producto

En este documento, tal como se justifica el proyecto, pretende desarrollar un biopesticida que permita controlar la población de plagas en cultivos de lechuga y se enfoca en encontrar una alternativa natural que pueda ofrecer seguridad para el medio ambiente y una eficiencia agronómica. (BIOPESTICIDAS, 2019), posteriormente, para la formulación

de este biopesticida deberá estar alineada bajo la legislación internacional junto al desarrollo tecnológico internacional de la industria.

Verificación de Parámetros de Diseño

Para la formulación de un biopesticida a partir de residuos agrícolas, es fundamental contar con un laboratorio que cumpla con las normativas de seguridad y las instalaciones adecuadas. El espacio debe permitir la realización de diferentes procesos, como la extracción, purificación y formulación de los compuestos bioactivos de las materias primas seleccionadas (semillas de Moringa oleifera, hojas de plátano y cáscaras de granada). La infraestructura debe incluir el equipamiento necesario para llevar a cabo cada una de las etapas del proyecto, garantizando la eficiencia en las operaciones y la seguridad del personal.

Equipos de Laboratorio

Durante la preparación de las muestras, se utiliza un mortero o licuadora para pulverizar la materia prima, maximizando así el área de superficie y mejorando la eficiencia de la extracción. Además, el uso de balanzas para medir las cantidades exactas de cada componente y vasos de precipitado para mezclar y contener las muestras son esenciales para asegurar la precisión en el proceso.

Para realizar las extracciones, el equipo principal es el extractor Soxhlet, que facilita la extracción continua de los compuestos bioactivos de los residuos vegetales mediante solventes, como el etanol al 70% (Aceq Laboratorios, n.d.). Complementando este equipo se encuentran el matraz de fondo redondo, la plancha calefactora para mantener una temperatura constante y el condensador, que permite la recirculación del solvente. La refrigeración del condensador se realiza mediante mangueras y una bomba que permite la circulación continua

de agua desde un contenedor de almacenamiento con refrigerantes para mantener una temperatura ideal en el proceso.

Posteriormente en el equipo de destilación se separa el solvente del extracto, continuando con el filtrado para remover impurezas y demás residuos, se utiliza un decantador para separar los residuos del extracto obtenido.

Equipos para Análisis

En las etapas de análisis y control de calidad, se requiere un espectrómetro de masas acoplado a un cromatógrafo de líquidos o gases (LC-MS/MS o GC-MS/MS) para analizar la composición y concentración de los compuestos activos en las formulaciones. (Casa Científica, 2023). Estos equipos permiten identificar la presencia de residuos o contaminantes y garantizar que el biopesticida cumpla con los estándares de seguridad. Además, se utilizan frascos de vidrio para conservar las muestras, etiquetas y marcadores para asegurar la correcta identificación, y uso de termómetros para monitorear las temperaturas durante los procedimientos, evitando así la degradación de los compuestos bioactivos por sobrecalentamiento.

Con todo lo anterior, los equipos y materiales permiten la ejecución eficiente y segura de los procesos de desarrollo y verificación de la formulación del biopesticida, asegurando que se cumplan los parámetros de diseño requeridos para obtener un prototipo viable.

Selección de Materias Primas

El desarrollo del biopesticida se basa en la selección de residuos agrícolas con propiedades bioactivas que permiten controlar las plagas de manera natural y eficiente. Se ha

seleccionado la *Moringa oleifera* como una de las materias primas principales debido a su alta concentración de glucosinolatos e isotiocianatos, compuestos con propiedades insecticidas.

Estudios de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) han demostrado que el extracto de moringa causa esterilidad en las hembras de ácaros, alcanzando una mortalidad del 90% en cultivos de verduras, lo que la convierte en una excelente opción para el control biológico de plagas (Villanueva-Almanza, 2021). Para maximizar su efectividad, las semillas de moringa deben ser molidas previamente para facilitar la extracción de los compuestos bioactivos.

Por otro lado, se utilizarán hojas de plátano, que contienen flavonoides, saponinas y alcaloides, compuestos con propiedades antifúngicas e insecticidas que pueden mejorar la eficacia del biopesticida. Los flavonoides actúan como pigmentos naturales con capacidad antioxidante, las saponinas generan una defensa natural contra patógenos, y los alcaloides presentan efectos tóxicos contra ciertos insectos (Alcaloides, s. f.).

Además, se incorporarán cáscaras de granada, conocidas por sus propiedades terapéuticas y su contenido de elagitaninos, compuestos fenólicos con capacidades protectoras y bioactivas (Journal of Functional Foods, 2015).

Solventes y Materiales de Soporte

En el proceso de extracción de los compuestos bioactivos, se utilizará etanol al 70% como solvente principal debido a su capacidad para disolver tanto compuestos polares como no polares, lo que asegura una extracción más completa de los principios activos (Soto-García & Rosales-Castro, 2016).

Asimismo, se utilizará agua destilada para diluir los extractos y preparar las formulaciones finales del biopesticida, además para poder emplearla en procesos de limpieza y control de calidad.

Material Biológico para Evaluación

Para evaluar la efectividad del biopesticida formulado, se seleccionará lechuga crespa (*Lactuca sativa*), que servirá como cultivo modelo. Se trabajará con ocho muestras, a las que se aplicarán diferentes concentraciones del biopesticida, replicando el experimento para asegurar la obtención de datos confiables. Este análisis experimental permitirá determinar la dosis óptima para el control de plagas y garantizar que el producto final no cause efectos negativos en la calidad del cultivo.

Requerimientos Regulatorios.

Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos

En la elaboración del biopesticida se deberá registrar en la EPA (Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos), entidad que regula la importación y exportación de pesticidas. Para el registro de un pesticida se necesita de un procedimiento científico, legal y administrativo donde se examinan los siguientes ítems:

- *Cultivo donde se aplicará el pesticida*
- *Dosis recomendada, frecuencia y tiempo de uso*
- *Prácticas de almacenamiento y eliminación*

Después del envío de estos requisitos, se realizará una investigación sobre una amplia variedad de efectos nocivos asociados en la salud humana y ambiental relacionados con el pesticida. Es decir, cada empresa que elabora un pesticida deberá proporcionar datos de pruebas de laboratorio para cumplir con las pautas de EPA. (Información Básica Sobre Pesticidas | US EPA, 2024).

Tolerancia: La EPA establece la tolerancia (máximo legal de residuos) para cada alimento que se va a aplicar. Al momento de establecer la tolerancia, la EPA realizara estudios para que este producto se pueda usar con la “seguridad suficiente de que no cause daño”. La organización deberá llegar a una conclusión de seguridad que indica que el pesticida puede utilizarse con certeza sin generar daño. Es decir, que los pesticidas registrados para exportación deberán tener la etiqueta del producto aprobada por la EPA.

Prevención y control contaminación ambiental por el manejo de plaguicidas

Según el artículo 2.2.7.1.1.1 del decreto número 1076, tiene como objetivo establecer medidas ambientales para el control de plaguicidas, prevención y manejo de residuos provenientes de los pesticidas.

La gestión ambiental de plaguicidas se rige a través de los principios básicos del ciclo de la vida integral, manejo seguro, precaución y prevención.

El artículo 2.2.7.1.1.4 se realizan siguientes definiciones:

La comercialización de un plaguicida implica un proceso integral que abarca desde la fabricación hasta su promoción en el mercado.

El fabricante y el formulador trabajan en la producción del plaguicida, asegurando que el ingrediente activo, ya sea en grado técnico o no, cumpla con las especificaciones requeridas.

El distribuidor, que puede ser una persona natural o jurídica, se encarga de llevar el producto al consumidor final, bajo la normativa de un manejo ambiental racional.

Además, el envasador se asegura de que el producto esté correctamente sellado en un envase adecuado, que incluye una etiqueta clara con toda la información técnica y de seguridad.

Es importante tener en cuenta que los residuos peligrosos de plaguicidas, como los productos vencidos o fuera de especificaciones, deben ser manejados y eliminados conforme a normativas ambientales para evitar impactos negativos.

6. Marco de Referencia

Desde los inicios de la agricultura, los humanos han utilizado pesticidas para combatir plagas, roedores y enfermedades que perjudicaban el crecimiento de plantas y frutos.

Inicialmente, se emplearon compuestos como el azufre, las flores de piretro y los arsenitos (Bedmar, 2011). Con el tiempo, el desarrollo tecnológico y la industrialización trajeron avances significativos, incluyendo la química sintética, que permitió la creación de nuevos productos a partir de sustancias simples. En el ámbito de los pesticidas, esto llevó a la síntesis

de compuestos orgánicos e inorgánicos, destacándose los organoclorados, organofosfatos, piretroides y carbamatos. (Akanksha et al, 2020)

Pesticidas

Los plaguicidas, también conocidos como pesticidas, son sustancias diseñadas para combatir plagas. Surgieron debido a la necesidad de controlar poblaciones de organismos perjudiciales para la salud humana, los cultivos, los frutos almacenados y los animales domésticos. El término “plaga” tiene una connotación antropocéntrica, ya que, objetivamente, las plagas son simplemente poblaciones que forman parte de un ecosistema. (Bedmar, 2011)

Los plaguicidas son sustancias químicas, ya sean orgánicas, inorgánicas o microbiológicas, en forma líquida o sólida, que tienen efectos tóxicos sobre ciertos organismos vivos. Se utilizan principalmente en la agricultura para controlar plagas. En 1993, en los Estados Unidos, el 75% de los plaguicidas se emplearon con este propósito. (Bedmar, 2011)

Insecticidas

Según el Instituto Nacional de Salud Pública define a un insecticida como compuestos químicos utilizados para controlar o matar insectos portadores de enfermedades.

Herbicidas

Los herbicidas son productos químicos utilizados para detener o interrumpir el crecimiento de hierbas no deseadas. El término proviene del latín “herba” (hierba) y “cida” (asesino), lo que indica que estos productos eliminan las hierbas consideradas perjudiciales. Estas hierbas se dispersan fácilmente debido a que sus semillas son transportadas por el viento, tienen una alta resistencia y compiten con los cultivos por recursos como agua, luz, nutrientes y espacio. (Pochteca, 2024)

Raticidas

Los raticidas, también conocidos como rodenticidas, son pesticidas diseñados para eliminar roedores como ratones y ratas. Generalmente, se presentan en forma de cebos que contienen sustancias atractivas, como mantequilla de maní o melaza.

Biopesticidas

Los Biopesticidas son cierto tipo de pesticidas derivados de materiales naturales, tales como animales, plantas, bacterias y ciertos minerales. Estos incluyen por ejemplo hongos como *Beauveria* sp, bacterias como *Bacillus* sp, extracto de neem (*Azadirachta indica*) y feromonas. (Ondarza-Beneitez, 2013)

Los bioplaguicidas incluyen pesticidas microbianos, bioquímicos y protectores integrados en plantas (PIP). Estos productos, derivados de microorganismos beneficiosos, se utilizan para controlar enfermedades de plantas e insectos que causan daños a los cultivos agrícolas de manera recurrente. (Thakur, Kaur, Tomar, Thakur, & Yadav, 2020, págs. 243-282).

Pesticidas Microbianos

Según la EPA, los biopesticidas son pesticidas originados a partir de materiales naturales como animales, plantas, bacterias y algunos minerales. Aunque pueden combatir diversas plagas, cada ingrediente activo tiene un objetivo específico sobre la plaga que controla.

Pesticidas Bioquímicos

Estas son sustancias naturales, como extractos, ácidos grasos o feromonas, que controlan plagas mediante mecanismos no tóxicos. Entre ellas se encuentran

compuestos que afectan el crecimiento y la reproducción (reguladores del crecimiento vegetal) o que repelen o atraen a las plagas (feromonas).

Protectores incorporados a plantas (PIP's)

Son sustancias pesticidas que las plantas generan al incorporar material genético adicional en su estructura. Por ejemplo, los científicos pueden insertar el gen responsable de la proteína Bt en el ADN de las plantas, lo que permite que la propia planta produzca la sustancia que elimina la plaga. Tanto la proteína Bt como el material genético asociado están regulados por la EPA.

Granada

La granada es una fruta de sabor agradable y color atractivo que, una vez desgranada, nos ofrece un alimento con importantes propiedades nutricionales y terapéuticas. Desde el punto de vista botánico es el fruto del granado, pequeño árbol caducifolio, a veces con porte arbustivo, de 3 a 6 m de altura, perteneciente a la familia de las Punicaceae. Las hojas son de color verde brillante, lustrosas por el haz y con el borde entero.

La granada pertenece a la familia Punicaceae, representada por un solo género y dos especies, *Punica granatum* y *Punica protopunica*; la primera es comestible (Jurenka, 2008).

Tabla 1

COMPOSICIÓN MEDIA DE LA GRANADA

Constituyente	Concentración*
Agua (g)	82,5
Fibra alimentaria (g)	3,1
Proteínas (g)	0,7
Lípidos (g)	0,6
Hidratos de carbono (g)	16,7
Glucosa	7,2
Fructosa	7,9
Sacarosa	1,0

Minerales (mg)	
Sodio	7,0
Potasio	290,0
Calcio	8,0
Magnesio	3,0
Fósforo	17,0
Hierro	0,5
Vitaminas (mg)	
Tiamina (vitamina B1)	0,05
Riboflavina (vitamina B2)	0,02
Ácido ascórbico (vitamina C)	7,0
Nicotinamida (niocina)	0,3
Ácidos orgánicos (g)	
Ac. málico	0,1
Ac. cítrico	0,5

*Contenido en 100 g de porción comestible.

Nota: Tomado de García-Viguera & Pérez Vicente, 2004

Hojas de plátano

Las hojas de plátano (*Musa paradisiaca*), valoradas por sus propiedades medicinales, han sido empleadas durante siglos en diversas culturas para tratar múltiples dolencias. Estas hojas, ricas en nutrientes y compuestos bioactivos, pueden ofrecer efectos positivos para la salud. En este artículo, analizaremos sus propiedades curativas y su uso como remedio natural para distintas afecciones. (Anvana Naturals, s.f.)

Una evaluación de las propiedades físicas y químicas de la hoja de plátano (*Musa paradisiaca*) se tomaron muestras en dos etapas de desarrollo pre-floración y posfructificación. Los análisis químicos dieron como resultado promedio en las diferentes fibras evaluadas contenidos en la etapa de pre-floración los siguientes valores 55, 75%

Celulosa; 15,28% Hemicelulosa; 12,24% Lignina; 14,47% Extraíbles y Ceniza 2,76%.

(Universidad Nacional de San Martín, s.f.)

Semillas de Moringa

Moringa oleifera es la especie más conocida del género Moringa. Se cree que su origen se encuentra en la región sur del Himalaya, abarcando el noreste de India, así como Afganistán, Bangladesh y Pakistán. Hoy en día, su distribución se ha extendido por gran parte del mundo, y en Centroamérica fue introducida en la década de 1920 con fines ornamentales y como cercos vivos. (Foidl et al., 1999).

Una de las cualidades más destacadas de esta planta, particularmente de sus semillas, es su capacidad insecticida, lo que la convierte en una alternativa muy adecuada para los cultivos. Esto se debe a la presencia de lectinas, que resultan perjudiciales para distintos insectos en sus diversas etapas de desarrollo. (Paiva et al., 2012).

Tabla 2

COMPOSICIÓN NUTRICIONAL

Componente	Cantidad
Agua	86.90 g
Proteínas	2.50 g
Grasa	0.10 g
Carbohidratos	8.50 g
Fibra	4.80 g
Ceniza	2.01 g
Calcio	30.00 mg
Fosforo	110.00 mg
Hierro	5.30 mg
Vitamina A	184.00 UI
Niacina	0.20 mg
Ácido ascórbico	120.00 mg
Cobre	310.00 ug
Yodo	1.80 ug
Proteína cruda	38.40 g

Nota: Tomado de Negrete Humanez, 2021

“Las semillas de moringa abarcan entre el 40.0 - 30.0% de aceite, en el cual se presentan diferentes componentes como glicósidos, pterigospermina, 4-benzilisocianato y trazas de alcaloides. La corteza de la raíz contiene beta-sitosterol, trazas de alcaloides, espiraquina y gomas.” (Humanez A, 2021)

Tabla 3

Composición química de la Moringa oleífera Lam

Componente químico
4(alfa-L-ramnosil)
Bencilisotiocianato
Ácidos grasos
Aminoácidos
Glicósidos (moringina)
Pterigospermina
Trazas de alcaloides
Vitaminas y minerales

Nota: Tomado de Negrete Humanez, 2021

Extracción líquido-líquido

Este método, empleado desde hace varios años, tiene como objetivo extraer un compuesto o material deseado de una muestra, o bien eliminar componentes no deseados, como las impurezas de una mezcla líquida. Para que el proceso sea efectivo, se requieren disolventes con alta afinidad o solubilidad con el compuesto que se busca extraer o eliminar. (Bokhary, Leitch, & Liao, 2021).

Cromatografía líquida

La cromatografía líquida, conocida también como HPLC, es una técnica utilizada para separar mezclas de productos que son poco o nada volátiles. Esta técnica emplea una fase estacionaria no polar, generalmente una columna de sílica, mientras que la fase móvil actúa como el medio que transporta la muestra a través del sistema. (Barcelona, 2021)

Cromatografía en capa fina

La cromatografía en capa fina (TLC) es una técnica de separación utilizada para dividir los componentes de una mezcla. Este método es altamente versátil y se emplea tanto para análisis cualitativos como cuantitativos de diversas muestras. La TLC puede aplicarse a una amplia variedad de sustancias, incluyendo plaguicidas, esteroides, alcaloides, lípidos, nucleótidos, glucósidos, carbohidratos y ácidos grasos. (Sigma-Aldrich, 2024)

Cromatografía de gases

La cromatografía de gases (GC) es una técnica analítica utilizada para separar y analizar compuestos volátiles y semivolátiles en una mezcla. Esta técnica es muy popular debido a su alta resolución, velocidad y sensibilidad. Se emplea en diversas industrias, como la medioambiental, petrolera, química, alimentaria y farmacéutica.

Al igual que otras formas de cromatografía, la GC utiliza una fase estacionaria y una fase móvil. En este caso, la fase móvil es un gas inerte, como helio o nitrógeno, mientras que la fase estacionaria puede ser un adsorbente sólido (cromatografía de gas-sólido, GSC) o un líquido adsorbido sobre un soporte inerte (cromatografía de gas-líquido, GLC). (Sigma-Aldrich, 2024)

“La cromatografía de gases es un instrumento valioso en el análisis de residuos de pesticidas, gracias a su capacidad de separación combinada con el uso de detectores específicos y de alta sensibilidad.”(Instituto Nacional de Salud, 1994)

Lactuca sativa var. crispa L.

La lechuga de hoja de roble es una variedad de lechuga conocida por su forma y color únicos. Científicamente denominada *Lactuca sativa var. crispa*, esta lechuga de hoja de roble es una hortaliza apreciada por su frescura y su capacidad para añadir un toque crujiente y visualmente atractivo a los platos. (Concadelatordera, 2024)

Sus hojas sueltas y rizadas, que recuerdan a las del roble, presentan un color verde intenso con bordes que suelen tener matices rojizos o púrpuras. En la gastronomía, esta variedad de lechuga se utiliza tanto por su textura como por su capacidad para embellecer las preparaciones. Es un ingrediente versátil que puede incorporarse en ensaladas para añadir color y textura, o servir como base en sándwiches, wraps y tacos. Su aspecto visual y su textura crujiente la convierten en una opción única y distintiva en diversas preparaciones culinarias.

Por otro lado, en los cultivos de lechugas se presentan anomalías presentes que provienen de diversos grados en función de la naturaleza. Estas anomalías ocurren en suelos contaminados por hongos o nematodos (gusanos extremadamente delgados), del cual las lechugas presentan alteraciones en el crecimiento de los tallos. Para la elaboración del biopesticida se deberá reconocer conocer las enfermedades y plagas en cultivos de lechuga:

Virus del mosaico

El virus es transmitido por pulgones cuya sintomatología es producir enanismo en la formación del collogo, las plantulas que provienen de semillas infectadas muestran una mayor esparcion del virus mosaico, del cual no permite la formación completa del collogo. (Enfermedades de las Lechugas. Identificar, Conocer y Controlar: Autor (Es) DOMINIQUE BLANCARD, HERVE LOT, BRIGITTE MAISONNEUVE).

Anomalías generadas por pesticidas

Los plaguicidas son sustancias destinadas al control de plagas, y alrededor del mundo se producen un millón de intoxicaciones agudas por exposición de plaguicidas según la OMS. Entre los años 60 y 70 se incrementó los incidentes de linfoma de Hodgkin (enfermedad por la que se forman células malignas el sistema linfático) en los Estados Unidos, esto permitió realizar cientos de estudios en los siete continentes para poder determinar la relación del uso de pesticidas y problemas de la salud humana. (OCFP, 2004).

Estas alteraciones también son producidas por sustancias químicas que interfieren en el funcionamiento del sistema endocrino, principalmente en el crecimiento de hormonas y se denominan disruptores endocrinos. Algunas alteraciones producidas por estos disruptores son anomalías reproductivas y malformaciones congénitas.

Avances tecnológicos en la industria

El avance tecnológico también ha sido clave en el desarrollo de biopesticidas. Desde finales de los años 90, se han logrado importantes avances en microbiología y bioquímica, permitiendo la creación de productos más eficaces y con mejores capacidades de aplicación y conservación. Empresas como Seipasa han liderado este cambio, desarrollando innovaciones como el insecticida natural Pirecris y el fungicida biológico Fungisei, este último reconocido por su innovación en los Agrow Awards 2017. (Seipasa, 2018)

Potencial del mercado de los biopesticidas

El mercado global de biopesticidas alcanzó un valor de 6.6 billones de dólares en 2022 y se proyecta un crecimiento anual del 15% entre 2016 y 2022, impulsado por la creciente demanda, la adopción de la agricultura orgánica y cambios en la legislación internacional. La región de Asia-Pacífico destaca por su potencial de crecimiento, dada su gran población y amplia superficie agrícola. (MarketsandMarkets, 2024)

La FAO prevé que la población mundial aumentará un 39% en las próximas dos décadas, alcanzando los 9,100 millones para 2050. Para satisfacer esta demanda, será necesario incrementar la producción alimentaria en un 60%, todo esto en un contexto afectado por el cambio climático, que trae consigo desafíos como la escasez de agua y el aumento de temperaturas.

Los biopesticidas, elaborados a partir de sustancias botánicas y microbiológicas, ofrecen protección natural a los cultivos sin dejar residuos químicos. Esta tendencia responde

a la creciente demanda de los consumidores por alimentos más saludables y sostenibles. En España, la superficie dedicada a la agricultura ecológica ha crecido notablemente, alcanzando más de dos millones de hectáreas en 2016.

Los grandes actores del mercado, como Tesco y Walmart, han incorporado biopesticidas en sus cadenas de suministro para ofrecer alimentos libres de residuos, implementando tecnologías como blockchain para mejorar la trazabilidad de sus productos. (CIO, 2020)

7. Análisis de Restricciones

AMBIENTAL

En cuanto a las restricciones ambientales para garantizar el uso responsable del biopesticida, los compuestos activos extraídos de las semillas de moringa, hojas de plátano y cáscaras de granada deben ser fácilmente biodegradables, evitando su acumulación en el suelo y cuerpos de agua. Es fundamental que el biopesticida, en su dosis y formulación óptima, se degrade rápidamente para no dejar residuos tóxicos ni alterar las condiciones naturales del ecosistema.

Aunque los biopesticidas son más amigables con el medio ambiente que los pesticidas tradicionales, es crucial controlar su persistencia en el suelo para prevenir desequilibrios ecológicos. Deben descomponerse en un período relativamente corto, lo que permitirá la recuperación de las propiedades del suelo sin afectar ciclos naturales, como la descomposición de materia orgánica.

Durante la extracción de los compuestos activos, es esencial reducir el uso de solventes como el etanol, que pueden generar impactos ambientales si no se gestionan correctamente. Por ello, en el laboratorio se implementa la destilación para recuperar el

solvente y se cuenta con un sistema de tratamiento de desechos, asegurando que no se liberen sustancias contaminantes al aire o al agua.

Además, la producción y uso del biopesticida deben cumplir con las regulaciones locales y normativas internacionales sobre el manejo de productos fitosanitarios y la protección ambiental, garantizando el cumplimiento de estándares de bioseguridad y la ausencia de riesgos para la salud humana o el entorno natural.

POLÍTICO

El desarrollo y la comercialización de un biopesticida en Colombia están sujetos a diversas restricciones políticas que deben ser consideradas para asegurar su éxito y cumplimiento normativo.

El Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) es la entidad encargada de regular el uso y la comercialización de productos fitosanitarios, incluidos los biopesticidas. Todo biopesticida debe cumplir con un proceso de registro, que incluye la evaluación de su seguridad y eficacia, antes de obtener la aprobación. Estos procedimientos pueden ser complejos y prolongados, lo que podría retrasar su lanzamiento al mercado.

Tabla 4

Marco regulatorio para el registro de bioplaguicidas en Colombia

Elemento	Colombia
Marco regulatorio	698 de 2011
Autoridades regulatorias	Instituto Colombiano Agropecuario (ica)
Duración del registro	Diez años (renovables)
Inconvenientes	<ul style="list-style-type: none">• Concepto toxicológico• El laboratorio de control de calidad debe estar registrado ante el ICA

Periodo para la aprobación del registro	Al menos cuatro años (similar al tiempo requerido para el registro de plaguicidas químicos)
Costo aproximado	US\$4.000 (solamente proceso de registro)
Número de bioplaguicidas registrados a octubre de 2017	Alrededor de 245: 135 agentes microbianos, 61 inoculantes biológicos, 28 extractos vegetales y 21 productos bioquímicos

Nota: Tomado de (Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, (s.f.))

Además, el desarrollo de biopesticidas podría verse limitado si no se alinea con las políticas nacionales de desarrollo agrícola. Aunque el biopesticida ofrece beneficios ambientales, su implementación podría depender del apoyo gubernamental o de subsidios dirigidos a proyectos de innovación agrícola. Las políticas que incentiven el uso de alternativas naturales a los pesticidas convencionales serán clave para fomentar su adopción.

En ausencia de estos incentivos, la competitividad del biopesticida frente a los productos químicos convencionales podría verse comprometida. Por otro lado, los convenios internacionales y tratados de libre comercio también influyen en la viabilidad de su comercialización. El acceso a mercados internacionales y la importación o exportación de materias primas o productos terminados estarán condicionados por las regulaciones y acuerdos comerciales vigentes.

Internacionalmente, los plaguicidas COP (Contaminante orgánicos persistentes), son contaminantes que no se disipan fácilmente y permanecen en el medioambiente durante un tiempo prolongado. Algunos de estos plaguicidas son el adrin, dieldrin, DDT, el cordano y el lindano, fueron utilizados en Colombia en el sector agrícola asociados a cultivos de arroz, papa y café para el control de la malaria permitió que el Ministerio de Protección Social realizara gestiones para eliminación de estas sustancias, (COP PLAGUICIDAS, 2023).

Un plaguicida estará prohibido para su uso en su país porque se plantea un alto riesgo para la salud humana o persiste en el medio ambiente. Para iniciar una evaluación de riesgo de la formulación de un pesticida, es recomendable revisar si el componente está restringido en países.

Entre las fuentes internacionales se encontraron convenios como el de Rotterdam, Estocolmo y Montreal, que realizan procedimientos de consentimiento de aplicación de plaguicidas.

Convenio de Rotterdam: Conformado por 30 países, tiene como objetivo promover la responsabilidad y esfuerzo conjuntos en el comercio internacional de productos químicos peligrosos con el fin de proteger la salud humana y el medio ambiente.

En el artículo 13, se sobresale el deseo de poder asegurar productos químicos que se exportan de forma envasada y que deben estar etiquetados, para asegurar información adecuada respecto a los riesgos para el medio ambiente y salud humana. (Artículo 15, Registro de emisiones)

Convenio de Estocolmo: Es un tratado multilateral ambiental que busca la protección de la salud humana y el medio ambiente respecto a contaminantes orgánicos persistentes, (Cancillería, 2024). Este convenio presenta una combinación de propiedades físicas y químicas cuando son liberadas al medio ambiente; países como Colombia que están ligados a este convenio, no será posible el registro de plaguicidas catalogados como COP, explicados anteriormente.

Para que un plaguicida entre a la lista de Convenio necesitara una atención especial para el proceso de registro:

- *Deberán permanecer a los 12 COP iniciales*

- *Examinar las sustancias químicas para poder incorporarlas a la lista de convenio*
- *Realizar una nueva inspección de sustancias químicas para la posible inclusión en la lista de convenio.*

Protocolo de Montreal: Es un acuerdo ambiental internacional creado para la protección de la capa de ozono, con el objetivo de reducir y eliminar el uso de sustancias químicas agotadoras de ozono (SAO) y los hidrofluorocarbonos, grupo de sustancias que contiene fluor, carbono e hidrogeno).

La implementación de este acuerdo en Colombia ha permitido el consumo de sustancias con la orientación de eliminación de usos, gestión ambiental en la eliminación de clorofluorocarbonos (gases inertes que agotan la capa de ozono y bloquean los rayos ultravioleta provenientes del sol), todo esto para promover la transición hacia sustancias definitivas que no ocasionen daños en la capa de ozono y permitan un cuidado libre al medio ambiente.

Convenio de Viena: Este convenio tiene como objetivo a promover la cooperación a través de observaciones sistemáticas e investigaciones sobre el impacto de las actividades humanas en la capa de ozono para poder adoptar medidas legislativas en contra de actividades que produzcan efectos adversos a la capa de ozono.

ECONOMICO

Una de las principales barreras económicas para el biopesticida es la escalabilidad del proceso. Mientras que la producción a pequeña escala puede ser viable para ciertos nichos de mercado, aumentar la capacidad a niveles industriales puede requerir grandes inversiones en infraestructura, maquinaria y optimización de procesos, lo que conlleva altos costos iniciales.

El desarrollo de un biopesticida, desde su investigación hasta la producción, demanda una inversión inicial significativa. Esta inversión incluye la adquisición de equipos como extractores Soxhlet, evaporadores, instalaciones de laboratorio, ensayos, la capacitación del personal y pruebas de campo.

Además, el mercado de biopesticidas en Colombia aún está en una fase de desarrollo. La demanda sigue siendo limitada en comparación con los pesticidas convencionales, ya que los agricultores tienden a preferir las soluciones tradicionales. Muchos no están completamente familiarizados con los beneficios de los biopesticidas, lo que puede generar resistencia a su adopción, salvo que existan incentivos económicos claros o subsidios que impulsen su uso.

Aunque el biopesticida se basa en residuos agrícolas, como cáscaras de granada y hojas de plátano, la disponibilidad y el costo de estas materias primas pueden variar según la región y la temporada. Las fluctuaciones en la oferta de estos insumos podrían elevar los

costos de producción, especialmente si hay escasez o si aumentan los costos de recolección y transporte.

SOCIAL

En la sociedad actual, los agricultores enfrentan grandes dificultades para cambiar los productos que han utilizado durante años. Una de las principales barreras sociales en gran parte de Colombia es el desconocimiento de nuevas alternativas para el control de plagas, como se menciona en el artículo “Determinación de la demanda del plaguicida natural ‘Healthy Nature’ en el municipio del Socorro”.

Además, la falta de información sobre los efectos nocivos de los plaguicidas convencionales lleva a los agricultores a confiar en estos productos. Por lo tanto, uno de los primeros problemas sociales es la falta de conocimiento sobre diferentes opciones para el control de plagas.

Por otro lado, la investigación muestra que se han implementado políticas a nivel mundial para reemplazar los plaguicidas convencionales. Sin embargo, el artículo revela que, a pesar de la aceptación de los biopesticidas existen muchas dudas sobre la eficiencia y calidad de estos productos. Por lo tanto, es crucial implementar políticas que promuevan el uso y los resultados de los biopesticidas para mitigar los impactos negativos que los plaguicidas convencionales han causado durante años (Mogollón, 2014).

TECNOLOGICO

El proceso de extracción de compuestos bioactivos de las semillas de moringa, hojas de plátano y cáscaras de granada requiere tecnologías como el extractor Soxhlet, que no siempre está disponible en todos los laboratorios. Además, este método puede ser lento si no se controlan adecuadamente factores como la temperatura, el tiempo de extracción y el solvente utilizado. La falta de acceso a tecnologías más avanzadas puede reducir la eficiencia en la obtención de estos compuestos.

Una vez obtenidos los extractos, la formulación del biopesticida debe ser estable y efectiva, asegurando que los compuestos bioactivos mantengan su eficacia durante el almacenamiento y la aplicación. La implementación de tecnologías que mejoren la estabilidad de los compuestos bajo diferentes condiciones, como variaciones de temperatura o humedad, podría aumentar la durabilidad y efectividad del producto final.

Escalar la producción de biopesticidas a nivel industrial presenta desafíos tecnológicos importantes. Las técnicas utilizadas en laboratorios educativos no siempre se trasladan fácilmente a procesos industriales sin el uso de equipos especializados. La tecnología industrial debe manejar grandes volúmenes de materia prima y garantizar la consistencia en la calidad del producto final, por lo que la falta de estas tecnologías puede limitar la capacidad de producción a gran escala.

Además, las pruebas de campo para evaluar la efectividad del biopesticida requieren tecnologías que permitan monitorear la evolución de las plagas y su respuesta al tratamiento. Sin estas herramientas, los ensayos en campo podrían depender de métodos manuales y subjetivos, lo que podría llevar a resultados menos precisos y confiables.

LEGAL

En Colombia, “los Ministerios de Salud o de Agricultura y mediante la Resolución de la Gerencia General del ICA, o del Ministerio de Agricultura, desde 1974 hasta la fecha, se han venido restringiendo o prohibiendo el uso en el país de algunos plaguicidas señalados a continuación” (Instituto Colombiano Agropecuario, 1974)

Prohibición de insecticidas clorados (Resoluciones 447/74, 209/78 y Decreto 305/88) y otros productos como DDT, Aldrin, Heptacloro y Dieldrin.

Prohibición de fungicidas con compuestos de mercurio (Resolución 2189/74) y otros ingredientes como Terbuconazol y Captafol.

Restricción de herbicidas como 2,4,5-T y PARAQUAT (Resoluciones 749/79 y 3028/89).

Prohibiciones específicas para compuestos como Dinoseb, Clordimeform, Bromuro de Metilo y Lindano, limitando su uso o eliminando licencias de venta.

Excepciones temporales para productos como Endosulfán y Bromuro de Metilo en situaciones de cuarentena o control de plagas.

Actualizaciones y modificaciones para permitir el uso limitado de ciertos compuestos (resoluciones 939/94 y 1580/04).

Además, el Decreto 1843 de 1991 establece normas sobre la clasificación toxicológica, etiquetado y registro de plaguicidas, asegurando que los biopesticidas cumplan con los mismos requisitos de seguridad y manejo. El Decreto 502 de 2003 complementa estas disposiciones al imponer controles más estrictos sobre compuestos altamente tóxicos y enfatizar la seguridad laboral para quienes manejan plaguicidas.

Por su parte, el Decreto 1076 de 2015 regula las normas ambientales aplicables al uso de sustancias químicas, destacando la necesidad de evaluaciones de impacto ambiental y monitoreo del uso de plaguicidas. Aunque los biopesticidas suelen tener menor toxicidad, deben seguir las normativas de seguridad y salud ocupacional, así como las evaluaciones ambientales, asegurando que su aplicación no afecte negativamente la biodiversidad y el ecosistema.

8. Definición del Diseño de la Solución Planteamiento Metodológico.

En el desarrollo de biopesticidas, existen diversos productos en el mercado que se derivan de fuentes de origen animal, vegetal, bacteriano y mineral. Sin embargo, su uso aún no se ha generalizado en la agricultura para producción intensiva. Los biopesticidas suelen clasificarse según el origen de su ingrediente activo, que puede provenir de microorganismos, bioquímicos o semioquímicos.

Los microorganismos se utilizan en el control de insectos, patógenos y malezas, y se obtienen de bacterias, hongos, virus y levaduras. Por otro lado, los bioquímicos incluyen una amplia gama de productos para el control de plagas, como feromonas de insectos, aceites vegetales (fitopesticidas) y extractos botánicos. Existen alrededor de 2,400 especies de plantas con propiedades pesticidas documentadas. (FuturCrop, 2018)

Finalmente, los semioquímicos surgen de interacciones químicas, ya sea entre plantas (alelopatía) o entre animales (aleloquimias), como en el caso de los insectos. Estas interacciones pueden manifestarse a través de la liberación de repelentes, atrayentes, estimulantes o inhibidores químicos.

Entre los biopesticidas, los bioquímicos o fitopesticidas se destacan por su baja toxicidad, su rápida degradación, baja probabilidad de generar resistencia y su compatibilidad con prácticas de manejo sostenible. Estas características los convierten en una opción ideal dentro de estrategias más amigables con el medio ambiente para el control de plagas.

Por su parte en los cultivos de lechuga son vulnerables a diversas plagas que pueden afectar su crecimiento, calidad y rendimiento, como los pulgones, gusanos, minadores, mosca blanca trips, etc. Por lo que, dentro de la industria agrícola, se han utilizado diferentes pesticidas para combatir las plagas, como lo son:

Afinto

Contiene Flonicamida que es un insecticida que afecta el sistema de comportamiento de los insectos, inhibiendo su alimentación sin afectar su movilidad de manera inmediata. (Phytoma, 2009)

Minecto Alpha

Contiene Ciantraniliprol ataca el sistema muscular de los insectos activando los receptores de rianodina, causando parálisis y muerte. (PortalTecnoAgrícola, s.f.)

Vertimec

Contiene la abamectina que causa parálisis en los insectos al liberar el ácido gamma-aminobutírico que es un neurotransmisor que ataca en las células nerviosas. (AgroactivaCol, s.f.)

Ampligo 150 ZC

Contiene Lambda-cyhalotrina que es un piretroide sintético que afecta el sistema nervioso de los insectos, causando, parálisis y muerte. Por su parte también tiene el Chlorantraniliprole afecta los receptores de rianodina, causando contracción muscular descontrolada y parálisis. (PortalTecnoAgrícola, s.f.)

Costar

Contiene Bacillus thuringiensis (EPA, s.f.) que es una bacteria que produce proteínas insecticidas tóxicas para insectos, causando poros en las células del intestino de las larvas, lo que lleva a la muerte. (Higiene Ambiental, s.f.)

Force 1.5 G

Contiene teflutrina (Syngenta, s.f.) que es un piretroide que actúa por contacto e ingestión principalmente sobre larvas de gallina ciega, diabrótica y gusano de alambre. (Servicio Agrícola y Ganadero [SAG], 2022)

Karate Zeon 1.5 CS

Contiene Lambda-cyhalotrina que es un piretroide afecta el sistema nervioso de los insectos, causando hiperexcitación y parálisis.

Es por ello que, los pesticidas sintéticos suelen actuar de manera más específica y directa, afectando el sistema nervioso o digestivo de las plagas, lo que provoca una muerte rápida. En contraste, los biopesticidas de origen vegetal presentan mecanismos de acción más lentos y menos agresivos, como inhibir la alimentación o la reproducción de las plagas, o simplemente repelerlas. Si bien los pesticidas químicos son más tóxicos y pueden afectar una mayor variedad de organismos, incluidos los beneficiosos y, en algunos casos, los humanos y animales no objetivo, los fitopesticidas presentan una toxicidad ambiental mucho menor, siendo generalmente seguros para los organismos no objetivo y con un menor impacto en el ecosistema.

Por ejemplo, los pesticidas sintéticos como los piretroides tienden a persistir más en el ambiente, provocando efectos tóxicos acumulativos, como lo demostró un estudio de la Universidad de Buenos Aires, que evaluó los efectos de estos pesticidas en lombrices de tierra. En cambio, los biopesticidas vegetales son más biodegradables, lo que minimiza la acumulación de residuos en el suelo y el agua.

Con todo lo anterior, la alternativa de un biopesticida bioquímico que funcione en los cultivos de lechuga sin generar mayor toxicidad e impacto ambiental genera mayor beneficio en comparación de sus otros tipos. Es por eso que las principales especies de plantas o frutas que tienen compuestos con características pesticidas y son comúnmente utilizados, como el romero, tomillo, clavo, lemongrass y citronela.

Compuestos como los ácidos fenólicos (ácido elágico y el ácido gálico), se encuentran en frutas como las granadas, las fresas, las frambuesas, los arándanos, las moras, los kiwis o las uvas y frutos secos como las nueces, las pacanas o las castañas son una fuente rica en ácido elágico. El aguaymanto, la pitaya amarilla y el quito representan una fuente importante de nutrientes y compuestos bioactivos como el ácido gálico. (CiberOBN, s.f.)

Por otro lado, están los taninos que están presentes en el vino, el café y el té (negro y verde). En el té, los taninos aumentan su concentración cuando se reposa, en hojas verdes como son las espinacas, en frutas como el membrillo, la granada, el caqui, la manzana, uvas, el chocolate negro y frutos secos donde se concentran principalmente en la piel. (ABC Blogs, s.f.)

Los flavonoides (quercetina y catequina), como el brócoli, coles de Bruselas, puerros y cebollas. Además, en frutas como los arándanos, ciruelas, uvas, manzanas, uvas, cacao, té verde, naranjas y otros cítricos. En verduras como el apio, perejil y otras hierbas y chiles. (BBC Mundo, s.f.)

Los alcaloides, pueden encontrarse en una sola especie vegetal (muy específico) o en varias especies vegetales (inespecíficos). Como en las hojas de la coca (específico) y la cafeína en el té, café y otras especies (inespecífico). (PubMed Central, s.f.)

Generalmente aparecen en los vegetales en forma de sales, plantas que contienen alcaloides como la efedra, belladona, ricino, pimienta negra, adormidera, boldo, rauwolfia, quina y jaborandi. (Instituciones SLD, s.f.)

Los isotiocianatos (ácido glucosinolato) son característicos del orden Brassicales, y se encuentran en 16 familias de especies de esta orden, siendo su presencia, un rasgo común a la mayoría de sus miembros. Entre las familias de especies comestibles están Brassicaceae incluyendo brócoli, mostaza, coliflor, repollo, rabanitos, rúcula, colza; Caricaceae conteniendo la papaya; Capparaceae , que incluye la alcaparra; y Moringaceae, la moringa. (Actual Fruveg, 2022)

Por su parte la lignina puede tener aplicaciones directas, como las presentadas por los ligno-sulfonatos, compuestos no peligrosos que poseen aplicaciones como dispersantes de pesticidas. (Redalyc, 2013)

Se encuentra preferentemente en el salvado, verduras, hojas de plátano, frutillas, berenjena, pera, rábano, etc. (Med-Informática, s.f.)

Por último, los polifenoles tienen acción antioxidante y son efectivos en la protección contra hongos y bacterias en los cultivos. Algunas plantas que contienen polifenoles son el Rabo de gato, ginseng, ginkgo, eleuterococo, anamú, uva, eucalipto, pervinca, garra del diablo, mandarina, toronja, limón, naranja, romero, agrimonia, caléndula y avena. (SciELO, 1999.)

9. Justificación de Selección de la Alternativa.

Materiales y Métodos.

Para desarrollar la selección de materias primas con compuestos bioactivos, se realizó una revisión bibliográfica de los principales compuestos presentes en diferentes frutos y plantas, de las cuales algunas son residuos agrícolas. Por lo que destaca la granada, las semillas de moringa y hojas de plátano.

Las materias primas como la cáscara de granada, como subproducto industrial, no solo ocupa mucho volumen, sino que también libera olores y gases durante su descomposición, todo lo cual ha llevado al sector de la tecnología alimentaria a buscar soluciones (Castillo, 2010).

La cáscara de granada contiene un alto contenido de polifenoles en comparación con su concentración en cualquier otra parte de la fruta, principalmente taninos hidrolizables (punicalina, punicalagina, ácido gálico y elágico) y flavonoides (antocianinas, catequinas y otras sustancias complejas) (Akhtar, et al., 2014).

Es por eso que, para analizar la efectividad y capacidad antifúngica de las materias primas para la formulación del biopesticida, se realizan extractos de cada uno de los materiales en el laboratorio.

Extracto de cascara de granada

Los residuos provenientes de la cascara de granada pueden utilizarse como productos de valor añadido. Las cascara representan el 42% de la granada y se destaca que presentan

propiedades antioxidantes como ingrediente principal. El principal compuesto de este residuo es la punicalagina, polifenol catalogado como un tanino hidrolizable. Esta sería la base para propiedades de control de insectos, factores fúngicos y bacterianos.

El material molido deberá sumergirse en un disolvente en un matraz aforado con un tiempo de reposo de 2 días.

El matraz deberá ser colocado durante una hora en un agitador para poder filtrar el contenido. El disolvente utilizado se deberá evaporar a una temperatura de 50°C a una presión establecida con ayuda de un evaporador rotativo. En ocasiones para la extracción de semillas se utiliza éter de petróleo (fracción de petróleo ligera compuesta predominante de hidrocarburos alifáticos).

Para el proceso de extracción, se deberá pesar aproximadamente 10gr utilizando una balanza analítica. En la cantidad establecida de solvente (etanol) se deberá considerar las relaciones soluto-solvente en el diseño del producto. En la temperatura de extracción se deberá utilizar una plancha y un sensor de temperatura.

En la etapa de separación de la mezcla aceite-solvente se deberá someter a un proceso de roto evaporación (proceso que se utiliza para atrapar partículas) efectuándola a una temperatura de 50°C - 55°C en un tiempo de 10 minutos.

$$\%Extraccion\ de\ aceite = \left(\frac{masa\ de\ aceite}{masa\ de\ polvo\ fino} \right) \cdot 100$$

Extracto de semillas de moringa

Para obtener extractos de hojas y semillas de moringa, del laboratorio se necesita cierta cantidad de semillas, que deberán ser molidas en un molino eléctrico para convertirlo en polvo fino.

Para la extracción solido-liquido se utiliza etanol con la técnica de extracción de soxhlet para obtener los compuestos bioactivos obteniendo un producto de forma líquida. El extracto obtenido puede ser tratado por la tecnología microencapsulación para el manejo del biocomponente.

Extracto hojas de plátano

El cultivo de plátano se siembra en los 32 departamentos de Colombia, del cual, en Risaralda, Eje Cafetero, Caldas y Quindío, existen aproximadamente 72,000 hectáreas de siembra de plátano.

Para la obtención del extracto de hojas de plátano se utiliza etanol con la técnica de extracción de soxhlet para obtener los compuestos bioactivos de forma líquida; contiene compuestos que actúan como repelente para insectos, lo que lo hace efectivo para prácticas agrícolas para evitar el uso de pesticidas químicos. La hoja de plátano es enriquecida en antioxidantes como taninos y flavonoides.

Las aplicaciones de este extracto son:

- 1. Contra pulgones, moscas blancas y orugas.*
- 2. Controla larvas de insectos*
- 3. Uso preventivo en cultivos*

Para formular y dosificar el biopesticida, se prepara cada extracto por separado y luego se combinan. Posteriormente, se realizan pruebas de laboratorio usando un espectrofotómetro para determinar la concentración de los compuestos activos, evaluando así su potencial eficacia.

En primer lugar, se mide la absorbancia de los extractos y de la formulación final, lo cual permite estandarizar la concentración de los compuestos bioactivos presentes en el biopesticida. A continuación, se construyen curvas de calibración con estándares de estos compuestos, para cuantificar con precisión su concentración.

Dosificación y calibración de un pesticida

La dosificación de un plaguicida es un factor importante para medir la eficiencia de control de plagas. Sin embargo, en gran mayoría de los países la descripción de la dosis ha generado errores que permite el uso excesivo del producto, generando una mayor contaminación ambiental y mayor resistencia del agente patógeno a corto plazo.

Las etiquetas de los plaguicidas comerciales describen la dosis de dos maneras. Para cultivos de frutas se utiliza el método de concentración (unidad de masa por cada 100 litros de agua) y para los cultivos de hortalizas las unidades de dosis son por unidad de masa por cada hectárea comercial.

Para la aplicación del plaguicida, la regulación de rozamiento deberá considerar las condiciones del cultivo y el diseño de huerto. Se deberá determinar el volumen de aplicación correcto respecto a las dimensiones de la planta (número de estomas por unidad de área foliar), densidad foliar, tipo de cultivo a controlar y el tipo de tratamiento utilizado.

Se utiliza la técnica TRV (Tree Row Volume) que es una respuesta utilizada del regulador de crecimiento depositado en las hojas de la planta. La cantidad de producto pesticida utilizado se multiplica por la unidad inglesa acre, pero se deberá tener en cuenta la dimensión de la planta para no tener un exceso de sustancias químicas activas. (Smith, J. 2020.)

La cantidad del pesticida se ajusta dependiendo el tamaño de la planta, es decir que las plantas de lechuga que estén completamente desarrolladas recibirán una dosis del 100% y las lechugas de temprano crecimiento recibirán una fracción adecuada de una dosis completa.

El factor de la concentración se determina dividiendo el volumen total del agua utilizada en el cultivo por la cantidad real utilizada a rociar.

A continuación, el proceso cuenta con tres pasos sencillos:

1. Calcular el volumen de la fila de arboles

$$\frac{(Altura \cdot Ancho)}{Espacio \text{ entre plantas}}$$

2. Configuración del pesticida por una cantidad menor del TRV.
3. Concentración del pesticida en el cultivo de la planta.

Una vez obtenida la dosificación, se llevan a cabo pruebas de estabilidad sometiendo la formulación a condiciones variables de luz y temperatura, simulando el ambiente al que podría estar expuesto durante su almacenamiento y aplicación.

Para evaluar la efectividad del biopesticida en condiciones controladas, se aplica en distintas concentraciones sobre plantas de lechuga y se observa durante un período de 7 a 10 días. En esta etapa, se registran tanto la incidencia de plagas como cualquier efecto visible en las plantas. Los datos obtenidos se analizan estadísticamente para comparar la efectividad del biopesticida con un grupo de control no tratado, lo cual permite validar su capacidad para combatir plagas.

Finalmente, se realiza un análisis de viabilidad económica para determinar si el biopesticida es rentable. Se calculan los costos de los insumos, como los residuos agrícolas (materia prima), etanol y agua destilada, además de los costos operativos, incluyendo el uso de equipos, la mano de obra y el tiempo de procesamiento.

También se evalúa la escalabilidad de la producción, considerando la disponibilidad de los residuos y los requerimientos de infraestructura para una producción a mayor escala. Con esta información, se realiza un análisis de retorno de inversión y se estima el tiempo necesario para recuperar la inversión, asegurando así que el biopesticida no solo sea eficaz, sino también económicamente viable para una producción en volumen.

10. Análisis de Costos

En esta sección se llevará a cabo una estimación de costos basada en una investigación detallada sobre los equipos, materias primas y la mano de obra que podrían emplearse para la futura implementación del proyecto (Planta de producción). Se realiza un estudio de mercado exhaustivo con el fin de identificar los costos necesarios para la ejecución exitosa del proyecto.

Análisis de estudio de mercado

Para el desarrollo de este proyecto es fundamental conocer el comportamiento del mercado de pesticidas en Colombia y además para proyectar un mejor rendimiento para la elaboración del biopesticida, que permitirá alertar sobre factores de riesgo que puede surgir en corto, mediano y largo plazo. Por eso se realiza un análisis de mercado con factores internos y externos.

Para la proyección del mercado se estudian factores internos y externos, es decir que para la proyección iniciamos desde el año 2023 con un crecimiento anual de demanda al 4%, cantidad ofrecida al 5% y mercado disponible (stock) al 1.5%.

Tabla 5

Análisis de estudio de mercado

Año	Demanda	Cantidad ofrecida	Mercado disponible
2023	100	5	50
2024	104	52.5	51.5
2025	108.16	55.125	53.035
2026	112.4864	57.88125	54.6015
2027	116.985	60.7753	56.2105435
2028	121.66529	63.8140	57.85121212
2029	126.5319	67.004782	59.52711982
2030	131.5931	70.3550211	61.23815679
2031	136.856	73.8727722	62.98413285
2032	142.3311	77.5664108	64.76477044
2033	148.0244	81.4447313	66.57969715
2034	153.945	85.5169679	68.42843773
2035	160.103	89.7928163	70.31040556

Análisis de Margin Profit

El margin profit (o Gross Margin) representa las ventas de una compañía en un determinado periodo menos el coste de dichas ventas, es decir que representa el beneficio que obtiene una compañía por sus ventas después de restarles los costes directos necesarios para producir los bienes o servicios.

Tabla 6

Análisis de Gross margin de venta de biopesticida

FINAL PRODUCT			
COMPONENTE	CANTIDAD (gr)	PRECIO	PRECIO DE VENTA (\$COP)
Biopesticida	1litro	\$ 58.100	\$ 62.167
RAW MATERIAL			
COMPONENTE	CANTIDAD	PRECIO (\$COP)	CANTIDAD UTILIZADA (ml)
Semillas de moringa	1000(gr)	20000	90
Hojas de plátano	1000(gr)	12000	60
Granada	1000(gr)	22820	150
Agua destilada	4(l)	12000	700

Tabla 7

Análisis de presupuesto biopesticida

COMPONENTE	PRECIO CANTIDAD UTILIZADA
Semillas de moringa	4000
Etanol	17050
Hojas de plátano	4500
Granada	32000
Semillas de lechuga romana	6500
PRESUPUESTO	64050

Cáscara de granada

La cáscara de granada se puede obtener como residuo de la industria de jugos o procesamiento de la fruta. El precio de la granada en Colombia oscila entre \$5.000 y \$7,000 pesos por fruta. La cáscara representa un 30 a 40% del peso, el costo de la cáscara sería aproximadamente entre \$1.500 y \$2.800 pesos.

Semillas de Moringa oleifera

El precio de las semillas de moringa puede variar entre \$2.000 a \$3.000 pesos por unos 50 gramos, dependiendo de la calidad y el proveedor.

Hojas de plátano

Las hojas de plátano pueden ser adquiridas como un residuo agrícola o directamente de cultivos de plátano. Dado que las hojas de plátano no tienen un alto valor comercial, el costo es relativamente bajo. El precio puede oscilar entre \$500 y \$1.500 pesos por hoja.

Etanol al 70%

El precio promedio del etanol al 70% en Colombia, se puede adquirir a precios que varían según el proveedor, pero está en el rango de \$6000 a \$10.000 pesos por litro.

11. Análisis de Sostenibilidad

En esta sección, el biopesticida se basa en los tres pilares clave de la sostenibilidad: ambiental, social y económica. A continuación, el proyecto aborda cada una de estas áreas de la sostenibilidad.

Sostenibilidad Ambiental

El biopesticida fomenta prácticas agrícolas sostenibles al reducir el impacto ambiental asociado con los pesticidas químicos.

Uso de residuos agrícolas: La formulación utiliza desechos de semillas de moringa, hojas de plátano y cáscaras de granada, evitando su acumulación como residuos orgánicos y promoviendo su valorización en el mercado.

Reducción de contaminación: A diferencia de los pesticidas químicos, el biopesticida no genera residuos tóxicos que puedan afectar en el suelo o el agua. Los compuestos bioactivos son biodegradables, lo que minimiza el impacto en los ecosistemas.

Además, dentro de su método de elaboración, la extracción con etanol, un solvente reciclable, reduce el consumo de recursos no renovables y optimiza el uso de insumos.

Conservación de biodiversidad: Al no afectar el suelo o el agua, las especies no objetivo como insectos polinizadores, el biopesticida contribuye a mantener la biodiversidad en los cultivos tratados.

Sostenibilidad Social

El biopesticida busca generar un impacto positivo en la comunidad agrícola y en la población general, eliminando riesgos asociados con la exposición a pesticidas químicos, beneficiando la salud de los agricultores y consumidores al reducir la acumulación de químicos tóxicos en los alimentos.

Generando un impacto para los agricultores sobre el uso y el beneficio de los biopesticidas en comparación de los pesticidas tradicionales con altos índices de contaminación en suelo, agua y alimentos, por lo que promoviendo prácticas más ecológicas sostenibles.

Sostenibilidad Económica

Desde una perspectiva económica, el biopesticida ofrece una solución rentable y competitiva. Al utilizar materias primas de bajo costo y fácil acceso, los costos de producción se reducen. Además, la creciente demanda de productos orgánicos y sostenibles impulsa el mercado de biopesticidas, garantizando su viabilidad comercial a largo plazo.

Para los agricultores, este producto representa un ahorro significativo al evitar los costos asociados con daños al suelo, pérdida de cultivos o el manejo de productos químicos peligrosos. La escalabilidad del modelo permite su implementación tanto en pequeñas explotaciones como en grandes cultivos, con posibilidades de exportación a mercados internacionales.

Análisis del Ciclo de Vida.

El análisis de Ciclo de Vida (ACV) es una herramienta que sirve para estudiar los impactos ambientales a lo largo de todo el ciclo de vida de un producto, proceso o actividad. Considera toda la historia del producto o actividad a estudiar, desde su origen hasta que termina siendo un residuo. (Eurofins Environment, 2024)

Etapas del Análisis de Ciclo de Vida (ACV)

Definición del objetivo y alcance

El objetivo del ACV es analizar los impactos ambientales asociados con la producción y uso de un biopesticida elaborado a partir de extractos de semillas de Moringa oleifera, hojas

de plátano y aceite esencial de cáscara de granada. Este análisis busca evaluar su sostenibilidad frente a los pesticidas sintéticos. La unidad funcional se definirá como la cantidad necesaria del biopesticida para proteger un cultivo de lechuga.

El estudio considerará los límites del sistema, que abarcan desde la producción y transporte de las materias primas, pasando por el procesamiento de los compuestos activos, la formulación, el envasado y la distribución, hasta el uso final del biopesticida y la gestión de los residuos de los envases.

Inventario del ciclo de vida

El inventario incluye las materias primas utilizadas, como las semillas de moringa y las hojas de plátano, provenientes de residuos agrícolas, así como cáscaras de granada, que son subproductos de la industria alimentaria. También se contemplan insumos como agua, solventes y energía eléctrica requeridos para los procesos de extracción y formulación. Asimismo, se incluye el transporte de las materias primas a la planta de procesamiento y la energía empleada en etapas como secado y formulación del producto.

Evaluación de impacto

En esta etapa se analizan los efectos ambientales en diferentes categorías clave:

Huella de carbono: Emisiones de CO₂ asociadas al transporte y a la formulación del biopesticida.

Consumo de agua: Uso de agua en procesos como la limpieza y extracción.

Eutrofización: Evaluación del aporte potencial de nutrientes o químicos al medio ambiente.

Toxicidad humana y ecológica: Comparación del impacto del biopesticida frente a los pesticidas sintéticos.

Interpretación de resultados

Los resultados preliminares destacan beneficios ambientales significativos, como el aprovechamiento de residuos agrícolas y un menor impacto tóxico en comparación con los pesticidas convencionales. No obstante, se identifican desafíos, entre ellos la dependencia de energía en los procesos, los impactos del transporte en caso de que las materias primas no sean locales y la necesidad de una gestión adecuada de los envases.

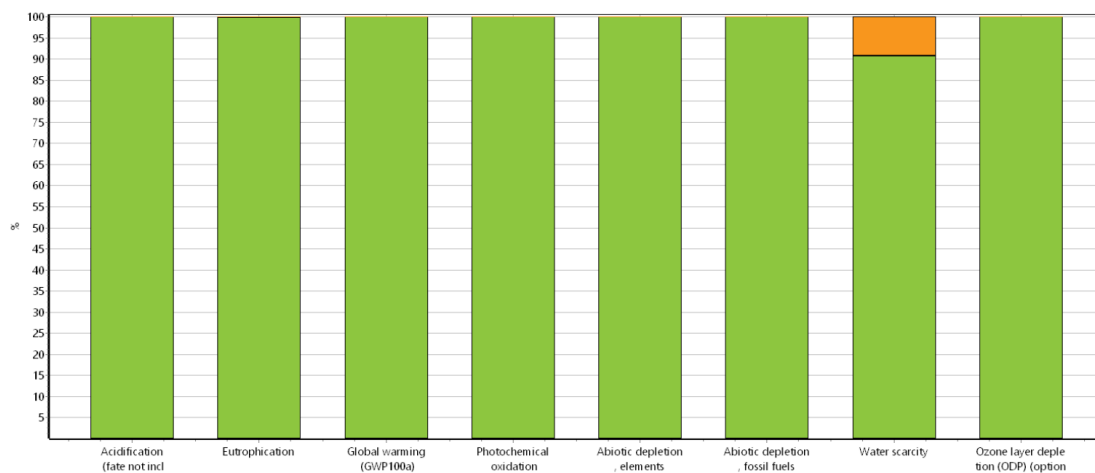
Estrategias de mejora

Para optimizar el desempeño ambiental del biopesticida, se pueden implementar estrategias como reducir las distancias de transporte en la cadena de suministro y utilizar energía renovable en el procesamiento.

Otra medida sería desarrollar envases biodegradables o retornables, que minimicen los residuos. Asimismo, los subproductos de la extracción podrían integrarse como fertilizantes orgánicos, promoviendo un enfoque de economía circular.

Análisis de ciclo de vida con datos de graficas de SIMAPRO

Figura 1: Datos SIMAPRO



Nota: Elaborado con el programa SIMAPRO

1. *Impacto ambiental del agua (escasez hídrica)*

Existe una contribución notable de la producción de biopesticida al impacto de escasez de agua. Esto sugiere que los cultivos de granada, de plátano y moringa, podrían requerir optimización para reducir el uso de agua.

2. *Contribuciones homogéneas en otros impactos.*

La mayoría parte de las categorías ambientales como acidificación, eutrofización, calentamiento global y oxidación fotoquímica muestran contribuciones similares y altas en los elementos de cajas de transporte del biopesticida.

3. *Control de emisiones relacionadas al transporte y empaques.*

Las cajas transportadoras tienen una alta contribución en casi todas las categorías, es esencial reducir la cantidad o peso de los envases en el biopesticida, es preferible emplear materiales reciclables o biodegradables.

4. *Potencial de mejora en el cultivo de insumos naturales*

Es importante verificar prácticas de cultivo sostenibles y garantizar que estos residuos sean tratados de forma que no aumenten significativamente la escasez de agua o las emisiones asociadas al calentamiento global.

12. Discusión de los Resultados.

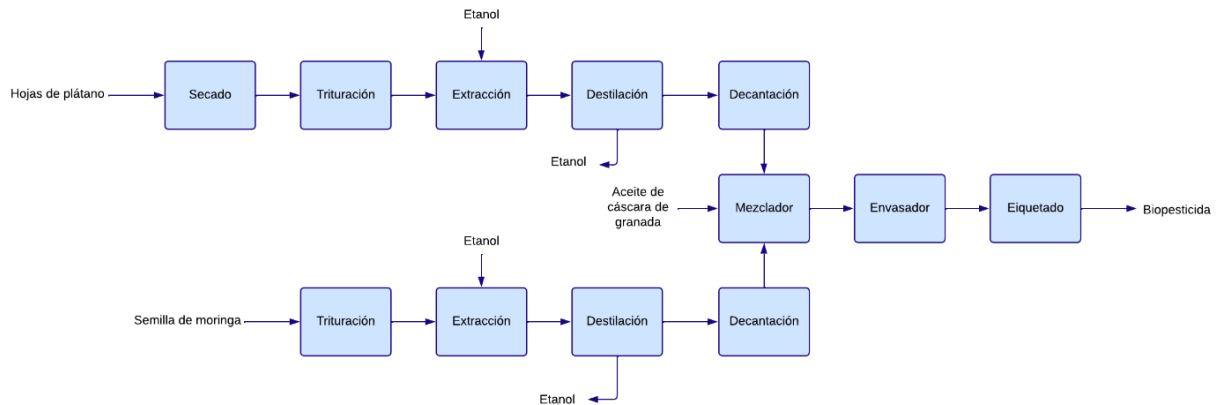
Posteriormente al desarrollo investigativo sobre los biopesticidas y las propiedades de las materias primas, se empezó con la elaboración del prototipo del mismo.

Biopesticida

A continuación, se presenta el diagrama del proceso de la elaboración del biopesticida.

Figura 2

Diagrama de proceso de elaboración del biopesticida.



Nota. Elaboración propia

En el proceso de extracción de los componentes, se deben recolectar las hojas de plátano frescas y que estén limpias de cualquier plaga para un proceso de secado con el fin de retirar la humedad, pasando a una trituración para tener un tamaño de partícula más manejable para la extracción por medio del extractor Soxhlet con etanol como solvente, donde a través de ciclos (6) se genera una solución de etanol con extracto de la hoja de plátano. Para ello se realiza una destilación para retirar el etanol y utilizarlo para la siguiente extracción, con el extracto obtenido en el matraz, se hace una decantación de este para obtener un extracto sin impurezas.

Continuando con las semillas de moringa, primero se retiran restos de sus semillas y se trituran para realizar la extracción de sus compuestos a través del mismo método del extractor Soxhlet con etanol como solvente, pasando por la destilación para la recuperación de etanol y finalmente en un decantador con el fin de retirar alguna impureza o residuo.

Vida Útil de los Extractos

Durante el desarrollo de los extractos, se evidencio que, para la vida útil de cada uno a condiciones de luz directa y temperatura ambiente, los componentes no superan de los 14 días y se empieza la generación de hongo. Sin embargo, cambiando las condiciones de almacenamiento a un refrigerador a temperaturas bajas sin acceso de luz, la vida útil se extiende de uno a tres meses según la literatura.

Por su parte para el aceite de la cascara de granada, se adquirió la materia prima, con el fin de completar la formulación del biopesticida. Con los extractos y aceite, se le agrega agua desionizada o destilada.

FORMULACIÓN #1

En la primera formulación, se emplea una combinación equilibrada de extracto de semilla de moringa, extracto de hojas de plátano y aceite esencial de cáscara de granada, complementados con una base de agua destilada para lograr una mezcla adecuada para su aplicación en cultivos.

FORMULACIÓN #2

En la segunda formulación, la proporción de extractos y aceite esencial varía ligeramente, con un énfasis mayor en el aceite esencial de cáscara de granada, acompañado de extracto de semilla de moringa y hojas de plátano, también utilizando agua destilada como base principal.

Pruebas de Ensayo

Con la formulación obtenida se realizaron en muestras de lechuga del tipo denominada *Lactuca sativa* var. *Crispa*, durante de un periodo de 13 días, obtenido los siguientes resultados

Muestra No 1: Sin Pesticida

- ***Evaluación de fitotoxicidad:*** Desarrollo normal, pero afectado por el daño de plagas con hojas perforadas y algunas zonas secas
- ***Peso promedio:*** 100 gramos
- ***Cantidad de perforaciones***
 - ***Fecha 1:*** 5
 - ***Fecha 2:*** 15
 - ***Fecha 3:*** 30
- ***Observaciones:*** Presencia de una mariposa alimentándose y pulgones.

Muestra No 2: Pesticida

- ***Evaluación de fitotoxicidad:*** Ligero amarillamiento en las hojas de borde fino y en algunas zonas, sin afectar significativamente el rendimiento.
- ***Peso promedio:*** 350 gramos
- ***Cantidad de perforaciones***
 - ***Fecha 1:*** 2
 - ***Fecha 2:*** 3
 - ***Fecha 3:*** 6
- ***Observaciones:*** Con un fuerte olor concentrado a químico.

Muestra No 3: Biopesticida Formulación 1

- ***Evaluación de fitotoxicidad:*** No se observaron daños visibles ni cambios significativos en las hojas.

- **Peso promedio:** 100 gramos
- **Cantidad de perforaciones**
 - **Fecha 1:** 3
 - **Fecha 2:** 9
 - **Fecha 3:** 15
- **Observaciones:** Buen olor al momento de la aspersión esto debido al aceite de cáscara de granada.

Muestra No 4: Biopesticida Formulación 2

- **Evaluación de fitotoxicidad:** No se observaron daños visibles ni cambios significativos en las hojas.
- **Peso promedio:** 150 gramos
- **Cantidad de perforaciones (insectos)**
 - **Fecha 1:** 3
 - **Fecha 2:** 8
 - **Fecha 3:** 12
- **Observaciones:** Buen olor al momento de la aspersión esto debido al aceite de cáscara de granada.

Para las muestras, las condiciones climatológicas de cultivo fueron en Cogua, Cundinamarca. Para la eficiencia se calcula utilizando la fórmula de Abbott, que permite determinar la reducción de plagas en comparación con un control.

$$Eficancia = \frac{(ER\ control - ER\ tratado)}{ER\ control} * 100$$

Los resultados con las muestras fueron las siguientes

Muestra No 1: Sin Pesticida

- *Eficiencia:* 0%

Muestra No 2: Pesticida

- *Eficiencia:* 85%

Muestra No 3: Biopesticida Formulación 1

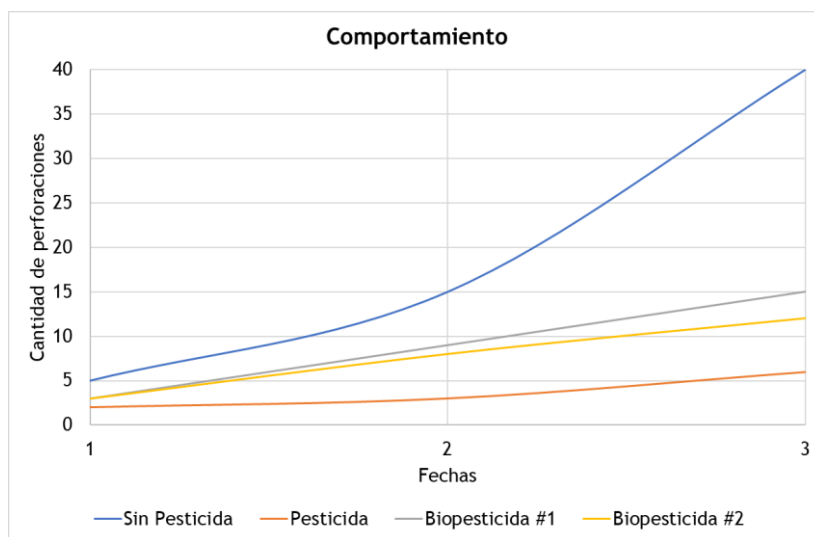
- *Eficiencia:* 63%

Muestra No 4: Biopesticida Formulación 2

- *Eficiencia:* 70%

Figura 3.

Resultados Obtenidos de las muestras



Nota. Elaboración propia.

Análisis de los resultados

Muestra sin pesticida: Las poblaciones de plagas aumentan de una forma exponencial, dado que no se aplicó ningún tratamiento para controlar su desarrollo.

Biopesticida: Las poblaciones de plagas disminuyen significativamente después de la aplicación inicial, pero con el pasar del tiempo tienden a aumentar nuevamente, indicando una protección moderada y una posible necesidad de reaplicación.

Además, un factor importante es el lugar de almacenamiento del biopesticida que debe ser bajo de temperatura y luz, gracias a los antecedentes de los extractos obtenidos en el laboratorio para evitar la formación de hongos.

Pesticida tradicional: Reducción casi total de las plagas desde el día 1, con una protección sostenida hasta el día 13. Sin embargo, es probable que su uso prolongado tenga implicaciones ambientales y de resistencia en las plagas.

13. Plan de Implementación.

1. Análisis de Mercado y Cliente:

- ***Caracterización del mercado:*** Identificar el tamaño de mercado de productores de lechuga en la sabana de Bogotá, específicamente atendiendo a las tendencias actuales del sector agrícola.
- ***Análisis de la competencia:*** Analizar las formulaciones de pesticidas y biopesticidas comerciales existentes en el mercado colombiano, reiterando ventajas y desventajas, y como el producto realiza ventaja comercialmente.
- ***Perfil del cliente:*** Establecer un cliente y tipo de mercado a vender el producto.

2. Desarrollo del producto:

- **Formulación del biopesticida:** Realizar extracción de los componentes (semillas de moringa, Fruta granada y Hojas de plátano), ajustando la formulación en una proporción ideal para mejorar estabilidad y eficacia del producto.
- **Pruebas piloto:** Realizar pruebas experimentales con 8 muestras de lechugas, del cual la primera prueba se realizará con 4 muestras con: Biopesticida comercial, Pesticida químico, biopesticida y lechuga sin uso de productos químicos. Se evaluará el crecimiento de las lechugas y el número de población de plagas por lechuga, para evaluar impacto del biopesticida a comercializar.
- **Requerimientos del producto:** Para el desarrollo, registro y comercialización de un biopesticida se requiere de intervención de entidades gubernamentales y organismos especializados, entre esas entidades encontramos las siguientes:

Instituto Colombiano Agropecuario (ICA)

Esta entidad es la encargada del registro y control de plaguicidas químicos, biológicos para uso comercial agrícola.

En el registro de laboratorio de control de calidad de plaguicidas de uso agrícola, se deberá fijar las tarifas por servicios de pruebas de laboratorio para la verificación de requisitos técnicos de insumos agrícolas en la producción primaria agrícola.

Tabla 8

Registro según el ICA

Código	Nuevo Concepto	Valor Tarifa (\$)
01098	Análisis de Bioinsumos Agrícolas: Determinación de pureza.	107.850
01100	Análisis de Bioinsumos Agrícolas: Evaluación de la actividad biológica de un bioinsumo en invernadero.	503.050

Para el registro de insumos agrícolas se realiza con el código 07067, que determina el registro sanitario para verificar condiciones de fabricación y almacenamiento:

Tabla 9

Registro según el ICA para registro sanitario

Código	Nuevo Concepto	Valor Tarifa (\$)
07067	Registro ICA para insumos de uso agrícola	1.810.500

Para el registro en el Ministerio de Salud y Protección Social, se evaluará aspectos relacionados con la seguridad del producto para la salud humana. Además, se supervisa los estudios de toxicología y riesgos de exposición en el ambiente.

Tabla 10

Registro según el Ministerio de Salud y Protección Social

Código	Nuevo Concepto	Tarifa (\$COP)
263	Material de envase para Medios de Cultivo y soluciones (frasco tipo Schott x 1000ml)	\$38.000

3. Estrategia de comercialización

- **Posicionamiento de marca:** Se desarrolla una marca que transmita el uso del biopesticida y que se diferencia de la competencia.
- **Canales de distribución:** Relacionarse con productores locales para la comercialización del producto.
- **Estrategias de precios:** A los distribuidores del producto se les comercializará el valor con un 50% de descuento.

4. Plan de producción:

- **Capacidad productiva:** Determinar el plan de producción inicial y calcular la demanda potencial a 10 años de proyección.
- **Suministro de materias primas:** Garantizar la producción de extractos de semillas de moringa, hojas de plátano y cascara de granada.

5. Implementación y Evaluación:

- **Lanzamiento del producto:** El desarrollo de plan de actividades promocionales y de difusión del producto.
- **Seguimiento y evaluación:** Seguimiento de ventas, análisis de datos en servicios al cliente y mejorar impacto de estrategia de comercialización.

14. Conclusiones

1. Se logró formular un biopesticida a partir de extractos de semillas de moringa, hojas de plátano y cáscaras de granada, realizando una revisión bibliográfica entre las diferentes posibles materias primas para el biopesticida. La formulación de los componentes garantiza un producto seguro para combatir plagas, sin afectar negativamente el medio ambiente ni la calidad del cultivo.

2. En la elaboración del biopesticida se llevó a cabo en el laboratorio. La extracción de compuestos bioactivos se realizó con un Soxhlet, utilizando etanol como solvente, que se recuperó mediante destilación para así optimizar recursos, y los extractos fueron purificados mediante decantación, asegurando un producto de alta calidad, eficiente y sostenible para el manejo de plagas en cultivos de lechuga.

3. Las pruebas realizadas con el biopesticida demostraron una efectividad contra plagas de la lechuga, en relación a los pesticidas químicos tradicionales. El análisis con las muestras permitió determinar una posible concentración adecuada de compuestos bioactivos, optimizando el porcentaje de cada componente dentro de la formulación para las futuras aplicaciones en cultivos.

4. El análisis económico confirmó que el uso de residuos agrícolas como materia prima reduce significativamente los costos de producción del biopesticida además de la identificación de variable sensible que es el uso del etanol, gracias a la recuperación del mismo se presenta una reducción disminución en los costos de la elaboración del biopesticida, haciéndolo competitivo frente a alternativas químicas. Además, el proyecto contribuye a la sostenibilidad ambiental y social mediante la valorización de desechos, la protección de la biodiversidad y la promoción de prácticas agrícolas responsables, ofreciendo una solución accesible para pequeños y grandes agricultores.

15. Referencias

- García, M. D., González, J. A., & Sánchez, P. (2009). Estudio de la actividad biológica de extractos vegetales. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. <https://digital.csic.es/bitstream/10261/17946/3/lecturaPDF.pdf>
- FuturCrop. (2018). Los bioplaguicidas como alternativa. Recuperado de <https://www.futurcrop.com/los-bioplaguicidas-como-alternativa/>
- Akhtar, S., Ismail, T., Fraternali, D. y Sestili, P. 2014. Pomegranate peel and peel extracts: chemistry and food features. En: Food Chemistry, 174, pp.417-425. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.11.035>
- MarketsandMarkets. (2024). Biopesticides Market Size, Trends, Growth, Industry Report Forecast (AGI 2716). Recuperado de <https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/biopesticides-267.html>
- CIO. (2020). Walmart usará blockchain para mejorar la trazabilidad del suministro de alimentos. CIO. Recuperado de <https://www.cio.com/article/2083880/walmart-usara-blockchain-para-mejorar-la-trazabilidad-del-suministro-de-alimentos.html>
- Seipasa. (2018). Biopesticidas: 5 razones para entender su crecimiento en el mercado global. SEIPASA Blog. <https://www.seipasa.com/es/blog/biopesticidas-crecimiento-mercado-global/>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2015). Decreto 1076 de 2015: Manejo de plaguicidas (Resolución única reglamentaria del sector ambiente y desarrollo sostenible). Recuperado de <https://quimicos.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/06/4.-Decreto-1076-de-2015-TITULO-7-Manejo-de-plaguicidas.pdf>
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (2015). Decreto 1071 de 2015: Registro y Control de Plaguicidas Químicos de Uso Agrícola (Resolución única reglamentaria del sector administrativo agropecuario, pesquero y de desarrollo rural). Recuperado de

<https://www.minagricultura.gov.co/Normatividad/Paginas/Decreto-1071-2015/CAPITULO-1-Registro-y-Control-de-Plaguicidas-Quimicos-de-Uso-Agricola.aspx>

- Álvarez Baladrón, C. (2019). Estudio sobre la efectividad de biopesticidas orgánicos. Universidad de Sevilla.
<https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/91290/%C3%81LVAREZ%20BALADR%C3%93N,%20CRISTINA.pdf>
- Ministerio de Salud y Protección Social. (2013). Determinación de plaguicidas en muestras ambientales, biológicas y alimentos.
<https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/IA/INS/Determinacion-plaguicidas-muestras-ambientales-biologicas-alimentos.pdf>
- Universidad de Córdoba. (2020). Caracterización de las semillas de Moringa oleífera.
<https://repositorio.unicordoba.edu.co/server/api/core/bitstreams/7a4b9100-012b-4845-b5d1-cde3eac6ec85/content#:~:text=Las%20semillas%20de%20Moringa%20ole%C3%ADfera%20se%20caracterizan%20principalmente%20por%20el,actividad%20antimicrobiana%2C%20antioxidantes%2C%20antiinflamatorios.>
- Revista Boliviana de Química. (2010). Estudio de la actividad biológica de extractos vegetales. http://revistasbolivianas.umsa.bo/scielo.php?pid=S1813-53632010000200003&script=sci_arttext&tlng=es
- Universidad Libre. (2020). Innovando: Revista de Investigación y Desarrollo. Recuperado de <https://revistas.unilibre.edu.co/index.php/innovando/article/view/3881/3261>
- Pérez, J. A., & Gómez, M. L. (2012). Evaluación de la actividad insecticida de extractos vegetales sobre Spodoptera frugiperda (Lepidoptera: Noctuidae). Revista Colombiana de Entomología, 38(2), 234-241. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/461/46125177003.pdf>
- Rodríguez, L. A. (2010). Evaluación de la actividad insecticida de extractos de plantas sobre Plutella xylostella (Lepidoptera: Plutellidae). Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de San Martín. Recuperado de <https://tesis.unsm.edu.pe/handle/11458/51#:~:text=Los%20an%C3%A1lisis%20qu%C3%ADmicos%20dieron%20como,y%20Ceniza%20%2C7%25.>
- Anvana Naturals. (s.f.). ¿Para qué sirve la hoja de plátano? Recuperado de <https://anvana-naturals.com/para-que-sirve-la-hoja-de-platano/>
- Martínez, R. E., & López, J. P. (2012). Características químicas y biológicas de extractos de Moringa oleífera. Revista de Ciencias Agropecuarias, 29(1), 45-52. Recuperado de <https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1035&context=bi#:~:text=Una%20de%20las%20caracter%C3%ADsticas%20m%C3%A1s,et%20al.%2C%202012>

- García, M. A., & Torres, F. J. (2015). Composición química de Moringa oleifera como alimento funcional. Revista de Nutrición y Alimentos Funcionales, 7(3), 123-130. Recuperado de <https://1library.co/article/composici%C3%B3n-qu%C3%ADmica-moringa-oleifera-moringa-como-alimento-funcional.q2m352ry>
- Agronomy Journals. (2023). Biopesticidas: A sustainable approach. Recuperado de <https://www.agronomyjournals.com/article/view/511/S-7-3-64>
- Martínez, S. (s.f.). Uso de la tierra y plaguicidas. Recuperado de <https://www.agro.uba.ar/users/semmarti/Usotierra/CH%20Plaguicidas%20fin.PDF>
- Instituto Nacional de Salud Pública. (2023). Insecticidas y su impacto en la salud. Recuperado de <https://insp.mx/avisos/4736-insecticidas.html>
- Pochteca. (2023). Herbicidas: Qué son y su empleo en la producción agrícola. Recuperado de <https://colombia.pochteca.net/herbicidas-que-son-y-su-empleo-en-la-produccion-agricola/>
- González, J. (2020). Evaluación de biopesticidas en cultivos orgánicos. Recuperado de <https://core.ac.uk/download/pdf/249320744.pdf>
- Bedmar, F. (2016). ¿Qué son los plaguicidas? Universidad Nacional de Mar del Plata. Recuperado de <https://www.studocu.com/latam/document/universidad-de-la-republica/metodologia-cientifica-i/bedmar-fque-son-los-plaguicidas-facultad-de-ciencias-universidad-nacional-de-mar-del-plata-1-220416-144348/87532471>
- Revista de Investigación en Salud. (2019). Impacto de los plaguicidas en la salud pública. Recuperado de <http://www.scielo.org.pe/pdf/rins/v25n1/a11v25n1.pdf>
- González, J., Pérez, M., & Ramírez, L. (2013). Efectos de los plaguicidas en el medio ambiente. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 4(2), 123-135. Recuperado de https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-09342013000200012&script=sci_arttext
- Rodríguez, A. (2015). Biopesticidas: La agricultura del futuro. Recuperado de https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/37933736/Biopesticidas-libre.pdf?1434596851=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DBIOPESTICIDAS_LA_AGRICULTURA_DE_L_FUTURO.pdf&Expires=1725932762&Signature=DIvsJC5QoD-4YOml6IK-OMTp82Ock0NwEt75MYpUtJGPmCxFwWpz-F2LRmmTLVqv8q7GQxGGL8a8KpvXVD1yC9IZiV~~QBeY7dLeEMMI4KmDoalOf2~BaV5bxD2-KMS~ZloCzeNDk1jaNDp6n0Lh800Oi9~~I7qJh5zxYkeKs8YJ1a1nEPi~mdmcAVULeQOIBdKKL~mb1J6vIMgdp4vBoYKRrA4wMgJWNWd1Yn8KtUkU9-VDDPIx0uYkUDwcmY33T8ZnQJ-N6HE-UI3OPpxkTcHo4w~l0vrjEP-eXJmjazY4mpySYJMRG4yF2h9A-2YnkeM66QAtYL~1~in73R2qqw_&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA
- Ortiz, V. (2023, 9 mayo). Sclerotinia en lechuga: cómo acabar con la pudrición blanca - CB. Certis Belchim. <https://certisbelchim.es/sclerotinia-en->

- Ministerio de Salud. (2017). INTOXICACIONES POR SUSTANCIAS QUÍMICAS. Instituto Nacional de Salud. <https://www.ins.gov.co/buscador-eventos/Informesdeevento/INTOXICACIONES%202017.pdf>
- Espectador, E. (2021, 2 mayo). «Los pesticidas son los responsables de la muerte de 200.000 personas cada año»: ONU. ELESPECTADOR.COM. <https://www.elespectador.com/ambiente/los-pesticidas-son-los-responsables-de-la-muerte-de-200000-personas-cada-ano-onu-article-683570/>
- DANE. (2017, septiembre). BOLETÍN MENSUAL INSUMOS Y FACTORES ASOCIADOS A LA PRODUCCIÓN AGROPECUARIA. https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/sipsa/Bol_Insumos_sep_2017.pdf
- Corporación Autónoma Regional de las cuencas de los ríos Negro y Nare, Corporación para la educación integral y el bienestar ambiental, & Gobernación de Antioquia. (2005, marzo). Lineamientos de políticas sobre uso y manejo mesurado de plaguicidas con énfasis en el sector agropecuario y forestal del Departamento de Antioquia. Recuperado 16 de agosto de 2024, de https://www.corantioquia.gov.co/wp-content/uploads/2022/01/politica_plaguicidas.pdf
- Ministerio de Ambiente. (2015). Decreto 1076. minambiente.gov.co. Recuperado 16 de agosto de 2024, de <https://quimicos.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/06/4.-Decreto-1076-de-2015-TITULO-7-Manejo-de-plaguicidas.pdf>
- Medio Ambiente, D. (2024, 29 enero). El uso de agroquímicos y el daño a la salud en Colombia. Derecho del Medio Ambiente. <https://medioambiente.uexternado.edu.co/el-uso-de-agroquimicos-y-el-dano-a-la-salud-en-colombia/>
- Estrada Rudas, C. (2022, 25 de febrero). El país importa 42% de fertilizantes para el agro de Rusia y Ucrania. La República. <https://www.larepublica.co/especiales/crisis-en-ucrania/el-pais-importa-42-de-fertilizantes-de-rusia-y-ucrania-precios-podrian-incrementarse-3310815>
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Departamento Administrativo Nacional de Estadística, & Unidad de Planificación Rural Agropecuaria. (2023, diciembre). Índice de precios de insumos agrícolas y alimentos balanceados para animales. https://upra.gov.co/es-co/Boletines_Reportes/20240202_BolInsumos_Dic.pdf
- Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria. (2024). Plaguicidas. <https://www.efsa.europa.eu/es/topics/topic/pesticides>
- Concadeltordera. (2024). Lechuga hoja de roble. Recuperado de <https://www.concadeltordera.com/es/lechuga-hoja-de-roble/>

- Beaumelle, L., Tison, L., Eisenhauer, N., Thouvenot, L., Hines, J., Malladi, S., Pelosi, C., & Phillips, H. R. P. (2023). Pesticide effects on soil fauna communities—A meta-analysis. *Journal of Applied Ecology*. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.14437>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2017). Cartilla de plaguicidas COP. https://quimicos.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/05/Cartilla_Plaguicidas_COP_2017.pdf
- Biblioteca del Congreso Nacional de Chile. (2018, enero). Efecto de los plaguicidas sobre la salud humana. | Asesoría Técnica Parlamentaria. Recuperado 16 de agosto de 2024, de https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/26823/2/Efecto_de_los_plaguicidas_en_la_Salud.pdf
- Salcedo Monsalve, A. (2011, marzo). Exposición a plaguicidas en los habitantes de la ribera del río Bogotá (Suesca) y en el pez Capitán. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-72732012000400004&lng=en&nrm=iso
- Díaz García, A., Gómez Álvarez, M. I., Grijalba Bernal, E. P., Santos Diaz, A. M., Cruz Barrera, F. M., León Moreno, D. M., & Alarcón Torres, E. A. (2023). Desarrollo y escalamiento de bioplaguicidas. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA). Recuperado de <https://editorial.agrosavia.co/index.php/publicaciones/catalog/download/23/14/304-1?inline=1>
- Bustamante, A., García-Díaz, D., Jiménez, P., Valenzuela, R., Pando, M. E., & Echeverría, F. (2022). Potencial efecto terapéutico de los polifenoles obtenidos de la cáscara de granada en la esteatosis hepática. *Revista Chilena de Nutrición*, 49(1). Recuperado de https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0717-75182022000100089&script=sci_arttext&tlng=pt
- (S/f-b). Recuperado el 13 de septiembre de 2024, de <http://chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.uniagraria.edu.co/wp-content/uploads/2018/09/manual-de-procesamiento-y-conservacion-de-lechugas-variedades-verde-y-morada-crespa-minimamente-procesadas.pdf>
- (S/f-c). Recuperado el 13 de septiembre de 2024, de http://chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://sef.es/sites/default/files/pathog-en_documents/Lettuce%20mosaic%20virus%20%28Virus%20del%20mosaico%20de%20la%20lechuga%29.pdf
- (S/f-d). Edu.ar. Recuperado el 16 de septiembre de 2024, de <https://biblioteca.clacso.edu.ar/Paraguay/base-is/20190603042019/Doc120.pdf>
- Villanueva-Almanza, L. (2021, 10 septiembre). El uso del extracto de Moringa como bioacaricida. *Botany One*. <https://botany.one/2021/09/el-uso-del-extracto-de-moringa-como-bioacaricida/#:~:text=El%20uso%20de%20la%20moringa,revista%20Plants%20en%20mayo%20pasado.>

- Vora A., Londhe V., Pandita N. Los herbosomas mejoran la actividad antioxidante in vivo y la biodisponibilidad de las punicalaginas a partir de extracto estandarizado de granada. *J. Funct. Foods*. 2015; 12 :540–548. doi: 10.1016/j.jff.2014.12.017.
-
- Belgacem, I., Nicosia, M. G. L. D., Pangallo, S., Abdelfattah, A., Benuzzi, M., Agosteo, G. E., & Schena, L. (2021). Pomegranate Peel Extracts as Safe Natural Treatments to Control Plant Diseases and Increase the Shelf-Life and Safety of Fresh Fruits and Vegetables. *Plants*, 10(3), 453. <https://doi.org/10.3390/plants10030453>
- *Alcaloides*. (s/f). Sld.cu. Recuperado el 18 de septiembre de 2024, de <https://instituciones.sld.cu/medicinaturalssp/alcaloides/>
- *COP PLAGUICIDAS*. (2023, 2 junio). Gestión Sustancias Químicas. <https://quimicos.minambiente.gov.co/cop-plaguicidas/#:~:text=Los%20plaguicidas%20denominados%20COP%20en,el%20toxafeno%20y%20el%20Dicilfol.>
- *Convenio de Rotterdam Para la Aplicación del Procedimiento de Consentimiento Fundamentado Previo a Ciertos Plaguicidas y Productos Químicos Peligrosos Objeto de Comercio Internacional*. (s/f). Cepal.org. Recuperado el 19 de septiembre de 2024, de <https://observatoriop10.cepal.org/es/tratado/convenio-rotterdam-la-aplicacion-procedimiento-consentimiento-fundamentado-previo-ciertos>
- (S/f). Gov.co. Recuperado el 19 de septiembre de 2024, de <https://www.cancilleria.gov.co/convenio-estocolmo>
- Convention, S. (s/f). *The 12 initial POPs*. Pops.int. Recuperado el 19 de septiembre de 2024, de <https://chm.pops.int/TheConvention/ThePOPs/The12InitialPOPs/tabid/296/Default.aspx>
- PROTOCOLO DE MONTREAL. (2021, enero 4). Gestión Sustancias Químicas. <https://quimicos.minambiente.gov.co/protocolo-montreal/>
- Nogueira, R. I., Santiago, M. C. A., Paim, D. R. S., Santos, L. F., Carlos, A. L. M., Wilberg, V. C., Godoy, R. L. O., & Freitas, S. P. (s/f). *Aqueous extract of pomegranate peels (Punica granatum) encapsulated by spray drying*. Embrapa.br. Recuperado el 19 de septiembre de 2024, de <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/117844/1/ids2014130284-pomegranate.pdf>
- (S/f-b). Cornell.edu. Recuperado el 22 de septiembre de 2024, de https://rvpadmin.cce.cornell.edu/uploads/doc_569.pdf
- García-Viguera, C., & Pérez Vicente, A. (2004). La granada. Alimento rico en polifenoles antioxidantes y bajo en calorías. Instituto Danone. Recuperado de <https://digital.csic.es/bitstream/10261/17946/3/lecturaPDF.pdf>

- Negrete Humanez, W. A. (2021). Revisión teórica de los estudios químicos realizados a la semilla de Moringa oleífera Lam e impacto en la salud humana (Trabajo de grado, Universidad de Córdoba). Recuperado de <https://repositorio.unicordoba.edu.co/server/api/core/bitstreams/7a4b9100-012b-4845-b5d1-cde3eac6ec85/content>
- Soto-García, M., & Rosales-Castro, M. (2016). Efecto del solvente y de la relación masa/solvente, sobre la extracción de compuestos fenólicos y la capacidad antioxidante de extractos de corteza de Pinus durangensis y Quercus sideroxylla. Maderas. Ciencia y tecnología, 18(4), 693-704. <https://scielo.conicyt.cl/pdf/maderas/v18n4/aop6116.pdf>
- Casa Científica. (2023). Análisis de plaguicidas usando espectrometría de masas. Recuperado de <https://www.casacientifica.com/novedades/analisis-de-plaguicidas-usado-espectrometria-de-masas>.
- *Información básica sobre pesticidas / US EPA*. (2024, 16 mayo). US EPA. <https://espanol.epa.gov/espanol/informacion-basica-sobre-pesticidas>
- Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA). (s.f.). Marco regulatorio para el registro de bioplaguicidas. Recuperado de <https://editorial.agrosavia.co/index.php/publicaciones/catalog/download/23/14/305-1?inline=1>
- Phytoma. (2009, octubre 21). Flonicamida: nuevo insecticida para el control de mosca blanca y pulgón. Phytoma. Recuperado de <https://www.phytoma.com/la-revista/phytohemeroteca/212-octubre-2009/flonicamida-nuevo-insecticida-para-el-control-de-mosca-blanca-y-pulgón>
- PortalTecnoAgrícola. (s.f.). Ciantraniliprol. Recuperado de <https://buscador.portaltecnogricola.com/vademecum/mex/producto-tecnico/22743/CIANTRANILIPROL>
- AgroactivaCol. (s.f.). Abamectina (Helmectina 1.8 EC). Recuperado de <https://agroactivocol.com/producto/sanidad-vegetal-alimentos-saludables/abamectina-helmectina-1-8-ec/>
- PortalTecnoAgrícola. (s.f.). Clorantraniliprol. Recuperado de <https://www.buscador.portaltecnogricola.com/vademecum/mex/producto-tecnico/8084/CLORANTRANILIPROL>
- PortalTecnoAgrícola. (s.f.). Lambda-cyhalotrina. Recuperado de <https://www.buscador.portaltecnogricola.com/vademecum/mex/producto-tecnico/8261/LAMBDA%20CYHALOTRINA>
- Higiene Ambiental. (s.f.). Modo de acción del insecticida biológico Bacillus thuringiensis. Recuperado de <https://higieneambiental.com/productos-biocidas-y-equipos/modo-de-accion-del-insecticida-biologico-bacillus-thuringiensis>

- EPA. (s.f.). Bti para el control del mosquito. Recuperado de <https://espanol.epa.gov/control-de-plagas/bti-para-el-control-del-mosquito>
- Syngenta. (s.f.). Force. Recuperado de <https://www.syngenta.com.mx/product/crop-protection/insecticida/force>
- Servicio Agrícola y Ganadero (SAG). (2022). Force 20 CS Semillero etiqueta. Recuperado de <https://www.sag.gob.cl/sites/default/files/Force%2020%20CS%20Semillero%20etiqueta%2017-08-2022.pdf>
- CiberOBN. (s.f.). Un polifenol presente en muchas frutas y frutos secos ejerce un efecto neuroprotector frente a la esclerosis múltiple en un modelo animal. Recuperado de <https://www.ciberobn.es/noticias/un-polifenol-presente-en-muchas-frutas-y-frutos-secos-ejerce-un-efecto-neuroprotector-frente-a-la-esclerosis-multiple-en-un-modelo-animal>
- ABC Blogs. (s.f.). Qué alimentos tienen taninos y cómo pueden beneficiar tu salud. Recuperado de <https://abcblogs.abc.es/aula-nutricion/nutricion/que-alimentos-tienen-taninos-y-como-pueden-beneficiar-tu-salud.html>
- BBC Mundo. (s.f.). Polifenoles en alimentos. Recuperado de <https://www.bbc.com/mundo/noticias-49347782>
- PubMed Central. (s.f.). Polifenoles en alimentos y su efecto antioxidante. Recuperado de <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4810205/>
- Instituciones SLD. (s.f.). Alcaloides. Recuperado de <https://instituciones.sld.cu/medicinalnaturalssp/alcaloides/>
- Actual Fruveg. (2022, noviembre 24). Vegetales glucosinolatos: Naturaleza. Recuperado de <https://actualfruveg.com/2022/11/24/vegetales-glucosinolatos-nutricionales-naturaleza/>
- Redalyc. (2013). Polifenoles en alimentos. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/3236/323629266003.pdf>
- Med-Informática. (s.f.). Fibras vegetales. Recuperado de <https://www.med-informatica.com/TERAPEUTICA-STAR/FibrasVegetales1.htm>
- SciELO. (1999). Polifenoles en alimentos. Recuperado de <http://scielo.sld.cu/pdf/ibi/v18n1/ibi04199.pdf>
- Eurofins Environment. (2024). Análisis de ciclo de vida. Recuperado de <https://www.eurofins-environment.es/es/analisis-de-ciclo-de-vida-que-es/>
- FAO (2024). Evaluación ambiental de la ganadería mundial (GLEAM). Recuperado de <https://www.fao.org/4/w2598s/w2598s05.htm>

- Manos Verdes. (s.f.). Análisis del ciclo de vida de un producto. Recuperado de <https://www.manosverdes.co/analisis-del-ciclo-de-vida-de-un-producto/>