

**REPÚBLICA DOMINICANA
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DEL CIBAO ORIENTAL
Facultad de Postgrado**



**TESIS DE POSTGRADO PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE MÁSTER EN
QUÍMICA**

Título:

Contaminación Química por uso de fertilizantes y plaguicidas en el
cultivo del banano (musa paradisiaca), en la zona de Cotuí, provincia
Sánchez Ramírez. Año 2023

Sustentantes:

Cesar Alfonso Lázala Casso
Jean Carlos E. Rodríguez Rondón

Asesor (a):

Dra. Aura Núñez PhD

Cotuí, Provincia Sánchez Ramírez

Año Académico 2023.

TÍTULO

**CONTAMINACIÓN QUÍMICA POR USO DE FERTILIZANTES Y
PLAGUICIDAS EN EL CULTIVO DEL BANANO (MUSA PARADISIACA),
EN LA ZONA DE COTUÍ, PROVINCIA SÁNCHEZ RAMÍREZ. AÑO 2023**

Hoja de evaluación

Título: Contaminación Química por uso de fertilizantes y plaguicidas en el cultivo del banano (musa paradisiaca), en la zona de Cotuí, provincia Sánchez Ramírez. Año 2023

Por:

Cesar Alfonso Lázala Casso

Jean Carlos E. Rodríguez Rondón

Trabajo de posgrado sometido a la Universidad Tecnológica del Cibao Oriental (UTECO). Como requisito parcial para obtener el título de Maestría en Química

Asesora: Dra. Aura Núñez PhD

Miembro del Comité Evaluador

Miembro del Comité Evaluador

Miembro del Comité Evaluador

Directora de la escuela de Posgrado

Decano de la Facultad de Postgrado y Educación Continuada

Calificación: _____

Cotuí, Prov. Sánchez Ramírez, República Dominicana
Año académico 2023



REPÚBLICA DOMINICANA
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DEL CIBAO ORIENTAL
FACULTAD DE POSTGRADO Y EDUCACIÓN CONTINUADA
Declaración de Autoría

Fecha	Septiembre	28	2023
Nombres y apellidos de los sustentantes	Cesar Alfonso Lázala Casso Jean Carlos E. Rodríguez Rondón		
Programa	Maestría en Química		
Título del trabajo de investigación de grado	Contaminación Química por uso de fertilizantes y plaguicidas en el cultivo del banano (musa paradisiaca), en la zona de Cotuí, provincia Sánchez Ramírez. Año 2023.		
Modalidad	Presencial/Virtual		
Declaración del Autor Los conceptos emitidos en el presente trabajo de grado, son responsabilidad de los sustentantes del mismo. Las citas, consultas bibliográficas se han realizado respetando el derecho de autor; por tanto, se libera a la UTECO de su responsabilidad, sin embargo, para la reproducción total o parcial se requiere de su autorización.			

Contenido

AGRADECIMIENTOS	iv
DEDICATORIA	vi
RESUMEN	viii
SUMMARY	x
CAPÍTULO I.....	1
INTRODUCCIÓN	1
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Planteamiento del problema	4
1.3 Justificación	6
1.4 Objetivos de investigación:	7
1.4.1 Objetivo general:.....	7
1.4.2 Objetivos específicos:	7
1.5 Hipótesis	8
1.6 Operacionalización de las variables	8
1.7 Definición de términos	9
1.8 Marco contextual	11
1.9 Alcances y límites de la investigación.....	16
CAPÍTULO II	17
REVISIÓN DE LITERATURA.....	17
2.1 Introducción.....	17
2.2 Prácticas agrícolas de manejo de fertilizantes y plaguicidas.....	17
2.2.1 Tipo y cantidad de fertilizantes utilizados	17
2.2.2 Tipo y cantidad de plaguicidas utilizados.....	19
2.2.3 Frecuencia de aplicación.....	20
2.2.4 Gestión de residuos	21
2.2.5 Monitoreo y seguimiento	22
2.3 Cuidado del medio ambiente en práctica agrícola inherente al cultivo del banano	23
2.3.1 Eficiencia en el uso de recursos naturales	23
2.3.2 Reducción de impactos ambientales	24
2.3.3 Adopción de prácticas de conservación del suelo	26
2.3.4 Uso de métodos de control de plagas y enfermedades sostenibles.....	27
2.3.5 Gestión adecuada de residuos agrícolas.....	28

2.4 Contaminación química por uso de fertilizantes y plaguicidas en el cultivo de banano.....	29
2.4.1 Concentración de residuos químicos en el suelo	29
2.4.2 Contaminación del agua superficial y subterránea	30
2.4.3 Presencia de residuos químicos en los frutos de banano	31
2.4.4 Impacto en la biodiversidad y los ecosistemas circundantes	32
2.4.5 Cumplimiento de regulaciones y buenas prácticas agrícolas.....	33
2.5 Efectos de la contaminación química por uso de fertilizantes y plaguicidas	34
2.5.1 Toxicidad en organismos acuáticos	34
2.5.2 Alteraciones en la calidad del suelo.....	36
2.5.3 Efectos en la salud humana.....	37
2.5.4 Disminución de la diversidad biológica.....	38
2.5.5 Contaminación de alimentos y seguridad alimentaria.	39
CAPÍTULO III	41
METODOLOGÍA	41
3.1 Introducción.....	41
3.2 Diseño y tipo de investigación (enfoque, tipo y método).....	42
3.2.1 Enfoque de la investigación	42
3.2.2 Tipo de investigación.....	42
3.3 Descripción de la población.	42
3.4 Muestra.	42
3.5 Criterio de inclusión y exclusión.	42
3.6 Aspecto ético	43
3.7 Recolección de material biológico y preparación.....	43
3.8 Descripción del instrumento para el levantamiento de datos.	44
3.9 Procedimiento de la investigación.....	44
CAPÍTULO IV	45
PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.....	45
4.1 Introducción.....	45
4.2 Características sociodemográficas.....	45
4.3 Prácticas de manejo de fertilizantes y plaguicidas	47
4.4 Cuidado del medio ambiente en práctica agrícola inherente al cultivo del banano.....	50
4.5 Contaminación química por uso de fertilizantes y plaguicidas en el cultivo de banano.....	53
4.6 Efectos de la contaminación química por uso de fertilizantes y plaguicidas.	55

CAPÍTULO V	59
DISCUSIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	59
5.1 Introducción	59
5.2 Interrogantes de investigación	59
5.2.1 ¿Cuáles son las prácticas agrícolas de manejo de fertilizantes y plaguicidas utilizadas en el cultivo del banano (<i>Musa paradisiaca</i>) en la zona de Cotuí, Provincia Sánchez Ramírez en el año 2023?	59
5.2.2 ¿Cuáles son las principales acciones recomendadas por el gobierno nacional y los entes especializados para el cuidado del medio ambiente en las prácticas agrícolas inherentes a la producción del banano (<i>Musa paradisiaca</i>)?	60
5.2.3 ¿Cómo se pueden caracterizar los niveles de contaminación química por uso de fertilizantes y plaguicidas en el cultivo del banano (<i>Musa paradisiaca</i>)? ..	60
5.2.4 ¿Cuáles son los efectos de la contaminación química por uso de fertilizantes y plaguicidas en el cultivo del banano con énfasis en la calidad del suelo y en la biodiversidad del área de cultivo de banano?	61
5.3 Conclusiones.....	65
5.4 Comprobación de hipótesis	68
5.5 Recomendaciones	70
Bibliografía	72
Anexos.....	77

AGRADECIMIENTOS

A Dios:

Por la sabiduría que nos ha otorgado, por las oportunidades que nos ha brindado y por su inquebrantable presencia en nuestro camino académico, además de reconocemos que, sin su gracia y dirección, este logro no habría sido posible.

A la Universidad Tecnológica del Cibao Oriental (UTECO):

por habernos acogido como entes importantes en nuestra formación académica. El esfuerzo y sacrificio diario que enfrentamos en la universidad se vio recompensado por la valiosa oportunidad que nos brindaron al abrirnos sus puertas.

A nuestra asesora la Dra. Aura Núñez:

Por su valiosa orientación, apoyo y dedicación a lo largo de esta tesis. Sus conocimientos, guía y compromiso con nosotros fueron fundamentales en el desarrollo de este trabajo.

A nuestros docentes:

A todos nuestros docentes que nos acompañaron a lo largo de este trayecto académico. Sus enseñanzas y orientación fueron fundamentales en nuestra formación y en la culminación de esta tesis.

A nuestros compañeros:

A todos nuestros compañeros de estudio, quienes han sido parte fundamental de este recorrido académico. Su amistad, apoyo y colaboración fueron esenciales para nuestro crecimiento y llegar a la meta en especial mis queridos compañeros de clases: Merichel Sosa, María Angélica, Virdania Edily, Elivany, Rockilina y María Del Carmen.

Cesar Alfonso Lázala Casso

Jean Carlos E. Rodríguez Rondón

DEDICATORIA

A Dios:

Por permitirnos la vida y buena salud tanto física como mental para afrontar cada uno de los retos que enfrentamos en esta maestría, por permitirnos tener siempre nuestro norte y nunca renunciar en este camino.

Gracias al señor todo poderoso por permitirnos conocer grandes personas que en el desarrollo de estos estudios directamente influyeron en esos grandes momentos.

A mis padres:

Rafael Lazala y Juana Arelis Casso: Gracias por ser los autores principales de mi vida, quiero darle las gracias por haberme dado la educación, un hogar lleno de valores esos valores que hoy definen mi vida, le dedico esta tesis a ustedes mi mayor ejemplo a seguir.

A mi hija:

Dashley Michelle Lazala Adames: A ti hija te agradezco infinitamente por ser el motor de arranque para lograr las metas, quiero que siempre te sientas orgullo de mí y ser tu mayor ejemplo.

A mi esposa:

Madali Altagracia Adames Vásquez: por ser mi compañera, confidente, amiga, colega mi bastón quiero agradecerte por siempre motivarme a seguir y gracia por tu ayuda ha sido fundamental para realizar este proceso.

Cesar Alfonso Lázala Casso

A Dios:

Quien ha sido la guía constante en cada paso de mi vida y en la realización de esta tesis. Su amor incondicional y su divina orientación han iluminado mi camino y han sido la fuerza motriz detrás de este logro académico.

A mis padres:

Margarita Rondon y Domingo Rodríguez. Su constante apoyo, amor incondicional y sabios consejos han sido fundamentales en cada etapa de mi vida. La guía de mi madre y el ejemplo de dedicación de mi padre han sido fuentes invaluable de inspiración a lo largo de este camino académico.

A mi amada esposa:

Anyelina Díaz, por su inquebrantable apoyo, comprensión y paciencia a lo largo de esta travesía académica. Tu amor y aliento constante me han dado la fuerza necesaria para superar los desafíos y llevar a cabo este logro con éxito.

A mi querido hermano:

José Manuel Rodríguez, por estar a mi lado en cada paso del camino y por brindarme su apoyo incondicional. Tu presencia y ánimo han sido un pilar fundamental en mi vida, y tu respaldo ha sido de gran importancia durante todo el proceso de esta investigación.

A mis profesores:

Lolymer Romero, Rosaura Recio, Jairo Utate, Oscar Corona. Por la constante inspiración y el conocimiento que compartieron conmigo a lo largo de mi educación. Su dedicación y pasión por la enseñanza han sido una fuente constante de motivación en mi camino académico.

Jean Carlos E. Rodríguez Rondón

RESUMEN

Título:

Contaminación Química por uso de fertilizantes y plaguicidas en el cultivo del banano (musa paradisiaca), en la zona de Cotuí, provincia Sánchez Ramírez. Año 2023

Sustentantes:

Cesar Alfonso Lázala Casso
Jean Carlos E. Rodríguez Rondón

Asesora:

Dra. Aura Núñez PhD

La presente investigación se enfoca en evaluar la incidencia de la contaminación química causada por el uso de fertilizantes y plaguicidas en el cultivo del banano (Musa paradisiaca), problema preocupante a nivel mundial debido a los impactos negativos que suscitan al medio ambiente y la salud humana.

En este orden, el objetivo general de esta investigación es Evaluar la incidencia de la contaminación química por uso de fertilizantes y plaguicidas en el cultivo del banano (Musa paradisiaca) en la zona de Cotuí, Provincia Sánchez Ramírez en el año 2023. Para lograr esto, se llevarán a cabo los procedimientos metodológicos inductivo, deductivo y analítico.

Se aplicó un cuestionario a los trabajadores de la finca de banano para recopilar información relevante. Además, se tomarán muestras de suelo que serán analizadas en un laboratorio para verificar su fertilidad.

Esta investigación se realizará utilizando un enfoque cuantitativo, y se contó con el apoyo de Laboratorios LAMENER para la recolección de datos. Se emplearon equipos de análisis de suelo y fertilidad para obtener los resultados necesarios. Con la realización de este estudio se espera Comprender y mitigar la contaminación química en el cultivo del banano.

Partiendo de los hallazgos de la investigación se puede afirmar que el mayor número de encuestados tienen edades que oscilan entre los 41 a 60 años de edad, en tanto que la mayoría de ellos es del sexo masculino, además, el más alto porcentaje convive en una relación de unión libre, habitan en la zona urbana, han cursado estudios universitarios en altos números y tienen ocho años o más ejerciendo la función de trabajador de finca bananera.

Según los resultados obtenidos en cuanto a las prácticas para el manejo de fertilizantes y plaguicidas, ha sido posible concluir que los productores usan plaguicidas en la producción de banano, además, afirman no utilizar insecticida para tales fines, asimismo, el fertilizante más utilizado en estos momentos es el 15-15-15 (triple 15), en otro sentido, para el manejo de las hierbas se usa Paraquat y Glifosato, así también, en el mayor número de los casos se apegan a las normativas para el manejo de los residuos y estos productores mantienen un constante monitoreo y seguimiento efectivo en la producción de banano.

De conformidad con los resultados obtenidos con la investigación en lo concerniente al cuidado del medio ambiente en la práctica agrícola inherente al cultivo

del banano, se puede concluir que se utiliza con eficiencia los recursos naturales en la producción de banano, por su lado, comúnmente se adoptan prácticas para la conservación del suelo y estos métodos procuran el control de plagas de forma sostenible y los residuos agrícolas que se producen son gestionados de forma adecuada.

Partiendo de los hallazgos de la investigación, en relación a la contaminación química por uso de fertilizantes y plaguicidas en el cultivo de banano, se estableció que los productores no realizan estudios para medir la concentración de residuos químicos en el suelo, asimismo, no realizan prácticas que puedan ayudar a evitar la contaminación del agua superficial y subterránea, estos productores a veces realizan estudios para determinar la presencia de residuos químicos en el banano, estos también en algunas oportunidades mantienen controles para evitar el impacto de la biodiversidad de los ecosistemas circundantes y afirman que siempre cumplen con las normas del Ministerio de Agricultura.

En lo que concierne con los efectos de la contaminación química por el uso de fertilizantes y plaguicidas, quedó evidenciado que los productores no utilizan estudios para verificar la toxicidad en organismos acuáticos, además, los productores confirman que en ocasiones se registran alteraciones en la calidad del suelo, asimismo, la producción de banano en pocas ocasiones representa un riesgo para la salud humana, un dato importante y a tomar en cuenta es que se ha registrado una disminución de la biodiversidad biológica en las fincas que se dedican a la producción de banano.

Con el estudio del suelo que se realizó, se encontró que luego de aplicarle Paraquat al suelo, este evidenció un ligero aumento en la concentración en los parámetros cobre, hierro, zinc, níquel y aluminio, los demás mantuvieron parámetros parecidos, ahora bien, este aumento en estos parámetros y el evidente uso de este químico en la producción de banano, muestra que se deben tomar medidas para evitar que el producto final se encuentre afectado por los metales y pueda poner el riesgo a los consumidores.

Palabras claves: Contaminación Química, fertilizantes, plaguicidas y banano (musa paradisiaca)

SUMMARY

Title:

Chemical contamination by the use of fertilizers and pesticides in the cultivation of banana (*musa paradisiaca*), in the area of Cotuí, province Sánchez Ramírez. Year 2023

Substantiators:

Cesar Alfonso Lázala Casso
Jean Carlos E. Rodríguez Rondón

Advisor:

Dra. Aura Núñez PhD

This research is focused on evaluating the incidence of chemical contamination caused by the use of fertilizers and pesticides in banana (*Musa paradisiaca*) cultivation, a problem of worldwide concern due to the negative impacts on the environment and human health.

In this order, the general objective of this research is to evaluate the incidence of chemical contamination due to the use of fertilizers and pesticides in the cultivation of banana (*Musa paradisiaca*) in the Cotuí area, Sánchez Ramírez Province, in the year 2023. To achieve this, inductive, deductive and analytical methodological procedures will be used.

A questionnaire will be applied to the banana farm workers to collect relevant information. In addition, soil samples will be taken and analyzed in a laboratory to verify its fertility.

This research will be carried out using a quantitative approach, and will be supported by LAMENER Laboratories for data collection. Soil and fertility analysis equipment will be used to obtain the necessary results. It is expected that this study will allow understanding and mitigating chemical contamination in banana cultivation.

Based on the research findings, it can be affirmed that the largest number of respondents have ages ranging from 41 to 60 years of age, while the majority of them are male, in addition, the highest percentage lives in a common-law relationship, they live in the urban area, have completed university studies in high numbers and have worked as a banana farm worker for eight years or more.

According to the results obtained in terms of the practices for the management of fertilizers and pesticides, it has been possible to conclude that the producers use pesticides in the production of bananas, in addition, they affirm that they do not use insecticide for such purposes, likewise, the most used fertilizer in these moments is 15-15-15 (triple 15), in another sense, Paraquat and glyphosate are used to manage herbs, likewise, in the greatest number of cases they adhere to the regulations for waste management and these producers maintain constant monitoring and effective monitoring of banana production.

In accordance with the results obtained with the investigation regarding the care of the environment in the agricultural practice inherent to the cultivation of bananas, it can be concluded that natural resources are used efficiently in the production of bananas, on the other hand, it is commonly they adopt practices for soil conservation

and these methods seek to control pests in a sustainable way and the agricultural residues that are produced are managed appropriately.

Based on the research findings, in relation to chemical contamination due to the use of fertilizers and pesticides in banana cultivation, it was established that the producers do not carry out studies to measure the concentration of chemical residues in the soil, likewise, they do not carry out practices that can help avoid contamination of surface and groundwater, these producers sometimes carry out studies to determine the presence of chemical residues in the bananas, these also on some occasions maintain controls to avoid the impact of the biodiversity of the surrounding ecosystems and affirm that always comply with the standards of the Ministry of Agriculture.

Regarding the effects of chemical contamination from the use of fertilizers and pesticides, it was evidenced that the producers do not use studies to verify the toxicity in aquatic organisms, in addition, the producers confirm that changes in the quality of the product are sometimes registered. soil, likewise, banana production rarely represents a risk to human health, an important fact to take into account is that there has been a decrease in biological biodiversity on farms that are dedicated to banana production.

With the study of the soil that was carried out, it was found that after applying Paraquat to the soil, it showed a slight increase in the concentration in the parameters copper, iron, zinc, nickel and aluminum, the others maintained similar parameters, however, this The increase in these parameters and the evident use of this chemical in banana production show that measures must be taken to prevent the final product from being affected by metals and putting consumers at risk.

Key words: Chemical contamination, fertilizers, pesticides and banana (*musa paradisiaca*).

CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

Por su parte, Barrera et.al (2011), en su proyecto de investigación titulado “Efecto de abonos orgánicos sobre el crecimiento y producción del plátano Hartón (Musa AAB)” realizado en el municipio de San Juan de Urabá (Antioquia), en dos ciclos: 2006-2007 y 2008- 2009, con el objetivo evaluar el efecto de abonos orgánicos sobre el crecimiento y producción del plátano.

Entre los resultados que se obtuvieron en esta investigación se evidencia que los tratamientos fueron distribuidos bajo un diseño en bloques completos al azar, 12 tratamientos y tres repeticiones, la población fue 1.080 plantas, sembradas a 3×3 m y la unidad experimental estuvo constituida por 30 plantas. Los tratamientos fueron: micorrizas, Bocashi, biol, lombriabono, testigo, químico, micorrizas + Bocashi, micorrizas + Bocashi + biol, micorrizas + lombriabono, micorrizas + lombriabono + biol, micorrizas + biol y micorriza comercial (NN Garcés). (Barrera et.al 2011).

La aplicación de los tratamientos fue mensual, 3 meses después de establecido el cultivo (DDE) hasta 9 meses DDE, en las dosis recomendadas, se realizaron las prácticas culturales convencionales en la zona. Para el primer ciclo los abonos orgánicos no influyeron sobre las variables de crecimiento y desarrollo, solo afectaron el peso del racimo, grosor y longitud de la primera mano del racimo y no afectaron el número de dedos y el grosor de la tercera mano, para el segundo ciclo influyeron significativamente en las variables de crecimiento, desarrollo y de producción, no logró influir en el peso del racimo y en el grosor de la tercera mano. (Barrera et.al 2011).

A nivel internacional, las musáceas comerciales representan importantes rubros en términos económicos para la mayoría de países productores, además, contribuyen con la seguridad y soberanía alimentaria de países en vía de desarrollo, ya que son alimentos básicos en la dieta diaria de millones de personas, tanto como alimento fresco, de cocción y procesado, junto a las raíces y tubérculos aportan alrededor del 40% de la oferta de alimentos ricos en energía. (Loeillet et.al, 2012).

Rossi (2013), en su proyecto de investigación titulado “Los Agroquímicos Usados en Las Plantaciones Bananeras y Sus Efectos en el Agua, la Gente, y el Ambiente en la Comunidad de Changuinola, Bocas del Toro, Panamá” realizada en la

universidad de Lehigh University en Panamá, con el objetivo general de: entender los efectos de los pesticidas, fertilizantes, nematicidas, insecticidas, y plaguicidas en el agua potable de Changuinola, Panamá.

Este estudio se realizó por medios de entrevistas informales y por análisis de muestras de agua en fincas bananeras en el laboratorio de IDAAN. Los pozos de agua analizados fueron de Fincas 03, 04, 41, 54, California, Deborah, San San, y El Silencio. La población entrevistada fueron doctores, ingenieros, y gente de la comunidad. (Rossi 2013).

Entre las conclusiones de esta investigación se evidenciaron que, no hubo conclusión fija de que la contaminación que se vio en los pozos agua en los bananales era a raíz de los agroquímicos, pero si se vio una relación entre la proximidad de los bananales y la calidad de agua. Se notó que lo más cerca que el poso estaba a las fincas bananeras, la peor la calidad de agua era. Esto se concluyó por los analices de agua que mostraron que los parámetros medidos de calidad de agua de estos pozos estuvieron fuera de las normativas panameñas. (Rossi 2013).

También se notó que el pueblo ha tenido problemas de salud más altos que otros pueblos, como problemas de piel y esterilizaciones de trabajadores. No se puede concluir que es definitivamente por los pesticidas. Si se puede decir que la salud de la gente se ha puesto mejor en los últimos años a raíz de cambios en normativas y regulaciones de los agroquímicos en las bananeras. (Rossi 2013).

Según la FAO (2018), en su proyecto de investigación titulado “Manejo de pesticidas en la industria bananera” realizada en sus jornadas a nivel internacional en el año 2018, con el objetivo de mejorar el manejo de pesticidas en la industria bananera y mejorar la calidad del producto final.

En este estudio nos explican el uso de pesticidas para el control de plagas y enfermedades es extensivo en plantaciones bananeras, particularmente en las que producen para la exportación y durante todo el año. Los cultivos de banano son particularmente susceptibles a infestaciones ya que la mayoría se cultiva en los trópicos, favoreciendo las condiciones para las plagas. Los pesticidas son utilizados para controlar diferentes plagas del banano, incluida la Sigatoka Negra, que en plantaciones bananeras puede reducir los rendimientos en un 35 por ciento a 50 por ciento. (FAO 2018).

La contaminación causada por el uso intensivo de agroquímicos en la producción de monocultivos continúa siendo un reto dentro de la industria bananera. Las preocupaciones sobre estos riesgos se reflejan cada vez más en las demandas del mercado en cuanto al uso de pesticidas. (FAO 2018).

Los perjuicios ocasionados a la salud laboral de los trabajadores, incluido el riesgo de enfermedades crónicas y envenenamiento agudo; Riesgos para la salud pública, incluido el envenenamiento de los consumidores; Daños al medio ambiente, incluida la contaminación del suelo y del agua, deforestación y reducción de la biodiversidad; Envenenamiento de animales salvajes, ganado y polinizadores; Reducción de los rendimientos; Daños a los costos de producción y al potencial de exportación. (FAO 2018).

Para los productores, este desarrollo presenta una necesidad de cambio en sus sistemas comerciales y producción, actualizando sus conocimientos técnicos y manteniendo al mismo tiempo la viabilidad económica de las fincas bananeras. Por lo tanto, es importante minimizar el uso de pesticidas y asegurar su manejo adecuado antes, durante y después de la aplicación para reducir los riesgos sociales y ambientales. (FAO 2018).

De acuerdo con Furcal et.al (2014), en su proyecto de investigación titulado “Fertilización del plátano con nitrógeno y potasio durante el primer ciclo productivo” manifiestan que el objetivo principal de esta investigación fue evaluar el efecto de diferentes dosis de nitrógeno y potasio en el cultivo de plátano (*Musa AAA*) cultivar Curraré semi gigante, en suelo del orden inceptisol de fertilidad media, en La Fortuna, San Carlos, Costa Rica en dos años consecutivos 2008 y 2009.

El experimento se estableció en La Fortuna, San Carlos, Costa Rica, en dos años consecutivos, 2008 y 2009, en suelo del orden inceptisol de fertilidad media, formado por materiales aluviales. Se aplicaron dosis de 0, 100 y 200 kg de N/ha y 0,125, 250 y 375 kg de K₂O/ha. La siembra se realizó con cormos del cultivar Curraré semi gigante, a una densidad de 2380 y 2224 plantas por hectárea, en cada año. (Furcal et.al 2014).

Se evaluaron las variables circunferencia y altura de pseudotallo, peso del racimo, número de frutos y de manos por racimo, longitud y calibre del fruto central de la segunda mano. Hubo diferencias estadísticas significativas en las dosis de 100 y 200 kg de N/ha para todas las variables, excepto el número de manos por racimo, en los dos

períodos, 2008-2009 y 2009-2010, produciéndose mejores resultados en el segundo período. (Furcal et.al 2014).

Con la aplicación de K no se detectaron respuestas significativas en el primer período, quizás debido a la aparición de bacteriosis a los cinco meses de edad; sin embargo, en el período 2009-2010 hubo diferencias significativas en longitud y calibre del fruto central de la segunda mano e interacción entre N y K₂O en estas dos 12 variables, con mayor longitud (29,13 cm) y calibre (63,04; 1/32 pulgada) en la combinación de las dosis altas. La absorción de nitrógeno y potasio, al momento de la cosecha, fue de 102,6 kg de N/ha y 227,8 kg de K/ha, respectivamente. (Furcal et.al 2014).

De acuerdo con Requena (2022), La historia de los plaguicidas organoclorados comienza con el descubrimiento del DDT, que se convierte pronto en el insecticida más utilizado en el mundo. Ejércitos de diferentes partes del mundo usaron el DDT para la protección de sus tropas contra la malaria, tifus y otras enfermedades transmitidas por vectores. Las dos décadas que siguieron a la Segunda Guerra Mundial fueron testigo del amplio uso de los organoclorados, especialmente el DDT en Norteamérica, y ciclodienos como el endrín, aldrín y dieldrín, y el hexaclorociclohexano (HCH) en Gran Bretaña y Japón. Sin embargo, el uso extensivo de organoclorados en el control de plagas ha tenido efectos colaterales desastrosos para el medioambiente, lo que ha llevado a su declive paulatino en los países desarrollados a partir de los años setenta. Estos organoclorados, desde hace más de dos décadas, fueron prohibidos en Panamá para su uso en actividades agrícolas y pecuarias.

1.2 Planteamiento del problema

El cultivo del banano es una actividad agrícola importante en muchos países tropicales del mundo, y se ha vuelto cada vez más intensivo con el uso de fertilizantes y plaguicidas según afirma Reyes (2022). Sin embargo, el uso excesivo de estos productos químicos puede tener consecuencias negativas en el medio ambiente y la salud humana de acuerdo con (Madrigal 2019).

La contaminación química por el uso de fertilizantes y plaguicidas en el cultivo del banano puede tener efectos a largo plazo en la calidad del suelo, la biodiversidad y la salud humana (Santana, 2018). Por lo tanto, es importante investigar los efectos de la contaminación química en la producción de banano y desarrollar técnicas agrícolas

sostenibles para minimizar su impacto en el medio ambiente y la salud humana. La contaminación química por el uso de fertilizantes y plaguicidas en el cultivo del banano (*Musa paradisiaca*) plantea una situación preocupante en el mundo y República Dominicana no es la excepción.

Durante las visitas realizadas a las diferentes fincas que se encuentran en el Municipio de Cotuí se logra evidenciar la degradación del suelo, contaminación del agua, impacto a la salud humana, resistencia de plagas y enfermedades, impacto ambiental afectando la biodiversidad y a otros organismos provocando desequilibrios en los ecosistemas locales. Aparentemente las causas de esta situación incluyen la sobreutilización y aplicación inadecuada de estos productos químicos, así como la falta de capacitación y conciencia sobre prácticas agrícolas sostenibles. Esto ha llevado a una acumulación de residuos químicos en el suelo y la contaminación de cuerpos de agua, con impactos negativos en el medio ambiente y la salud humana.

De seguir así esta problemática, las consecuencias generadas producto a esta contaminación podrían resultar significativas. Los ecosistemas acuáticos y terrestres se ven afectados, con una disminución de la biodiversidad y la alteración de la calidad del suelo, o podría ser que la exposición a largo plazo a residuos químicos en los alimentos puede causar problemas de salud, desde trastornos endocrinos hasta daños en el sistema nervioso. El pronóstico indica que, sin medidas adecuadas, la situación de contaminación química en el cultivo del banano empeorará. La resistencia de plagas y malezas a los productos químicos aumentará, generando una mayor dependencia de sustancias más fuertes y dañinas.

Para controlar este pronóstico, se requiere la implementación de prácticas agrícolas sostenibles y el fomento de estrategias de manejo integrado de plagas. Esto implica reducir la dependencia de fertilizantes y plaguicidas químicos, promover la educación y capacitación de los agricultores en técnicas sostenibles, así como fomentar la investigación y desarrollo de alternativas más seguras y eficientes. En función a que con una buena implementación de prácticas agrícolas sostenibles y adecuadas puede reducir la dependencia de fertilizantes y productos químicos en el cultivo del banano. En este contexto, surge la siguiente interrogante:

¿Cuál es el nivel de contaminación química por el uso de fertilizantes y plaguicidas en el cultivo del banano (*Musa paradisiaca*) en la zona de Cotuí, provincia

Sánchez Ramírez, y cuáles son los posibles impactos en el medio ambiente y la salud humana? La misma se puede operacionalizar con las siguientes preguntas de investigación:

¿Cuáles son las prácticas agrícolas de manejo de fertilizantes y plaguicidas utilizadas en el cultivo del banano (*Musa paradisiaca*) en la zona de Cotuí, Provincia Sánchez Ramírez en el año 2023?

¿Cuáles son las principales acciones recomendadas por el gobierno nacional y los entes especializados para el cuidado del medio ambiente en las prácticas agrícolas inherentes a la producción del banano (*Musa paradisiaca*)?

¿Cómo se pueden caracterizar los niveles de contaminación química por uso de fertilizantes y plaguicidas en el cultivo del banano (*Musa paradisiaca*)?

¿Cuáles son los efectos de la contaminación química por uso de fertilizantes y plaguicidas en el cultivo del banano con énfasis en la calidad del suelo y en la biodiversidad del área de cultivo de banano?

1.3 Justificación

El cultivo del banano es de gran importancia económica y alimentaria en la región. Sin embargo, el uso indiscriminado de fertilizantes y plaguicidas puede generar contaminación química con impactos negativos en el medio ambiente y la salud humana. Es fundamental comprender la magnitud de este problema y sus implicaciones para tomar medidas adecuadas y sostenibles. (Crissman, 2021)

Aunque se han realizado investigaciones relacionadas con la contaminación química en la agricultura, esta investigación se enfoca específicamente en el cultivo de banano (*Musa Paradisiaca*) en la zona de Cotuí, provincia Sánchez Ramírez. Esto aporta originalidad al estudio, ya que se analizarán las características particulares de esta región y su relación con la contaminación química.

Los resultados de esta investigación serán aplicables en el ámbito agrícola y de políticas públicas. Proporcionarán información relevante para implementar prácticas agrícolas más sostenibles y seguras, promoviendo la reducción de la dependencia de fertilizantes y plaguicidas químicos. Además, contribuirán al desarrollo de estrategias de manejo integrado de plagas y a la protección del medio ambiente y la salud humana.

De acuerdo con Oyhantcabal (2021), la contaminación química en el cultivo de banano afecta tanto a los agricultores como a los consumidores. Esta investigación busca salvaguardar la salud de los trabajadores agrícolas y la calidad de los productos alimentarios, generando un impacto directo en la sociedad. También se abordará la importancia de la preservación del medio ambiente y los recursos naturales para las generaciones futuras.

El estudio contribuirá a la generación de conocimiento científico al ampliar la comprensión de los efectos de la contaminación química en el cultivo del banano. Además, permitirá identificar las causas subyacentes y los mecanismos involucrados en la contaminación química, aportando a la literatura científica existente en el campo de la agricultura sostenible y la protección ambiental.

De acuerdo con Céspedes et.al (2019), considerarán que las investigaciones previas relacionadas con la contaminación química en la agricultura, los impactos en la salud humana y el medio ambiente, son los enfoques y estrategias de manejo sostenible propuestos por diversos autores. Estos estudios previos servirán de base teórica para el presente trabajo, permitiendo comparaciones, contrastes y la generación de nuevas conclusiones.

La realización de esta investigación es factible debido a la disponibilidad de recursos como laboratorios para análisis de muestras de suelo y colaboración con instituciones locales y expertos en agricultura. Además, la zona de Cotuí, provincia Sánchez Ramírez, proporciona un escenario propicio para el estudio, ya que es una región donde el cultivo de banano tiene una presencia.

1.4 Objetivos de investigación:

1.4.1 Objetivo general:

Evaluar la incidencia de la contaminación química por uso de fertilizantes y plaguicidas en el cultivo del banano (*Musa paradisiaca*) en la zona de Cotuí, Provincia Sánchez Ramírez en el año 2023.

1.4.2 Objetivos específicos:

Describir las prácticas agrícolas de manejo de fertilizantes y plaguicidas en el cultivo del banano (*Musa paradisiaca*) en la zona de Cotuí, Provincia Sánchez Ramírez en el año 2023.

Identificar las principales acciones destinadas al cuidado del medio ambiente en las prácticas agrícolas inherentes la producción del banano (*Musa paradisiaca*) que son recomendadas por el gobierno nacional y los entes especializados.

Caracterizar los niveles de contaminación química por uso de fertilizantes y plaguicidas en el cultivo del banano (*Musa paradisiaca*)

Reconocer los efectos de la contaminación química por uso de fertilizantes y plaguicidas en el cultivo del banano con énfasis en la calidad del suelo y en la biodiversidad del área de cultivo de banano.

1.5 Hipótesis

1.H1: ¿Existe una relación significativa entre la cantidad de fertilizantes y plaguicidas utilizados en el cultivo del banano en la zona de Cotuí y los niveles de contaminación química en el suelo y el agua?

2.H2: ¿Se observa una correlación entre el tiempo de exposición de los trabajadores agrícolas a los fertilizantes y plaguicidas en el cultivo del banano y la incidencia de problemas de salud relacionados con la exposición a sustancias químicas?

3.H3: ¿Existe una diferencia significativa en los niveles de contaminación química entre las fincas que implementan prácticas agrícolas sostenibles y las que no lo hacen en la zona de Cotuí?

4.H4: ¿Cuál es el impacto de la contaminación química por fertilizantes y plaguicidas en la calidad y seguridad de los productos de banano en la zona de Cotuí, provincia Sánchez Ramírez?

1.6 Operacionalización de las variables

Cuadro No. 1: Variables e indicadores

Objetivos específicos	Variable	Indicador	Instrumentos
Describir las prácticas agrícolas de manejo de fertilizantes y plaguicidas en el cultivo del banano (<i>Musa paradisiaca</i>) en la zona de Cotuí	Prácticas de manejo de fertilizantes y plaguicidas	Tipo y cantidad de fertilizantes utilizados, tipo y cantidad de plaguicidas utilizados, frecuencia de aplicación, gestión de residuos,	Análisis Documental (arqueo bibliográfico) Observación (ficha de registro de observación)

		monitoreo y seguimiento.	Pruebas y bitácoras de trabajo
Identificar las principales acciones destinadas al cuidado del medio ambiente en las prácticas agrícolas inherentes al cultivo del banano (<i>Musa paradisiaca</i>) que son recomendadas por el gobierno nacional y los entes especializados	Cuidado del medio ambiente en práctica agrícola inherente al cultivo del banano	Eficiencia en el uso de recursos naturales, reducción de impactos ambientales, adopción de prácticas de conservación del suelo, uso de métodos de control de plagas y enfermedades sostenibles, Gestión adecuada de residuos agrícolas.	Análisis Documental (arqueológico bibliográfico) Encuesta (Cuestionario)
Caracterizar los niveles de contaminación química por uso de fertilizantes y plaguicidas en el cultivo del banano (<i>Musa paradisiaca</i>)	Contaminación química por uso de fertilizantes y plaguicidas en el cultivo de banano	Concentración de residuos químicos en el suelo, Contaminación del agua superficial y subterránea, Presencia de residuos químicos en los frutos de banano, Impacto en la biodiversidad y los ecosistemas circundantes, Cumplimiento de regulaciones y buenas prácticas agrícolas.	Análisis Documental (arqueológico bibliográfico) Análisis Químico (Ensayos Diversos)
Reconocer los efectos de la contaminación química por uso de fertilizantes y plaguicidas en el cultivo del banano con énfasis en la calidad del suelo y en la biodiversidad del área de cultivo de banano.	Efectos de la contaminación química por uso de fertilizantes y plaguicidas	Toxicidad en organismos acuáticos, Alteraciones en la calidad del suelo, Efectos en la salud humana, Disminución de la diversidad biológica, Contaminación de alimentos y seguridad alimentaria.	Análisis Documental (arqueológico bibliográfico) Análisis Químico (Ensayos Diversos)

Fuente: elaboración de los sustentantes.

1.7 Definición de términos

Acumulación de residuos: Es el proceso en el cual los residuos químicos se acumulan en el suelo, agua y organismos vivos a lo largo del tiempo debido al uso continuado de

fertilizantes y plaguicidas. La acumulación de residuos puede tener impactos negativos en la calidad del suelo, la biodiversidad y la salud humana. (Bertsch, 2017).

Buenas prácticas agrícolas (BPA): Son las técnicas y enfoques recomendados para el manejo responsable de fertilizantes y plaguicidas en la producción de banano, que incluyen la dosificación adecuada de productos químicos, el uso de métodos de control integrado de plagas, la conservación del suelo y agua, y la protección de la salud humana y la biodiversidad. (Vargas, 2020).

Contaminación cruzada: Es el fenómeno por el cual los residuos químicos presentes en los cultivos tratados con plaguicidas pueden transferirse a otros cultivos, alimentos o productos a través del contacto directo o la contaminación ambiental, lo que puede comprometer la seguridad alimentaria y la calidad de los productos. (Santos, 2019).

Contaminación química: Es la presencia y acumulación de sustancias químicas nocivas en el medio ambiente, como suelo, agua y aire, que pueden tener efectos negativos en los organismos vivos y los ecosistemas. (Araya, 2021).

Fertilizantes: Son sustancias que se añaden al suelo o se aplican a las plantas para proporcionar nutrientes esenciales, como nitrógeno, fósforo y potasio, que promueven el crecimiento y desarrollo de las plantas. Sin embargo, un uso excesivo o inapropiado de fertilizantes puede conducir a la contaminación del suelo y del agua. (Santos, 2019).

Impacto en la salud humana: Se refiere a los efectos adversos que los residuos de fertilizantes y plaguicidas pueden tener en la salud de las personas que están expuestas a través del consumo de alimentos contaminados, la inhalación de productos químicos o el contacto directo con ellos. (Méndez, 2020).

Lixiviación: Es el proceso por el cual los fertilizantes y plaguicidas aplicados en el suelo se disuelven en el agua de riego o las precipitaciones y se mueven a través del suelo hacia capas más profundas o cuerpos de agua subterránea, lo que puede contribuir a la contaminación del agua. (Fernández, 2021).

Monitoreo ambiental: Es la recolección sistemática y regular de muestras y datos del suelo, agua y organismos en el entorno del cultivo de banano, con el fin de evaluar la presencia y concentración de residuos químicos, evaluar los efectos en la biodiversidad y los ecosistemas circundantes, y tomar medidas correctivas si es necesario. (Cruz, 2020).

Plaguicidas: Son sustancias químicas utilizadas para controlar o eliminar plagas, como insectos, enfermedades y malezas, que pueden afectar negativamente el crecimiento y rendimiento del cultivo. Los plaguicidas incluyen insecticidas, fungicidas, herbicidas y otros productos químicos diseñados para un uso específico. (Muñoz, 2021).

Residuos químicos: Son restos o trazas de sustancias químicas que quedan en el suelo, agua, plantas o productos agrícolas después de la aplicación de fertilizantes y plaguicidas. Los residuos químicos pueden persistir en el medio ambiente y representar un riesgo para la salud humana y la biodiversidad si no se gestionan adecuadamente. (Ramírez, 2017).

Resistencia de plagas: Es la capacidad de las plagas, como insectos o enfermedades, de desarrollar resistencia a los plaguicidas utilizados de manera repetida. La resistencia puede surgir como resultado de la exposición continua a los mismos productos químicos, lo que dificulta el control efectivo de las plagas y puede requerir el uso de productos más tóxicos o alternativas de control. (Romero, 2017).

Riesgo ambiental: Es la probabilidad de que los fertilizantes y plaguicidas utilizados en el cultivo del banano puedan causar daño o impactos negativos en el medio ambiente, incluyendo la contaminación del suelo, agua y la alteración de los ecosistemas circundantes. (Rivera, 2019).

Volatilización: Es la liberación de compuestos químicos en forma de vapores o gases desde el suelo o las plantas tratadas con plaguicidas. Estos compuestos pueden ser transportados por el viento y depositarse en otros lugares, causando contaminación en áreas cercanas. (Nicholls, 2018).

Zonas tampón: Son áreas de vegetación o espacios naturales ubicados entre las plantaciones de banano y las fuentes de agua, como ríos o cuerpos de agua, que actúan como barreras físicas para reducir la lixiviación y la escorrentía de productos químicos hacia el agua. (Muñoz, 2021).

1.8 Marco contextual

Según Rincón (2017) Cotuí es el municipio cabecero de la provincia de Sánchez Ramírez de la República Dominicana y está ubicada al Norte de la Sierra de Yamasà en el Valle del Cibao, cerca del Rio Yuna. Se limita al Norte con la provincia Duarte, al Sur con la provincia Monte plata, el Este con el municipio de Cevicos, y al

Oeste con el municipio de Villa La Mata. Cuenta con cinco distritos municipales: Caballero, Comedero Arriba, Platanal, Quita Sueño y Zambrana.

La provincia Sánchez Ramírez está enclavada en la rica macro Región Central del país, denominada Cibao Sur, cuenta con una superficie de 1,185.8 km². Está calificada como una zona altamente generadora de productos, bienes y servicios agropecuarios y mineros. Sus suelos disfrutan de alta pluviometría durante todo el año, muy por encima del promedio nacional. Asimismo, la alta calidad y fertilidad de los mismos es muy significativa para marcar la diferencia positiva y productiva a favor de la provincia. Son suelos aptos para la producción eficiente de todo tipo de cultivos. Cultivos como el arroz y la piña, son considerados emblemáticos en el perfil productivo de Sánchez Ramírez. (FOMISAR, 2015).

Su nombre, escrito antiguamente Cotuí o Cotoy, era el nombre de la comunidad taína ubicada alrededor de la mina de oro y plata explotada por los conquistadores españoles a partir de la primera década del siglo XVI. Es una de las ciudades más antiguas del nuevo mundo. Fue fundada en el año 1505 por el conquistador español Rodrigo Trillo de Mexia. Durante el gobierno de Nicolás de Ovando, en el lugar que ocupaba una población indígena. Los padres de Jerónimo en la segunda década del siglo XVI la establecieron como centro de explotación minera con el nombre de La Mejorada del Cotuí, también llamada Los mineros. En 1533 Cotuí adquirió categoría de villa y comenzó a conocerse como La Mejorada Villa del Cotuí. (Rincón, 2017). Según el censo nacional de población y vivienda de 2012, la provincia tiene una población de 151,352 y su municipio cabecero Cotuí tiene una población total de 76,554.

En lo que respecta a la cohesión social, este territorio ha sabido articularse a través de una red de organizaciones sociales, que tienen agendas de trabajo alrededor de los problemas más acuciantes de la provincia, en lo religioso, cultural, artístico, artesanal, productivo y ambiental. Las instituciones públicas, especialmente las relacionadas a la salud y educación, tienen fuerte presencia e influencia en todos los municipios y distritos municipales, siendo la receptividad de la población para acoger sus servicios bastante notables. (FOMISAR, 2015).

La economía de Sánchez Ramírez tiene su base en la producción, especialmente en la producción de arroz, de frutas como la piña y los cítricos, con unas 38,000 tareas sembradas de naranjales, 2.200 tareas sembradas de limón agrio, 8,500 tareas de chinolas, 7,000 de maíz, 10,000 de yuca, además de algunos frutos menores como la yautía, el ñame y la auyama. (FOMISAR, 2015).

Así como en Sánchez Ramírez existen un sin número de factorías de arroz, también la provincia cuenta con varias empacadoras de frutas, donde se logra un comercio aunque un poco tímido de exportación de piña. Otro fruto que se exporta al importante mercado europeo es el seso vegetal, única provincia del país que lo produce. A pesar de que la producción de cacao ha disminuido en las últimas décadas, aún se siente vigorosa su producción, sobre todo entre los que se dedican a la comercialización del producto. En la zona del municipio de Cevicos se produce especias, como en ninguna otra región del país, se cosecha clavos, canela, nuez moscada y pimientas. (Ibid, 2015).

La riqueza minera de la provincia es significativa, poseyendo una de las minas de oro más grandes del mundo. Esta mina está siendo explotada actualmente por la Barrick Gold, empresa de origen canadiense. En la década de los 80 fue explotada por la Rosario Dominicana. (Ibid, 2015). Su riqueza y principales cultivos pueden ser ejemplificados en la zona de Hatillo, tradicionalmente considerada como una de las más productivas de la provincia. La evidencia está en los datos de un censo realizado por el Comité de los Ranchos y sus alrededores y que cita Ricardo Hernández. EL área de siembra de la zona estaba distribuida de la manera siguiente: 795 tareas cultivadas de cacao, 2,308 de café, 3,350 de frutos menores y 2,558 de pastos. El autor afirma que su importancia productiva era tal que funcionaba una subzona agropecuaria de la Secretaria de Estado de Agricultura (SEA). Agrega que: “Las características naturales de esta comunidad son ricas en sus recursos naturales y plantas alimenticias, industriales, maderables. (Ibidem, 2017)

Esos árboles constituyen el hábitat de diversas especies de aves. Entre ellas palomas, guineas, tórtolas, perdices y codornices. Abundan animales como el cerdo, desde el popularmente conocido como “puerco alzo”. El subsuelo Cotuisano es rico en recursos no renovables como minas de oro, plata, hierro, mármol, de arenas silíceas y calizas, y las extensas minas de arena de la cuenca media del río Yuna, de la cual,

con normalidad, se extraen diariamente alrededor de mil camiones, equivalentes a unos 12,000 metros cúbicos de arena, que por su calidad es demandada por la gran industria de la construcción del Nordeste y Cibao Oriental, según se reporta en un artículo de Ramiro Galán apareció en diciembre de 1998 en el suplemento del periódico El Nacional, dedicado a las fiestas patronales de Cotuí de ese año. (Ibidem, 2017)

Las reservas de oro y plata ascienden a más de 25 millones de toneladas métricas. Los nacimientos se encuentran en los alrededores de Cotuí, Pueblo Viejo y Los Cacaos. La explotación de este mineral lo ha realizado históricamente la empresa Rosario Dominicana. El llamado “dore” que es una aleación de oro y plata, es el producto dominicano que se obtiene y exporta al exterior. En el mármol se destacan las variedades negra y gris. República Dominicana posee una importante riqueza mineral. Cuenta con yacimientos de oro, plata, níquel, cobre y bauxita, así como también de mármol, piedra caliza, yeso, granito y materiales agregados de construcción. Asimismo, se extraen ámbar y larimar, piedras semipreciosas utilizadas en el diseño de joyería. (Ibidem, 2017)

El inicio de las operaciones de la Barrick Pueblo Viejo en la provincia marca un antes y un después en el desempeño del sector minero y su impacto sobre la economía dominicana. Barrick Pueblo Viejo (Pueblo Viejo Dominicana Corporation), inició en 2013 la extracción de oro, plata en la mina de Pueblo Viejo y en Cotuí, provincia Sánchez Ramírez. El gran interés reciente en la actividad minera se refleja en la cantidad de solicitudes de concesión de exploración y explotación de minerales. De acuerdo con informaciones de la Dirección General de Minería (DGM) a la fecha se han otorgado 17 concesiones de exploración minera y 126 de explotación, la mayoría de los minerales no metálicos. Estas se ubican en casi todo el país incluyendo Cotuí donde se encuentra la segunda mina de oro más grande del mundo. (Ibidem, 2017)

Con el devenir de los años, la importancia del sector minero se ha duplicado gracias a las actividades de explotación de minerales metálicos y no metálicos en todo el país. Según proyecciones de la Dirección General de Minería se estima que las reservas de minerales sean suficientes para generar riquezas por los próximos 30 años. (Ibidem, 2017). Es importante destacar que, aunque la minería data de más de 500

años en República Dominicana la industria minera aún está en proceso de desarrollo. Debido al limitado perfil de la industria hasta la fecha, son pocas las ofertas académicas para el sector.

Esto está cambiando de forma acelerada, un ejemplo de ello es que la UTECO de la provincia Sánchez Ramírez cuenta desde hace algunos años con una carrera de Geología, para la formación en el sector, mientras que la empresa Barrick Pueblo Viejo lleva a cabo iniciativas como el Programa de Formación Dual, para jóvenes de las zonas cercanas a su operación, generando capacidades locales en el área al tiempo de ofrecer sus espacios para garantizar la práctica. (Sitio Web oficial Barrick Pueblo Viejo 2015).

La estructura productiva de la provincia Sánchez Ramírez está compuesta, principalmente, por una activa producción agropecuaria, donde se destacan la producción de arroz, piña, cítricos, plátanos, cacao y otros rubros menores, conjuntamente con la ganadería y la pesca. El sector minero tiene también una incidencia considerable, tanto en la minería metálica como no metálica.

Las exportaciones de Piña y la explotación de los yacimientos de oro y plata de Pueblo Viejo colocan a la provincia en el escenario del comercio mundial. La actividad de la minería no metálica es también un componente importante, donde las explotaciones de las canteras de mármol, granito, calizas, sílice y agregados para la construcción, son insumos importantes de soporte a la industria nacional.

El sector comercial y de servicios, conjuntamente con la industria de la construcción, la agroindustria y la micro y pequeñas empresas, complementan el conjunto de actividades que dan sostenimiento a la economía de la provincia. Otro aspecto importante en la economía son las remesas, provenientes de ciudadanos residentes en el extranjero, de manera especial en Estados Unidos, Puerto Rico, España, Italia y otros países europeos.

Según el IX Censo Nacional de Población y Viviendas 2010 y estudios realizados por el Fondo de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), el ingreso familiar per cápita, al año 2010, fue de RD\$:19,435.81, situando a la provincia en el lugar #12 del país, con clasificación de provincia con ingresos Medio Altos. Al 1992

la provincia ocupaba el tercer lugar entre las provincias con mayor concentración de pobreza del país (PNUD 1992).

Cabe señalar que al 2010 la economía de la provincia Sánchez Ramírez se encontraba impactada por el proceso de construcción de las infraestructuras de la mina de Pueblo Viejo, con inversión superior a los US\$3,000 millones y alrededor de 7,000 puestos de trabajo que de manera directa e indirecta impactaron en su economía. Los diferentes renglones de las actividades económicas que dan sostenimiento al ingreso y calidad de vida de sus habitantes de la provincia, presentan las siguientes manifestaciones.

1.9 Alcances y límites de la investigación

Campo: Química

Área: Química orgánica, Química Inorgánica, Química Analítica, Química ambiental, Biorgánica.

Aspectos: Contaminación Química por uso de fertilizantes y plaguicidas en el cultivo del banano (*musa paradisiaca*), en la zona de Cotuí, provincia Sánchez Ramírez. Año 2023

Delimitación espacial: se centra en la zona de Cotuí, provincia Sánchez Ramírez, en relación a la contaminación química por el uso de fertilizantes y plaguicidas en el cultivo del banano (*Musa paradisiaca*). La investigación se desarrollará específicamente en esta área geográfica, considerando las características particulares de las fincas de banano y su entorno en Cotuí, provincia Sánchez Ramírez. Se analizarán los efectos de los fertilizantes y plaguicidas utilizados en esta región, así como la posible contaminación química en el suelo, el agua, la salud humana y los productos de banano. Al delimitar el estudio a esta área específica, se busca obtener información precisa y relevante sobre los impactos de la contaminación química en el cultivo del banano en esa localidad en particular.

Delimitación temporal: Esta investigación se realizará en el transcurso de los meses mayo-octubre del año 2023.

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Introducción

Este capítulo trata de la terminología fundamental que sustenta la presente investigación, en la misma se buscaron numerosas fuentes teóricas, de estudios, sitios webs, artículos científicos, publicaciones e informaciones sobre las variables presentadas en el trabajo investigativo. En relación con esto, las consultas presentadas reúnen informaciones actualizadas, garantizando la integridad y el respeto del derecho del autor.

2.2 Prácticas agrícolas de manejo de fertilizantes y plaguicidas

2.2.1 Tipo y cantidad de fertilizantes utilizados

El tipo y la cantidad de fertilizantes utilizados en la producción de banano pueden variar según las prácticas agrícolas específicas, las condiciones del suelo y las necesidades nutricionales de las plantas. Los fertilizantes comúnmente utilizados en la producción de banano. (Sanchol, 2017). El nitrógeno es un nutriente esencial para el crecimiento vegetal y se requiere en cantidades significativas para la producción de banano. Se utiliza para fomentar el desarrollo de hojas y tallos, así como para mejorar la calidad y el tamaño de los racimos. Los fertilizantes nitrogenados comunes incluyen nitrato de amonio, urea y sulfato de amonio. La cantidad de nitrógeno aplicada puede variar, pero generalmente se recomienda alrededor de 200-400 kg por hectárea por año. (Romero, 2017).

El Nitrato de amonio es una fuente de nitrógeno altamente soluble en agua. Proporciona nitrógeno de forma rápida y es especialmente efectivo en suelos ácidos. (Rodas, 2020). La Urea, es un fertilizante nitrogenado ampliamente utilizado debido a su contenido de nitrógeno concentrado. Se descompone en el suelo mediante la acción de las enzimas, liberando amonio que se convierte en nitratos disponibles para las plantas. (Rivera, 2019).

El Sulfato de amonio proporciona nitrógeno y azufre a las plantas de banano. El azufre es un nutriente secundario importante para el crecimiento y la calidad de los cultivos. (Raudes y Sagastume, 2019). El fósforo es crucial para el desarrollo de las raíces y la formación de flores y frutos. Los fertilizantes fosfatados, como superfosfato

triple, son comúnmente utilizados para suministrar fósforo a las plantas de banano. La cantidad recomendada de fósforo puede variar, pero generalmente se sitúa alrededor de 50-150 kg por hectárea por año. (Ramírez, 2017).

El Superfosfato triple (TSP) es un fertilizante fosfatado común que contiene altos niveles de fósforo. Se libera gradualmente en el suelo, proporcionando un suministro constante de fósforo a las raíces de las plantas. (Organización Meteorológica Mundial (OMM) 2021). El Fosfato monoamónico (MAP) es otro fertilizante fosfatado utilizado en la producción de banano. Contiene fósforo y nitrógeno, proporcionando un suministro equilibrado de ambos nutrientes. (Nicholls, 2018).

El potasio es esencial para el desarrollo de los frutos, el crecimiento de los tallos y la resistencia a enfermedades y estrés. Los fertilizantes potásicos, como cloruro de potasio y sulfato de potasio, se utilizan para suministrar potasio a las plantas de banano. La cantidad recomendada de potasio también puede variar, pero generalmente se sitúa alrededor de 200-400 kg por hectárea por año. (Nava, 2019). El Cloruro de potasio es una fuente común de potasio utilizada en la agricultura. Proporciona un suministro inmediato de potasio a las plantas de banano. (Muñoz, 2021).

El Sulfato de potasio es una alternativa al cloruro de potasio, especialmente en suelos sensibles al cloro. Proporciona potasio y azufre a las plantas. (Muñoz, 2021). Además de estos macronutrientes principales (N, P, K), los bananos también requieren otros nutrientes esenciales, como calcio, magnesio y micronutrientes (hierro, manganeso, zinc, etc.). Estos nutrientes a menudo se suministran mediante la aplicación de fertilizantes compuestos o mezclas específicas que contienen una combinación de nutrientes. (Méndez, 2020).

Es importante destacar que las cantidades exactas de fertilizantes a utilizar pueden variar según las características del suelo, el análisis de nutrientes del suelo, las condiciones climáticas y las prácticas de gestión agrícola específicas. Se recomienda realizar un análisis del suelo y consultar a expertos agrícolas locales para determinar las necesidades nutricionales específicas de los bananos en una región determinada. (Liotta, 2019). Es importante tener en cuenta que la forma de presentación de los fertilizantes puede variar, como gránulos, polvos o líquidos, y las dosis específicas se determinan en función del análisis de suelo y las necesidades nutricionales de las plantas. (Gutiérrez, 2019).

Además de estos fertilizantes, es común utilizar enmiendas orgánicas, como compost o estiércol, para mejorar la calidad del suelo y suministrar nutrientes adicionales de manera orgánica. (Fernández, 2021). La elección de los fertilizantes y las cantidades exactas a utilizar debe basarse en las condiciones específicas de tu área de cultivo y los análisis de suelo. Te recomiendo consultar con agrónomos locales o expertos en bananos para obtener recomendaciones más precisas. (FAO, 2020).

2.2.2 Tipo y cantidad de plaguicidas utilizados

En la producción de banano, se utilizan diferentes tipos de plaguicidas para proteger las plantas de enfermedades, plagas y malezas. Sin embargo, es importante tener en cuenta que el uso de plaguicidas debe cumplir con las regulaciones y normativas locales, y se recomienda adoptar prácticas de gestión integrada de plagas (GIP) para minimizar el impacto ambiental y promover la sostenibilidad. (Espinosa, 2019).

Los fungicidas se utilizan para controlar enfermedades fúngicas en los bananos, como la sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*) y la sigatoka amarilla (*Mycosphaerella musicola*). Algunos ejemplos de fungicidas utilizados son: (Cruz, 2020).

- Triazoles: Como el tebuconazol, propiconazol y difenoconazol.
- Estrobilurinas: Como el azoxistrobina y el trifloxistrobina.
- Mancozeb: Es un fungicida de amplio espectro.

Los insecticidas se emplean para controlar plagas de insectos que pueden dañar los bananos. Algunos insecticidas utilizados en la producción de banano son: (Cruz, 2020).

- Organofosforados: Como el clorpirifos y el diazinón.
- Piretroides: Como la deltametrina y el cipermetrin.
- Neonicotinoides: Como el acetamiprid y el imidacloprid.

Herbicidas: Los herbicidas se utilizan para controlar las malezas que compiten con los bananos por nutrientes y recursos. Algunos herbicidas utilizados en la producción de banano son: (Cruz, 2020).

- Glifosato: Es un herbicida ampliamente utilizado en la agricultura para el control de malezas de hoja ancha y gramíneas.
- 2,4-D: Es un herbicida selectivo para el control de malezas de hoja ancha.

Es importante destacar que el tipo y la cantidad de plaguicidas utilizados pueden variar según la región, las prácticas agrícolas específicas y las regulaciones locales. Además, es fundamental seguir las recomendaciones de etiquetado de los productos y seguir las buenas prácticas agrícolas para minimizar los riesgos para la salud humana y el medio ambiente. (Carrasco, 2019).

Se recomienda consultar con expertos en agricultura y seguir las recomendaciones de los programas de manejo integrado de plagas (MIP) para adoptar enfoques sostenibles y reducir la dependencia de los plaguicidas en la producción de banano. (Carballo, 2020).

2.2.3 Frecuencia de aplicación

La frecuencia de aplicación de plaguicidas en la producción de banano puede variar según las condiciones específicas de cada cultivo, incluyendo la presencia de plagas, enfermedades y malezas, así como las recomendaciones de manejo integrado de plagas (MIP) y las regulaciones locales. (Bertsch, 2017).

La frecuencia de aplicación de fungicidas puede variar dependiendo de la enfermedad específica y las condiciones ambientales. En el caso de enfermedades foliares como la sigatoka negra o la sigatoka amarilla, es común realizar aplicaciones preventivas cada 7-14 días durante períodos de alta incidencia y desarrollo de la enfermedad. Sin embargo, las recomendaciones pueden variar según las condiciones locales y la resistencia de las enfermedades. (Azofeifa, 2020).

La frecuencia de aplicación de insecticidas puede variar según el tipo de plaga y el nivel de infestación. En algunos casos, se pueden realizar aplicaciones de insecticidas de forma preventiva o en función de umbrales de infestación establecidos. La frecuencia puede variar desde aplicaciones semanales hasta intervalos más largos, dependiendo de los factores mencionados anteriormente. (Araya, 2021).

La frecuencia de aplicación de herbicidas para el control de malezas dependerá del tipo de herbicida utilizado y la tasa de crecimiento de las malezas. Algunos herbicidas pueden ofrecer un control prolongado y requerir una sola aplicación, mientras que otros pueden requerir aplicaciones adicionales si las malezas vuelven a crecer. (Aguilar, 2019).

Es importante destacar que la frecuencia de aplicación de plaguicidas debe ser determinada por un agrónomo o experto en la producción de banano, teniendo en cuenta factores específicos como las condiciones climáticas, el estado del cultivo y la presencia de plagas o enfermedades. Además, se recomienda seguir las regulaciones locales y las buenas prácticas agrícolas para garantizar un uso seguro y efectivo de los plaguicidas. (Espinosa, 2019).

2.2.4 Gestión de residuos

La gestión adecuada de los residuos en la producción de banano es fundamental para promover prácticas agrícolas sostenibles y minimizar el impacto ambiental. Algunas consideraciones importantes sobre la gestión de residuos en la producción de banano. (Liotta, 2019). Los residuos orgánicos, como los restos de cosecha y las hojas de banano, se pueden utilizar de varias formas beneficiosas: (Carballo, 2020).

Los residuos orgánicos pueden ser compostados para producir compost, que es un valioso fertilizante orgánico. El compost puede ser utilizado para mejorar la calidad del suelo y proporcionar nutrientes a las plantas. (Muñoz, 2021). En algunos casos, los residuos orgánicos de banano pueden ser utilizados como alimento para el ganado. Esto puede ayudar a reducir la cantidad de residuos y aprovechar su valor nutricional. (Rivera, 2019).

En la producción de banano, se utilizan envases y embalajes para el transporte y comercialización del producto. Es importante gestionar estos residuos de manera responsable: (Romero, 2017). Los materiales de envases y embalajes, como cartón, plástico y madera, deben ser separados y enviados a los sistemas de reciclaje adecuados. Se pueden implementar medidas para reducir la cantidad de envases y embalajes utilizados, así como fomentar su reutilización cuando sea posible. Es fundamental gestionar adecuadamente los residuos de plaguicidas para evitar la contaminación del suelo y el agua: (Méndez, 2020).

Los plaguicidas deben almacenarse en áreas designadas y seguras, siguiendo las instrucciones del fabricante. Esto ayuda a prevenir derrames y fugas que puedan afectar el medio ambiente. (Méndez, 2020). Los envases vacíos de plaguicidas deben enjuagarse correctamente y ser enviados a los programas de recolección y disposición adecuados. Es importante seguir las regulaciones y recomendaciones locales para la eliminación de residuos de plaguicidas. (Méndez, 2020).

Es esencial seguir las regulaciones y las buenas prácticas agrícolas específicas de cada región para una gestión adecuada de los residuos en la producción de banano. Además, la formación y concienciación de los agricultores y trabajadores agrícolas sobre la importancia de la gestión de residuos también juegan un papel clave en la implementación exitosa de prácticas sostenibles. (Méndez, 2020).

2.2.5 Monitoreo y seguimiento

El monitoreo y seguimiento en la producción de banano son procesos clave para evaluar el crecimiento de las plantas, detectar problemas, prevenir enfermedades y plagas, y realizar un manejo efectivo de los cultivos. (Sanchol, 2017). Los agricultores y técnicos agrícolas realizan inspecciones visuales regulares de las plantas de banano para detectar cualquier signo de estrés, enfermedades, plagas o deficiencias nutricionales. Esto implica observar el follaje, los racimos de banano, las raíces y otros componentes de las plantas para identificar posibles problemas. (Rodas, 2020).

Se pueden tomar muestras de suelo de manera periódica para analizar sus características físicas y químicas, como la textura, el pH y los niveles de nutrientes. Esto proporciona información sobre la fertilidad del suelo y ayuda a ajustar las prácticas de fertilización según sea necesario. (Méndez, 2020). Se pueden colocar trampas en el campo para monitorear la presencia y la actividad de plagas específicas, como moscas de la fruta o insectos chupadores. Esto ayuda a determinar el nivel de infestación y tomar decisiones informadas sobre el manejo de plagas. (Gutiérrez, 2019).

Mantener registros detallados de las prácticas agrícolas, como la fecha de siembra, las fechas de aplicación de fertilizantes y plaguicidas, y cualquier problema observado, es fundamental para el seguimiento efectivo. Estos registros proporcionan un historial valioso que permite evaluar el progreso y tomar decisiones basadas en datos. (Muñoz, 2021).

Cada vez más, se utilizan tecnologías como sensores remotos y sistemas de información geográfica (SIG) para monitorear y evaluar grandes extensiones de cultivos de banano. Estas herramientas proporcionan datos precisos y en tiempo real sobre el crecimiento de las plantas, la salud de los cultivos y la detección temprana de problemas. (Organización Meteorológica Mundial (OMM) 2021).

El monitoreo y seguimiento en la producción de banano permiten identificar oportunidades de mejora, tomar decisiones basadas en datos y ajustar las prácticas agrícolas de manera efectiva. Esto contribuye a una gestión más eficiente de los cultivos y ayuda a maximizar el rendimiento y la calidad de los bananos. (Fernández, 2021).

2.3 Cuidado del medio ambiente en práctica agrícola inherente al cultivo del banano

2.3.1 Eficiencia en el uso de recursos naturales

La eficiencia en el uso de recursos naturales es un aspecto crucial en la producción de banano para promover la sostenibilidad y minimizar el impacto ambiental. Algunas medidas que se pueden tomar para mejorar la eficiencia en el uso de recursos naturales en la producción de banano son las siguientes: (Cruz, 2020).

Agua:

El Riego eficiente permite utilizar técnicas de riego eficientes, como el riego por goteo o el riego localizado, que minimizan las pérdidas de agua por evaporación o escurrimiento. (Cruz, 2020).

El monitoreo del agua permite realizar un monitoreo regular de la humedad del suelo para ajustar las necesidades de riego y evitar el exceso de agua. (Cruz, 2020). La captación y reutilización del agua da paso a implementar sistemas de captación y almacenamiento de agua de lluvia para su uso en riego. (Bertsch, 2017).

Energía:

El Uso de energías renovables debe considerar la implementación de fuentes de energía renovable, como paneles solares, para la generación de electricidad en la producción de banano. (Bertsch, 2017). La Eficiencia energética debe utilizar equipos eficientes en términos de energía, como bombas de riego de alta eficiencia y sistemas de iluminación LED en instalaciones. (Espinosa, 2019).

Nutrientes y fertilizantes:

El análisis de suelo debe realizar análisis de suelo periódicos para determinar las necesidades nutricionales exactas de los bananos y aplicar fertilizantes de manera precisa, evitando aplicaciones excesivas. (Liotta, 2019). Los fertilizantes de liberación lenta deben utilizar fertilizantes de liberación lenta o controlada, que proporcionan nutrientes de manera gradual y reducen las pérdidas por lixiviación. (Fernández, 2021).

El uso de enmiendas orgánicas permite incorporar enmiendas orgánicas, como compost o estiércol, para mejorar la calidad del suelo y reducir la dependencia de fertilizantes químicos. (Fernández, 2021).

Manejo de plagas y enfermedades:

El manejo integrado de plagas (MIP) da paso a adoptar enfoques de MIP, que combinan diversas estrategias de control de plagas y enfermedades, como el uso de enemigos naturales, trampas y métodos culturales, reduciendo así la dependencia de plaguicidas. (Alfonso, 2021). Asimismo, el monitoreo y detección temprana da paso a realizar un monitoreo regular de plagas y enfermedades para detectar problemas en etapas tempranas y tomar medidas preventivas o de control específicas. (Seegerer, 2019).

Además, es importante fomentar la capacitación y concienciación de los agricultores sobre prácticas sostenibles, promover la conservación de la biodiversidad en las fincas de banano y seguir las regulaciones y estándares ambientales establecidos. (Vargas, 2020). La eficiencia en el uso de recursos naturales no solo reduce el impacto ambiental, sino que también puede generar beneficios económicos a largo plazo al optimizar los costos de producción y mejorar la calidad del cultivo. (Santos, 2019).

2.3.2 Reducción de impactos ambientales

La reducción de los impactos ambientales en la producción de banano es esencial para promover la sostenibilidad agrícola y preservar los recursos naturales. Algunas medidas que se pueden implementar para reducir los impactos ambientales en la producción de banano. (Sanchol, 2017).

Gestión integrada de plagas (GIP): Adoptar enfoques de GIP que minimicen la dependencia de plaguicidas químicos y promuevan el uso de métodos de control

biológico, trampas, rotación de cultivos y técnicas culturales para controlar plagas y enfermedades de manera más sostenible. (Rodas, 2020).

Uso eficiente del agua:

Implementar prácticas de riego eficiente, como el riego por goteo o el riego localizado, para minimizar el desperdicio de agua y reducir la sobreexplotación de los recursos hídricos. (Ramírez, 2017).

Monitorear y gestionar cuidadosamente las necesidades de riego según las condiciones climáticas, la evapotranspiración de las plantas y las características del suelo. (Muñoz, 2021).

Conservación del suelo:

Implementar prácticas de conservación del suelo, como la cobertura vegetal, la siembra directa o mínima labranza, para reducir la erosión del suelo y mejorar su calidad. Evitar el uso de maquinaria pesada en condiciones de suelo húmedo para prevenir la compactación del suelo. (Méndez, 2020).

Uso eficiente de fertilizantes:

Realizar análisis de suelo periódicos para determinar las necesidades nutricionales exactas de los bananos y aplicar fertilizantes de manera precisa y equilibrada. Utilizar fertilizantes de liberación lenta o controlada, que reducen la lixiviación y optimizan la absorción de nutrientes por parte de las plantas. (Rivera, 2019).

Conservación de la biodiversidad:

Preservar y restaurar los hábitats naturales y las áreas de vegetación nativa en las fincas de banano para promover la biodiversidad y proporcionar refugio a especies nativas. Promover la diversificación de cultivos y el establecimiento de corredores ecológicos para fomentar la presencia de polinizadores y enemigos naturales de plagas. (Liotta, 2019).

Manejo responsable de residuos:

Implementar prácticas de gestión de residuos adecuadas, como el compostaje de los restos de cosecha y la correcta disposición de envases vacíos de plaguicidas.

Minimizar la generación de residuos mediante la reducción, reutilización y reciclaje de materiales en la producción y el embalaje de bananos. Estas medidas no solo ayudan a reducir los impactos ambientales negativos, sino que también pueden contribuir a la eficiencia de los recursos, mejorar la calidad del producto y fortalecer la resiliencia del sistema agrícola. (Carballo, 2020).

2.3.3 Adopción de prácticas de conservación del suelo

La adopción de prácticas de conservación del suelo en la producción de banano es fundamental para proteger la calidad del suelo, prevenir la erosión y mantener la fertilidad a largo plazo. (Rivera, 2019).

Mantener una cobertura vegetal en el suelo es clave para reducir la erosión y protegerlo de la acción del viento y la lluvia. Se pueden utilizar cultivos de cobertura, como leguminosas o pastos, que ayudan a retener la humedad, mejorar la estructura del suelo y agregar materia orgánica. (Muñoz, 2021).

Estas técnicas implican evitar o minimizar la labranza intensiva del suelo. En lugar de voltear completamente el suelo, se siembra directamente en la capa superficial o se realiza una labranza mínima para reducir la perturbación del suelo y mantener su estructura. (Méndez, 2020).

En terrenos inclinados, se pueden construir terrazas o curvas de nivel para desacelerar el flujo del agua y reducir la erosión. Estas estructuras ayudan a retener el agua y los sedimentos en el terreno, evitando la formación de surcos y cárcavas. (Raudes y Sagastume, 2019).

Se pueden utilizar barreras vivas, como setos o cercas de plantas perennes, para frenar la velocidad del agua y reducir la erosión. Asimismo, las barreras muertas, como paja o residuos de cultivos, pueden colocarse en los surcos o alrededor de las plantas para retener la humedad y proteger el suelo. (Ramírez, 2017).

Los residuos de cultivos, como los restos de cosecha, pueden dejarse en el campo y ser incorporados al suelo para aumentar la materia orgánica y mejorar la estructura. Esto ayuda a retener la humedad, aumentar la capacidad de retención de nutrientes y promover la actividad biológica beneficiosa en el suelo. (Gutiérrez, 2019).

Evitar la compactación del suelo mediante la limitación del tráfico de maquinaria pesada en condiciones de humedad excesiva. Se pueden utilizar prácticas como el uso de rutas de acceso designadas y la rotación de áreas de tráfico para minimizar los impactos en la estructura del suelo. (Muñoz, 2021).

Es importante adaptar estas prácticas a las condiciones específicas de cada finca y seguir las recomendaciones de expertos en agricultura y conservación del suelo. La combinación de varias prácticas de conservación del suelo puede ayudar a reducir la erosión, mejorar la retención de agua y nutrientes, y mantener la salud a largo plazo del suelo utilizado para la producción de banano. (Nicholls, 2018).

2.3.4 Uso de métodos de control de plagas y enfermedades sostenibles

El uso de métodos de control de plagas y enfermedades sostenibles en la producción de banano es esencial para reducir la dependencia de plaguicidas químicos y promover prácticas agrícolas respetuosas con el medio ambiente. (FAO, 2020).

El MIP es un enfoque holístico que combina diferentes estrategias para el control de plagas de manera sostenible. Esto incluye la implementación de medidas preventivas, como el uso de variedades resistentes a enfermedades y la práctica de rotación de cultivos. (Espinosa, 2019).

El control biológico implica utilizar enemigos naturales de las plagas para mantener sus poblaciones bajo control. Esto puede incluir la liberación de insectos benéficos, como parasitoides o depredadores, que se alimentan de las plagas. También se pueden utilizar microorganismos beneficiosos, como bacterias o hongos, para el control de enfermedades. (Araya, 2021).

Las feromonas y atrayentes son sustancias químicas utilizadas para atraer y capturar a las plagas de manera selectiva. Estos compuestos pueden ser utilizados en trampas para monitorear y reducir las poblaciones de plagas sin afectar a otros organismos beneficiosos. (Azofeifa, 2020).

Los métodos culturales implican la modificación de prácticas agrícolas para reducir la incidencia de plagas y enfermedades. Esto puede incluir la limpieza y eliminación de restos de cosecha, la poda adecuada de las plantas, la selección de variedades resistentes y la rotación de cultivos. (Carrasco, 2019).

Algunos extractos vegetales y aceites naturales tienen propiedades insecticidas y fungicidas. Estos productos pueden utilizarse como alternativas a los plaguicidas químicos para el control de plagas y enfermedades. (Aguilar, 2019).

La técnica de confusión sexual consiste en la liberación de feromonas sexuales sintéticas que confunden a los insectos machos, dificultando su capacidad de encontrar a las hembras para el apareamiento. Esto puede reducir la capacidad reproductiva de las plagas y disminuir su población. (Santos, 2019).

Es importante destacar que la elección y aplicación de métodos de control de plagas y enfermedades sostenibles debe basarse en un conocimiento profundo de la biología de las plagas y enfermedades, así como de las condiciones específicas de cada finca de banano. Además, la capacitación de los agricultores y el monitoreo regular de las plagas y enfermedades son fundamentales para implementar con éxito estos métodos sostenibles. (Alfonso, 2021).

2.3.5 Gestión adecuada de residuos agrícolas.

La gestión adecuada de residuos agrícolas en la producción de banano es esencial para minimizar el impacto ambiental y promover la sostenibilidad. (Vargas, 2020).

El compostaje es una técnica eficaz para el manejo de residuos agrícolas. Los restos de cosecha, como hojas, tallos y partes no comestibles de los bananos, pueden ser compostados para convertirse en un abono orgánico rico en nutrientes. El compost puede luego ser utilizado como enmienda del suelo, ayudando a mejorar su estructura y fertilidad. (Segeber, 2019).

Los envases y embalajes utilizados en la producción de banano, como bolsas plásticas o contenedores de transporte, deben ser reciclados adecuadamente. Se deben implementar sistemas de recolección y reciclaje, o buscar alternativas de embalaje más sostenibles, como materiales biodegradables o reciclables. (Aguilar, 2019).

Algunos residuos agrícolas, como los restos de cosecha o la poda de plantas, pueden ser utilizados como biomasa para la producción de energía. Estos residuos pueden ser convertidos en biogás, utilizado para generar electricidad o como fuente de calor en procesos industriales. (Araya, 2021).

Los residuos químicos, como envases vacíos de plaguicidas, deben ser eliminados de manera adecuada y segura, siguiendo las regulaciones y directrices establecidas por las autoridades locales. Esto puede incluir el enjuague de los envases y su devolución a puntos de recolección designados para su posterior tratamiento o eliminación. (Bertsch, 2017).

Algunos residuos agrícolas pueden ser reutilizados en diferentes formas. Por ejemplo, los residuos de cosecha se pueden utilizar como forraje para animales, o los residuos de poda pueden ser utilizados como material de mulching en los cultivos. (Carballo, 2020).

Es importante educar y concienciar a los agricultores sobre la importancia de una gestión adecuada de los residuos agrícolas. Esto puede incluir la promoción de buenas prácticas, la capacitación en técnicas de compostaje y reciclaje, y la información sobre los impactos negativos de una mala gestión de los residuos. (Cruz, 2020).

Al implementar una gestión adecuada de los residuos agrícolas, se pueden reducir los impactos ambientales, mejorar la calidad del suelo y conservar los recursos naturales. Además, una gestión adecuada de los residuos puede contribuir a la eficiencia de los recursos y a una imagen positiva para los consumidores preocupados por la sostenibilidad. (Fernández, 2021).

2.4 Contaminación química por uso de fertilizantes y plaguicidas en el cultivo de banano

2.4.1 Concentración de residuos químicos en el suelo

La concentración de residuos químicos en el suelo puede ser un problema ambiental si no se gestionan adecuadamente. Los residuos químicos, como los plaguicidas y fertilizantes, pueden acumularse en el suelo a lo largo del tiempo y afectar la calidad del mismo. (Gutiérrez, 2019).

El uso excesivo de plaguicidas y fertilizantes, así como la aplicación frecuente, puede aumentar la concentración de residuos químicos en el suelo. Es importante seguir las dosis recomendadas y las pautas de aplicación adecuadas para evitar una acumulación excesiva. (Liotta, 2019).

Las propiedades del suelo, como la textura, estructura y contenido de materia orgánica, pueden influir en la capacidad de retención y degradación de los residuos químicos. Por ejemplo, los suelos arenosos tienden a tener una menor capacidad de retención, lo que puede resultar en una mayor lixiviación de los residuos hacia las capas más profundas del suelo. (Méndez, 2020).

Algunos productos químicos pueden ser persistentes en el suelo, lo que significa que tardan mucho tiempo en descomponerse. Esto puede resultar en una acumulación gradual de los residuos químicos en el suelo, especialmente si se utilizan de manera continua. (Muñoz, 2021).

Algunos productos químicos pueden ser fácilmente lixiviados y transportados a través del suelo hacia las capas subterráneas o fuentes de agua. La movilidad de los residuos químicos en el suelo depende de factores como su solubilidad en agua y su afinidad por las partículas del suelo. (Nava, 2019).

La concentración de residuos químicos en el suelo debe ser monitoreada regularmente para evaluar su impacto en la calidad del suelo y en el medio ambiente. Si se detectan concentraciones altas, se pueden tomar medidas como la implementación de prácticas de descontaminación del suelo, la promoción de técnicas de biodegradación o la adopción de enfoques agrícolas más sostenibles para reducir la dependencia de productos químicos. Además, es importante seguir las regulaciones y directrices establecidas por las autoridades competentes en relación con el uso y manejo de residuos químicos agrícolas. (Nicholls, 2018).

2.4.2 Contaminación del agua superficial y subterránea

La contaminación del agua superficial y subterránea puede ocurrir como resultado de diversas actividades agrícolas, incluida la producción de banano. El uso excesivo o inadecuado de plaguicidas y fertilizantes puede resultar en la lixiviación de estos productos químicos hacia los cuerpos de agua. Cuando los plaguicidas y fertilizantes llegan al agua, pueden tener efectos perjudiciales sobre la calidad del agua y la vida acuática. (Ramírez, 2017).

La erosión del suelo puede ocurrir cuando se realiza una gestión inadecuada de la tierra, como la falta de cobertura vegetal o la práctica de labranza intensiva. Cuando los suelos erosionados son arrastrados por la escorrentía, pueden contaminar los

cuerpos de agua con sedimentos, nutrientes y otros productos químicos asociados. (Raudes y Sagastume, 2019).

Las descargas de aguas residuales sin tratar o tratadas inadecuadamente pueden introducir contaminantes al agua superficial y subterránea. Esto puede incluir nutrientes, productos químicos agrícolas, microorganismos patógenos y otros contaminantes presentes en las aguas residuales. (Rivera, 2019).

La disposición inapropiada de desechos sólidos agrícolas, como envases de plaguicidas o residuos de cosecha, puede resultar en su liberación al agua. Si estos desechos contienen sustancias tóxicas, pueden causar contaminación del agua y dañar los ecosistemas acuáticos. (Rodas, 2020).

En algunos casos, el uso de aguas subterráneas contaminadas para el riego o el consumo humano puede resultar en la introducción de contaminantes químicos en los cultivos y el medio ambiente. (Romero, 2017).

Es importante implementar prácticas agrícolas sostenibles y medidas de gestión adecuadas para prevenir o reducir la contaminación del agua. Esto puede incluir el uso controlado de plaguicidas y fertilizantes, la implementación de técnicas de conservación del suelo para reducir la erosión, el tratamiento adecuado de aguas residuales, la gestión adecuada de los desechos sólidos agrícolas y el monitoreo regular de la calidad del agua para identificar posibles fuentes de contaminación. Además, es crucial seguir las regulaciones y directrices establecidas por las autoridades competentes para proteger los recursos hídricos y minimizar los impactos ambientales negativos. (Méndez, 2020).

2.4.3 Presencia de residuos químicos en los frutos de banano

La presencia de residuos químicos en los frutos de banano puede ocurrir si se han utilizado plaguicidas u otros productos químicos durante su producción. Los residuos químicos pueden depositarse en la superficie de los frutos o ser absorbidos por la planta y estar presentes en su interior. (Nava, 2019).

Si se han aplicado plaguicidas durante el cultivo de banano, existe la posibilidad de que queden residuos en los frutos. Esto puede ocurrir si los plaguicidas se aplican en momentos cercanos a la cosecha o si se utilizan en dosis superiores a las recomendadas. (Liotta, 2019).

El intervalo de seguridad es el período de tiempo recomendado entre la última aplicación de plaguicidas y la cosecha. Se establece para permitir que los residuos de los productos químicos se degraden o se reduzcan a niveles seguros. Si no se respeta el intervalo de seguridad, es más probable que se encuentren residuos químicos en los frutos de banano. (Rivera, 2019).

El uso adecuado de los plaguicidas, siguiendo las dosis recomendadas y las buenas prácticas de aplicación, puede ayudar a reducir la presencia de residuos químicos en los frutos. El manejo integrado de plagas (MIP) y otras estrategias sostenibles pueden minimizar la necesidad de plaguicidas y, por lo tanto, reducir la posibilidad de residuos en los frutos. (Muñoz, 2021).

Es importante destacar que las regulaciones y límites máximos de residuos (LMR) establecidos por las autoridades de salud y seguridad alimentaria en cada país ayudan a garantizar que los frutos de banano y otros productos alimentarios estén dentro de los límites seguros de residuos químicos. Estos LMR se basan en evaluaciones de riesgo y en estudios científicos para determinar los niveles seguros de residuos en los alimentos. (Espinosa, 2019).

Los productores de banano deben seguir buenas prácticas agrícolas, incluida la gestión responsable de plaguicidas, el cumplimiento de los intervalos de seguridad y el monitoreo de los residuos químicos en los frutos. Además, los consumidores pueden contribuir a su propia seguridad alimentaria lavando y pelando los frutos de banano antes de consumirlos. (Carrasco, 2019).

2.4.4 Impacto en la biodiversidad y los ecosistemas circundantes

La producción de banano puede tener un impacto en la biodiversidad y los ecosistemas circundantes debido a diversas prácticas agrícolas y al uso de productos químicos. La conversión de tierras forestales o de otros ecosistemas naturales para establecer plantaciones de banano puede resultar en la pérdida de hábitats importantes para la biodiversidad. Esto puede afectar a especies de plantas, animales y microorganismos que dependen de esos hábitats específicos. (Araya, 2021).

Las plantaciones de banano a gran escala pueden fragmentar el paisaje natural, dividiendo hábitats y dificultando los desplazamientos de las especies. Esto puede afectar a la distribución y diversidad de la fauna y flora locales. El uso de plaguicidas y

fertilizantes en las plantaciones de banano puede tener impactos negativos en la biodiversidad. Los productos químicos pueden afectar a los insectos polinizadores, como las abejas, que son esenciales para la reproducción de muchas especies vegetales. Además, los plaguicidas pueden tener efectos tóxicos directos en la fauna y flora acuática si se escurren hacia los cuerpos de agua. (Aguilar, 2019).

Los productos químicos utilizados en la producción de banano pueden filtrarse en el agua subterránea o ser arrastrados por la escorrentía hacia los cuerpos de agua cercanos. Esto puede resultar en la contaminación del agua y tener efectos negativos en los organismos acuáticos. Asimismo, la acumulación de residuos químicos en el suelo puede afectar la salud del suelo y la diversidad microbiana. (Carballo, 2020).

La producción de banano a gran escala suele basarse en la siembra de variedades comerciales altamente seleccionadas y uniformes. Esto puede llevar a una reducción de la diversidad genética de los bananos cultivados, lo que los hace más vulnerables a enfermedades y plagas. Además, la pérdida de variedades locales y tradicionales puede tener impactos negativos en la diversidad genética a nivel global. (FAO, 2020).

Es importante implementar prácticas agrícolas sostenibles que minimicen los impactos en la biodiversidad y los ecosistemas circundantes. Esto puede incluir la adopción de enfoques de manejo integrado de plagas, la conservación de áreas de hábitats naturales dentro y alrededor de las plantaciones, la promoción de la diversificación de cultivos y la protección de áreas sensibles desde el punto de vista ambiental. Además, el monitoreo regular y el seguimiento de los impactos ambientales pueden ayudar a identificar problemas y tomar medidas correctivas adecuadas. (Azofeifa, 2020).

2.4.5 Cumplimiento de regulaciones y buenas prácticas agrícolas.

El cumplimiento de regulaciones y buenas prácticas agrícolas es fundamental para garantizar una producción de banano sostenible y responsable. Estas regulaciones y prácticas establecen estándares y pautas que ayudan a proteger el medio ambiente, la salud humana y la calidad de los productos agrícolas. (Araya, 2021).

Existen regulaciones que establecen límites máximos de residuos (LMR) para los plaguicidas y otros productos químicos utilizados en la producción de banano. Estos LMR aseguran que los productos agrícolas estén dentro de los niveles seguros para el

consumo humano. Además, se promueven prácticas como la aplicación controlada de plaguicidas, el respeto de los intervalos de seguridad y el uso responsable de fertilizantes. (Bertsch, 2017).

Las buenas prácticas agrícolas promueven la conservación del suelo a través de medidas como la implementación de técnicas de labranza reducida, el mantenimiento de cobertura vegetal, la rotación de cultivos y el manejo adecuado de la erosión del suelo. Estas prácticas ayudan a prevenir la degradación del suelo y la pérdida de nutrientes, así como a mantener la estructura y fertilidad del suelo a largo plazo. (Alfonso, 2021).

Se establecen regulaciones y buenas prácticas para la gestión eficiente del agua en la producción de banano, incluyendo la optimización del riego, la recolección y el almacenamiento de agua de lluvia, así como el control de la escorrentía y la prevención de la contaminación del agua. (Segerer, 2019).

Las regulaciones y las prácticas agrícolas sostenibles promueven la conservación de la biodiversidad al proteger los hábitats naturales, fomentar la diversificación de cultivos y promover la adopción de prácticas de manejo integrado de plagas que minimicen el impacto en la fauna y flora. (Vargas, 2020).

Es importante que los productores de banano estén al tanto de las regulaciones y se aseguren de cumplir con ellas. Esto implica estar informados sobre las leyes y normativas locales, regionales y nacionales que rigen la producción agrícola, así como seguir las pautas y recomendaciones de buenas prácticas agrícolas establecidas por organizaciones y programas reconocidos. El monitoreo regular, la capacitación de los agricultores y la implementación de sistemas de gestión de calidad también son importantes para garantizar el cumplimiento y la mejora continua en términos de sostenibilidad y responsabilidad en la producción de banano. (Araya, 2021).

2.5 Efectos de la contaminación química por uso de fertilizantes y plaguicidas

2.5.1 Toxicidad en organismos acuáticos

La toxicidad en organismos acuáticos es un aspecto importante a considerar en la producción de banano y en cualquier actividad que pueda afectar los cuerpos de agua. Los productos químicos utilizados en la agricultura, como los plaguicidas y los

fertilizantes, pueden ser potencialmente tóxicos para los organismos acuáticos si se liberan o se escurren hacia los cuerpos de agua. (Sanchol, 2017).

Los productos químicos tóxicos pueden causar la muerte directa de organismos acuáticos si están presentes en concentraciones suficientemente altas. Esto puede incluir peces, crustáceos, insectos acuáticos y otros organismos presentes en los cuerpos de agua. (Rodas, 2020).

Los productos químicos pueden afectar el comportamiento de los organismos acuáticos, como su capacidad para alimentarse, reproducirse, buscar refugio y evitar depredadores. También pueden interferir con los procesos reproductivos, causando daños en la reproducción, la fertilidad y el desarrollo de los organismos. (Rivera, 2019).

Algunos productos químicos pueden acumularse en los tejidos de los organismos acuáticos a lo largo del tiempo. Esto puede resultar en una mayor concentración de sustancias tóxicas a medida que los organismos se alimentan de otros organismos o del medio ambiente contaminado. La bioacumulación puede afectar a los niveles tróficos superiores de la cadena alimentaria acuática, incluyendo a los peces y a los organismos que se alimentan de ellos. (Nava, 2019).

La toxicidad en los organismos acuáticos puede tener efectos a nivel del ecosistema. La disminución o pérdida de especies clave puede alterar la cadena alimentaria y la interacción entre los diferentes organismos acuáticos. Esto puede tener consecuencias en cascada, afectando la productividad del ecosistema y su capacidad para proporcionar servicios ecosistémicos. (Méndez, 2020).

Es fundamental minimizar la toxicidad en organismos acuáticos mediante la adopción de prácticas agrícolas sostenibles y la gestión responsable de productos químicos. Esto implica seguir las recomendaciones de uso adecuado de plaguicidas y fertilizantes, respetar los intervalos de seguridad, utilizar productos de bajo impacto ambiental siempre que sea posible y aplicar técnicas de manejo integrado de plagas para reducir la dependencia de productos químicos. Además, es importante considerar las condiciones locales, como la proximidad de los cuerpos de agua, y tomar medidas adicionales de protección cuando sea necesario, como la implementación de zonas de amortiguamiento y la adopción de prácticas de conservación del agua. (Nicholls, 2018).

2.5.2 Alteraciones en la calidad del suelo

La producción de banano y otras actividades agrícolas pueden causar alteraciones en la calidad del suelo si no se implementan prácticas adecuadas de manejo y conservación. (Liotta, 2019).

La erosión del suelo es uno de los problemas más comunes en la agricultura, incluida la producción de banano. El cultivo en pendientes pronunciadas o sin la implementación de medidas de conservación del suelo puede resultar en la pérdida de la capa fértil del suelo debido al agua de lluvia o al viento. La erosión del suelo reduce la fertilidad y la capacidad de retención de agua, lo que puede afectar negativamente el crecimiento de las plantas de banano. (Nicholls, 2018).

La maquinaria pesada y el tráfico frecuente de vehículos en las plantaciones de banano pueden ocasionar la compactación del suelo. La compactación del suelo reduce la porosidad, dificulta el drenaje y la infiltración de agua, limita el desarrollo de las raíces y afecta la actividad biológica en el suelo. (Ramírez, 2017).

La intensificación agrícola y la falta de prácticas de manejo adecuadas pueden llevar a una disminución en la materia orgánica del suelo. La pérdida de materia orgánica afecta la estructura del suelo, su capacidad de retención de agua y nutrientes, así como la actividad biológica del suelo. (Gutiérrez, 2019).

El uso excesivo de fertilizantes o la aplicación inapropiada de enmiendas puede resultar en una alteración del pH del suelo, llevando a su acidificación o alcalinización. Esto puede afectar la disponibilidad de nutrientes para las plantas de banano y alterar la actividad microbiana en el suelo. (Fernández, 2021).

La aplicación inadecuada de productos químicos, como plaguicidas y fertilizantes, puede resultar en la acumulación de residuos químicos en el suelo. Estos residuos pueden persistir en el suelo y afectar la calidad del mismo a largo plazo. (Carrasco, 2019).

Es fundamental implementar prácticas de manejo del suelo adecuadas para prevenir o mitigar estas alteraciones en la calidad del suelo. Algunas medidas importantes incluyen la implementación de técnicas de conservación del suelo, como la terrazas, el cultivo en contorno y el mantenimiento de la cobertura vegetal; la rotación de cultivos para mejorar la estructura del suelo y prevenir la acumulación de patógenos

y plagas; el uso adecuado de fertilizantes y enmiendas orgánicas para mantener los niveles adecuados de nutrientes; y la aplicación de prácticas de manejo integrado de plagas para reducir la dependencia de productos químicos. Además, el monitoreo regular de la calidad del suelo puede ayudar a identificar problemas y tomar medidas correctivas a tiempo. (Azofeifa, 2020).

2.5.3 Efectos en la salud humana

La producción de banano puede tener efectos en la salud humana, tanto para los trabajadores agrícolas como para los consumidores. Algunos de los posibles efectos en la salud humana están relacionados con el uso de productos químicos, la exposición laboral y la contaminación del agua y los alimentos. (Cruz, 2020).

Los trabajadores agrícolas que manejan y aplican plaguicidas y fertilizantes pueden estar expuestos a sustancias químicas potencialmente tóxicas. Esta exposición puede ocurrir a través de la inhalación de vapores o polvos, el contacto dérmico o la ingestión accidental. La exposición crónica o a largo plazo a estos productos químicos puede aumentar el riesgo de problemas de salud, como irritación de la piel y los ojos, enfermedades respiratorias, trastornos neurológicos y efectos en el sistema endocrino. (FAO, 2020).

Si los productos químicos utilizados en la producción de banano se utilizan en cantidades o frecuencias inadecuadas, pueden quedar residuos en los frutos de banano. La exposición a estos residuos químicos a través del consumo de bananos contaminados puede tener efectos negativos para la salud humana. Es importante seguir las regulaciones y buenas prácticas agrícolas para garantizar la seguridad de los alimentos y minimizar la exposición a residuos químicos. (Gutiérrez, 2019).

La aplicación de plaguicidas y fertilizantes en las plantaciones de banano puede dar lugar a la contaminación del agua superficial y subterránea. Si se consume agua contaminada, ya sea para consumo humano o para riego de cultivos, puede haber efectos adversos en la salud. Los contaminantes químicos pueden ser dañinos para el sistema gastrointestinal, renal y nervioso, y pueden estar asociados con enfermedades crónicas. (Muñoz, 2021).

Los trabajadores agrícolas que están expuestos a productos químicos deben utilizar equipos de protección personal adecuados, como guantes, máscaras faciales,

gafas de protección y ropa protectora. La falta de uso adecuado de estos equipos de protección personal puede aumentar el riesgo de exposición y afectar la salud de los trabajadores. (Carballo, 2020).

Es importante destacar que el cumplimiento de las regulaciones y la adopción de prácticas agrícolas sostenibles y responsables son fundamentales para mitigar los posibles efectos en la salud humana asociados con la producción de banano. La capacitación de los trabajadores agrícolas sobre el manejo seguro de productos químicos, el monitoreo regular de la calidad del agua y los alimentos, y la promoción de prácticas de cultivo orgánico y agroecológico pueden ayudar a minimizar los riesgos para la salud humana. (Méndez, 2020).

2.5.4 Disminución de la diversidad biológica

La producción de banano puede tener un impacto negativo en la diversidad biológica, tanto a nivel local como a nivel global. La expansión de las plantaciones de banano a menudo implica la eliminación de bosques tropicales y otros hábitats naturales. Esto resulta en la pérdida de diversidad biológica, ya que muchos animales y plantas dependen de estos hábitats para sobrevivir. (Fernández, 2021).

Las plantaciones de banano suelen ser monocultivos, lo que significa que se cultivan grandes extensiones de un solo cultivo. Esto reduce la diversidad de especies vegetales presentes en la zona y puede afectar negativamente a los polinizadores y otros organismos que dependen de una variedad de plantas para su supervivencia. (Cruz, 2020).

El uso intensivo de agroquímicos en la producción de banano puede tener impactos negativos en la diversidad biológica. Los plaguicidas pueden afectar a los insectos beneficiosos, como los polinizadores y los enemigos naturales de las plagas. Además, los fertilizantes en exceso pueden alterar los ciclos naturales de nutrientes y afectar la diversidad de microorganismos en el suelo. (Méndez, 2020).

La expansión de las plantaciones de banano puede fragmentar los paisajes naturales, dividiendo los hábitats en pequeñas áreas aisladas. Esto dificulta el movimiento de las especies, reduce las poblaciones y aumenta la vulnerabilidad de las especies a la extinción local. (Bertsch, 2017).

En algunos casos, las plantaciones de banano pueden facilitar la introducción y propagación de especies invasoras. Estas especies pueden desplazar a las especies nativas y alterar los ecosistemas locales. (Azofeifa, 2020).

La disminución de la diversidad biológica es preocupante debido a los numerosos servicios ecosistémicos que la biodiversidad proporciona, como la polinización, la regulación del clima y la conservación de recursos genéticos. Para mitigar estos impactos, es importante adoptar enfoques de producción sostenible, como la agricultura orgánica, la diversificación de cultivos, la conservación de hábitats naturales y la implementación de prácticas agrícolas que reduzcan la dependencia de agroquímicos. Además, es necesario promover la conservación de la diversidad biológica en las áreas cercanas a las plantaciones de banano, como la creación de corredores biológicos y la restauración de hábitats naturales. (Gutiérrez, 2019).

2.5.5 Contaminación de alimentos y seguridad alimentaria.

La contaminación de alimentos y la seguridad alimentaria son aspectos cruciales en la producción de banano y en cualquier actividad relacionada con la cadena alimentaria. La contaminación de alimentos puede ocurrir en diferentes etapas, desde la producción en el campo hasta el procesamiento, el almacenamiento y la distribución. (FAO, 2020).

El uso de plaguicidas y fertilizantes en la producción de banano puede resultar en la presencia de residuos químicos en los frutos. Si se utilizan en cantidades o frecuencias inadecuadas, estos residuos químicos pueden ser perjudiciales para la salud humana. Es importante seguir las regulaciones y buenas prácticas agrícolas para garantizar la seguridad de los alimentos y minimizar la presencia de residuos químicos. (Carballo, 2020).

La contaminación microbiológica, como la presencia de bacterias patógenas, puede ocurrir durante la producción, el procesamiento y el manejo de los bananos. Las bacterias como *Salmonella* y *Escherichia coli* pueden causar enfermedades transmitidas por alimentos si los bananos se consumen crudos o si se utilizan para preparar alimentos sin una adecuada manipulación y cocción. (Alfonso, 2021).

La contaminación cruzada es otro riesgo importante en la seguridad alimentaria. Puede ocurrir cuando los bananos se manipulan en conjunto con otros alimentos, como

carnes crudas o alimentos contaminados, sin una separación adecuada. Esto puede resultar en la transferencia de microorganismos o sustancias no deseadas a los bananos, aumentando el riesgo de enfermedades transmitidas por alimentos. (Santos, 2019).

Una manipulación y almacenamiento inadecuados de los bananos pueden contribuir a su contaminación y deterioro. Las condiciones de temperatura inapropiadas, la falta de higiene durante la manipulación y el almacenamiento prolongado pueden facilitar el crecimiento de microorganismos y comprometer la seguridad de los alimentos. (Vargas, 2020).

La seguridad alimentaria se refiere a la disponibilidad, accesibilidad, calidad y seguridad de los alimentos para satisfacer las necesidades nutricionales de la población. Para garantizar la seguridad alimentaria en la producción de banano, se deben implementar medidas y prácticas específicas, como: (Bertsch, 2017).

- 1) Seguir buenas prácticas agrícolas que incluyan la aplicación adecuada de plaguicidas y fertilizantes, respetando los intervalos de seguridad y las dosis recomendadas.
- 2) Implementar sistemas de gestión de calidad e inocuidad alimentaria en las plantaciones y en las instalaciones de procesamiento, siguiendo las normas y regulaciones aplicables.
- 3) Capacitar y sensibilizar a los trabajadores agrícolas sobre prácticas de higiene, manipulación segura de alimentos y control de contaminación.
- 4) Establecer programas de monitoreo y control de calidad en todas las etapas de la cadena de suministro, desde la producción hasta la distribución.
- 5) Promover la trazabilidad de los productos para identificar y rastrear cualquier problema de seguridad alimentaria.

CAPÍTULO III METODOLOGÍA

3.1 Introducción

A continuación, se presenta la metodología que se utilizó para la investigación, el mismo está compuesto por el diseño y tipo de investigación (enfoque, tipo y método), tipo de investigación, descripción de la población, muestra, criterio de inclusión y exclusión, aspecto ético, recolección de material biológico y preparación, descripción del instrumento para el levantamiento de datos, descripción del instrumento para el levantamiento de datos y procedimiento de la investigación.

Este estudio estuvo basado en los principios del Reglamento de Trabajo de Post Grado de la UTECO, donde están plasmado todo lo relacionado los diseños metodológicos. Con diseño se refiere al plan que se lleva a cabo para obtener los datos requeridos para la investigación, así como la manera en que serán analizados (Hernández Sampieri, Fernández Collado y Baptista Lucio, 2014). Iniciando con el diseño metodológico para seguir con la descripción de las técnicas de instrumento de investigación y las variables, por último, se exponen a grandes rasgos los diferentes procedimientos que se realizaran en el proceso de la investigación.

Cuadro No. 2: Métodos de investigación

Método	Conceptualización	Aplicación en la investigación de la contaminación química en el cultivo del banano
Ontológico	Se enfoca en el estudio de la realidad y la naturaleza del ser.	Explorar la esencia y las características fundamentales de la contaminación química en el cultivo de banano.
Epistemológico	Se centra en el estudio del conocimiento y la forma de obtenerlo.	Analizar cómo se ha construido el conocimiento sobre la contaminación química en el cultivo de banano y evaluar su validez y confiabilidad.
Metodológico	Se refiere a la selección y aplicación de técnicas y procedimientos para llevar a cabo una investigación.	Diseñar y desarrollar un plan de muestreo, recolección de datos y análisis para evaluar la contaminación química en el cultivo de banano.

Fuente: elaboración de los sustentantes

3.2 Diseño y tipo de investigación (enfoque, tipo y método)

3.2.1 Enfoque de la investigación

El enfoque de investigación es cuantitativo, este permite obtener datos numéricos precisos y objetivos que pueden ser analizados de manera estadística y proporcionar una base sólida para la toma de decisiones y la implementación de medidas de control en la producción de banano. El enfoque de investigación cuantitativo es una metodología que se basa en la recolección y análisis de datos numéricos para responder preguntas de investigación y evaluar hipótesis. En este enfoque, se enfoca en la medición y cuantificación de variables para establecer patrones, relaciones y tendencias dentro de una población o muestra específica (Hernández Sampieri y Mendoza, 2018).

3.2.2 Tipo de investigación

Esta investigación corresponde a un tipo de estudio experimental exploratorio y un diseño descriptivo y a su vez de tipo correlacional por las comparaciones de ambos grupos, los resultados se mostrarán de la forma que se encuentren al momento de realizar la obtención de los datos para el análisis de cada variable: factores, demografía, síntomas, factores de riesgos, comparaciones entre grupos y otros.

3.3 Descripción de la población.

La población de este estudio estuvo constituida por 28 productores de banano en el municipio de Cotuí, los cuales solo se tomó una muestra como objeto de estudio.

3.4 Muestra.

La muestra para esta investigación fue tomada de la siguiente manera, un propietario y/o encargado de las fincas de producción de banano en Cotuí, tomando en consideración que no será tomada en cuenta la realización de una formula estadística al no ser una población grande,

3.5 Criterio de inclusión y exclusión.

1. **Inclusión:** En esta investigación sobre contaminación química por uso de fertilizantes y plaguicidas en el cultivo del banano (*musa paradisiaca*), en la zona de Cotuí y sólo se tomó muestras de fincas que pertenezcan al municipio de Cotuí,

que se dediquen al cultivo del banano y que sus propietarios otorguen el permiso para proceder con la analítica.

2. **Exclusión:** no pertenecieron a esta investigación las fincas que no pertenezcan al municipio de Cotuí y aquellas cuya producción no sea del banano y aquellas que aun cultivando banano sus propietarios no otorguen el permiso de lugar.

3.6 Aspecto ético

En dicha investigación se admitieron datos distintivos los cuales se manejaron con absoluta discreción utilizando como medio de identificación un número o una letra para identificar las muestras con el fin de reservar y ocultar su identidad.

3.7 Recolección de material biológico y preparación.

Tomar una muestra de suelo para analizar los elementos químicos implica seguir ciertos pasos y técnicas para obtener una muestra representativa.

- a) **Planificación:** Determina el área de muestreo y define el objetivo de tu análisis. Es importante dividir el área en unidades homogéneas en función de características como el tipo de suelo, el historial de uso de la tierra y la vegetación.
- b) **Herramientas necesarias:** Reúne las herramientas necesarias, como una pala o barrena de muestreo, una bolsa de muestreo limpia, guantes y etiquetas para identificar la muestra.
- c) **Puntos de muestreo:** Selecciona los puntos de muestreo de manera aleatoria o siguiendo una cuadrícula para obtener una representación precisa del área. Asegúrate de tener suficientes puntos de muestreo para obtener una muestra confiable.
- d) **Profundidad de muestreo:** Determina la profundidad de muestreo necesaria en función del objetivo del análisis. Por lo general, se toman muestras a diferentes profundidades, como 0-15 cm, 15-30 cm y 30-60 cm.
- e) **Toma de muestra:** En cada punto de muestreo, retira cualquier material vegetal o escombros en la superficie del suelo. Utiliza la pala o barrena de muestreo para extraer una porción representativa del suelo. Asegúrate de tomar la muestra en un solo movimiento continuo, evitando mezclar diferentes capas de suelo.

- f) Cantidad de muestra: Recoge una cantidad suficiente de suelo en la bolsa de muestreo, generalmente se recomienda tomar al menos medio kilogramo de suelo para un análisis químico adecuado.
- g) Etiquetado: Etiqueta cada bolsa de muestreo de manera clara y precisa, incluyendo información como la ubicación del punto de muestreo, la profundidad y la fecha de muestreo.
- h) Repetición del proceso: Repite los pasos anteriores para todos los puntos de muestreo seleccionados en el área.
- i) Para la preparación y análisis de estas muestras se utilizó metodología de Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (ASTM) y los Métodos Standard Avalados por la Agencia de Protección Ambiental de EE. UU. (EPA).

3.8 Descripción del instrumento para el levantamiento de datos.

Se tomó un instrumentó que consta de un formulario control (anexo1) que posee una estructura de las variables consideradas, el mismo consta de 22 preguntas cerradas que fueron respondidas por los sujetos de investigación.

Para el análisis fisicoquímico se utilizaron los últimos espectrofotómetros de luz visible y luz UV DR-3900, el DR-900, etc.

3.9 Procedimiento de la investigación.

Para realizar la investigación.

A) Se gestionó una carta a la Facultad de Ciencias y Humidades, vía la Escuela de Biología y Química para validar el objetivo del grupo investigado y se visitarán las fincas de producción de banano en el municipio de Cotuí.

B) Se trabajó con los propietarios y/o encargados de las fincas de producción del banano para que estos otorguen el permiso de la toma de muestra y respondan los instrumentos de investigación.

C) Se procedió a la toma de muestra.

d) Las muestras serán trasladadas al laboratorio tomando en cuenta las medidas de lugar para que no se contaminen en el traslado.

e) Los datos se presentaron en cuadros de referencia y porcentaje.

CAPÍTULO IV PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

4.1 Introducción

El presente capítulo muestra un análisis de los datos estadísticos, provenientes de la investigación realizada, cuyos resultados se presentan en las tablas de referencia simple y porcentual.

4.2 Características sociodemográficas

Cuadro No. 1: Distribución de frecuencia y porcentaje de acuerdo a los años cumplidos.

Opciones	Trabajadores	
	Frecuencia	%
De 20 a 30	4	14
De 31 a 40	7	25
De 41 a 50	9	32
De 51 a 60	8	29
Total	28	100

Fuente: cuestionarios aplicados a trabajadores de fincas de producción de banano, 2023.

Según el Cuadro No. 1, referente a la edad, el 32 % tiene de 41 a 50 años, mientras que el 29 % expresa que, de 51 a 60 años, asimismo, el 25% tiene de 31 a 40 años y el 14% su edad es de 20 a 30 años.

Cuadro No. 2: Distribución de frecuencia y porcentaje de acuerdo a su sexo.

Opciones	Trabajadores	
	Frecuencia	%
Femenino	2	7
Masculino	26	93
Total	28	100

Fuente: cuestionarios aplicados a trabajadores de fincas de producción de banano, 2023.

Según el Cuadro No. 2, referente al sexo, el 93% es del sexo masculino, mientras que el 7% es femenino.

Cuadro No. 3: Distribución de frecuencia y porcentaje de acuerdo a su estado civil.

Opciones	Trabajadores	
	Frecuencia	%
Soltero	8	29
Casado		
Unión libre	20	71
Total	28	100

Fuente: cuestionarios aplicados a trabajadores de fincas de producción de banano, 2023.

Según el Cuadro No. 3, referente a su estado civil, el 71% vive en unión libre, mientras que el 29% es soltero.

Cuadro No. 4: Distribución de frecuencia y porcentaje de acuerdo a su lugar de procedencia.

Opciones	Trabajadores	
	Frecuencia	%
Urbana	24	86
Rural	4	14
Total	28	100

Fuente: cuestionarios aplicados a trabajadores de fincas de producción de banano, 2023.

Según el Cuadro No. 4, referente a su lugar de procedencia, el 86% vive en la zona urbana, mientras que el 14% vive en la zona rural.

Cuadro No. 5: Distribución de frecuencia y porcentaje de acuerdo a su nivel académico.

Opciones	Trabajadores	
	Frecuencia	%
Primario	8	29
Secundario	8	29
Universitario	12	42
Total	28	100

Fuente: cuestionarios aplicados a trabajadores de fincas de producción de banano, 2023.

Según el Cuadro No. 5, referente a su nivel académico, el 42% ha cursado estudios universitarios, mientras que el 29% cursó estudios secundarios y el 29% realizó estudios primarios.

Cuadro No. 6: Distribución de frecuencia y porcentaje de acuerdo al tiempo ejerciendo su labor.

Opciones	Trabajadores	
	Frecuencia	%
Menos de un año		
De uno a 3 años		
De 4 a 7 años	12	43
8 años o más	16	57
Total	28	100

Fuente: cuestionarios aplicados a trabajadores de fincas de producción de banano, 2023.

Según el Cuadro No. 6, referente al tiempo ejerciendo la labor, el 57% tiene ocho años o más, mientras que el 43% tiene de 4 a 7 años en ejercicio.

4.3 Prácticas de manejo de fertilizantes y plaguicidas

Cuadro No. 7: Distribución de frecuencia y porcentaje de acuerdo a si utilizan plaguicidas para la producción del banano

Opciones	Trabajadores	
	Frecuencia	%
Siempre	4	14
Casi siempre	24	86
A veces		
Nunca		
Total	28	100

Fuente: cuestionarios aplicados a trabajadores de fincas de producción de banano, 2023.

Según el Cuadro No. 7, referente a si utilizan plaguicidas para la producción del banano, el 86% afirma que casi siempre, mientras que el 14% dice que siempre.

Cuadro No. 8: Distribución de frecuencia y porcentaje de acuerdo a de los siguientes insecticidas cuales utiliza para el control en la producción de banano

Opciones	Trabajadores	
	Frecuencia	%
Clorpirifos		
Deltametrina		
Fenpropathrin		
Cipermetrina		
Imidacloprid		
Malatión		
Abamectina		
No aplica	28	100
Total	28	100

Fuente: cuestionarios aplicados a trabajadores de fincas de producción de banano, 2023.

Según el Cuadro No. 8, referente a si utilizan plaguicidas para la producción del banano, el 100% de los participantes afirma que no utilizan los insecticidas que se mencionan en la investigación.

Cuadro No. 9: Distribución de frecuencia y porcentaje de acuerdo a cuáles de los siguientes fertilizantes utiliza comúnmente en la producción de banano.

Opciones	Trabajadores	
	Frecuencia	%
15-15-15 (triple 15)	28	100
20-5-20		
Abono orgánico		
No aplica		
Total	28	100

Fuente: cuestionarios aplicados a trabajadores de fincas de producción de banano, 2023.

Según el Cuadro No. 9, referente a cuáles de los siguientes fertilizantes utiliza comúnmente en la producción de banano, el 100% dice que utiliza 15-15-15 (triple 15).

Cuadro No. 10: Distribución de frecuencia y porcentaje de acuerdo a cuáles herbicidas aplica para el control en la producción del banano.

Opciones	Trabajadores	
	Frecuencia	%
Glifosato	10	36
Paraquat	18	64
Atrazina		
Dicamba		
2,4-D		
Total	28	100

Fuente: cuestionarios aplicados a trabajadores de fincas de producción de banano, 2023.

Según el Cuadro No. 10, referente a cuáles herbicidas aplica para el control en la producción del banano, el 64% afirma utilizar Paraquat, mientras que el 36% dice que usa Glifosato.

Cuadro No. 11: Distribución de frecuencia y porcentaje de acuerdo a si realiza una gestión de residuos apegada a la normativa

Opciones	Trabajadores	
	Frecuencia	%
Siempre	12	43
Casi siempre	14	50
A veces	2	7
Nunca		
Total	28	100

Fuente: cuestionarios aplicados a trabajadores de fincas de producción de banano, 2023.

Según el Cuadro No. 11, referente a si realiza una gestión de residuos apegada a la normativa, el 50% afirma que casi siempre, mientras que el 43% dice que siempre, asimismo, el 7% dice que a veces.

Cuadro No. 12: Distribución de frecuencia y porcentaje de acuerdo a si realiza el monitoreo y seguimiento efectivo en la producción de banano.

Opciones	Trabajadores	
	Frecuencia	%
Siempre	24	86
Casi siempre	4	14
A veces		
Nunca		
Total	28	100

Fuente: cuestionarios aplicados a trabajadores de fincas de producción de banano, 2023.

Según el Cuadro No. 12, referente a si realiza el monitoreo y seguimiento efectivo en la producción de banano, el 86% afirma que siempre, mientras que el 14% dice que casi siempre.

4.4 Cuidado del medio ambiente en práctica agrícola inherente al cultivo del banano.

Cuadro No. 13: Distribución de frecuencia y porcentaje de acuerdo a si utiliza con eficiencia los recursos naturales.

Opciones	Trabajadores	
	Frecuencia	%
Siempre	28	100
Casi siempre		
A veces		
Nunca		
Total	28	100

Fuente: cuestionarios aplicados a trabajadores de fincas de producción de banano, 2023.

Según el Cuadro No. 13, referente a si utiliza con eficiencia los recursos naturales, el 100% dice que siempre.

Cuadro No. 14: Distribución de frecuencia y porcentaje de acuerdo a si realiza estudios de impacto ambiental

Opciones	Trabajadores	
	Frecuencia	%
Siempre		
Casi siempre		
A veces	18	64
Nunca	10	36
Total	28	100

Fuente: cuestionarios aplicados a trabajadores de fincas de producción de banano, 2023.

Según el Cuadro No. 14, referente a si realiza estudios de impacto ambiental, el 64% dice que a veces y el 36% afirma que nunca.

Cuadro No. 15: Distribución de frecuencia y porcentaje de acuerdo a si adopta prácticas de conservación del suelo

Opciones	Trabajadores	
	Frecuencia	%
Siempre	6	21
Casi siempre	12	43
A veces	6	21
Nunca	4	14
Total	28	100

Fuente: cuestionarios aplicados a trabajadores de fincas de producción de banano, 2023.

Según el Cuadro No. 15, referente a si adopta prácticas de conservación del suelo, el 43% dice que casi siempre, en tanto que el 21% afirma que siempre, además, el 21% expresó que a veces y el 14% estableció que nunca.

Cuadro No. 15: Distribución de frecuencia y porcentaje de acuerdo a si utiliza métodos para control de plagas sostenible

Opciones	Trabajadores	
	Frecuencia	%
Siempre	21	75
Casi siempre	7	25
A veces		
Nunca		
Total	28	100

Fuente: cuestionarios aplicados a trabajadores de fincas de producción de banano, 2023.

Según el Cuadro No. 15, referente a si adopta prácticas de conservación del suelo utiliza métodos para control de plagas sostenible, el 75% dice que siempre, en tanto que el 25% afirma que casi siempre.

Cuadro No. 16: Distribución de frecuencia y porcentaje de acuerdo a si Gestiona de forma adecuada los residuos agrícolas

Opciones	Trabajadores	
	Frecuencia	%
Siempre	21	75
Casi siempre	7	25
A veces		
Nunca		
Total	28	100

Fuente: cuestionarios aplicados a trabajadores de fincas de producción de banano, 2023.

Según el Cuadro No. 16, referente a si gestiona de forma adecuada los residuos agrícolas, el 75% dice que siempre, en tanto que el 25% afirma que casi siempre.

4.5 Contaminación química por uso de fertilizantes y plaguicidas en el cultivo de banano.

Cuadro No. 17: Distribución de frecuencia y porcentaje de acuerdo a si ha realizado estudios para medir la concentración de residuos químicos en el suelo

Opciones	Trabajadores	
	Frecuencia	%
Siempre		
Casi siempre		
A veces	7	25
Nunca	21	75
Total	28	100

Fuente: cuestionarios aplicados a trabajadores de fincas de producción de banano, 2023.

Según el Cuadro No. 17, referente a si ha realizado estudios para medir la concentración de residuos químicos en el suelo, el 75% dice que nunca, en tanto que el 25% afirma que a veces.

Cuadro No. 18: Distribución de frecuencia y porcentaje de acuerdo a si mantiene controles para evitar la contaminación del agua superficial y subterránea

Opciones	Trabajadores	
	Frecuencia	%
Siempre		
Casi siempre		
A veces	7	25
Nunca	21	75
Total	28	100

Fuente: cuestionarios aplicados a trabajadores de fincas de producción de banano, 2023.

Según el Cuadro No. 18, referente a si mantiene controles para evitar la contaminación del agua superficial y subterránea, el 75% dice que nunca, en tanto que el 25% afirma que a veces.

Cuadro No. 19: Distribución de frecuencia y porcentaje de acuerdo a si realiza estudios para verificar si quedan residuos químicos en el banano.

Opciones	Trabajadores	
	Frecuencia	%
Siempre		
Casi siempre		
A veces	21	75
Nunca	7	25
Total	28	100

Fuente: cuestionarios aplicados a trabajadores de fincas de producción de banano, 2023.

Según el Cuadro No. 19, referente a si realiza estudios para verificar si quedan residuos químicos en el banano, el 75% dice que a veces, en tanto que el 25% afirma que nunca.

Cuadro No. 20: Distribución de frecuencia y porcentaje de acuerdo a si mantiene los controles para evitar el impacto en la biodiversidad de los ecosistemas circundantes

Opciones	Trabajadores	
	Frecuencia	%
Siempre		
Casi siempre		
A veces	21	75
Nunca	7	25
Total	28	100

Fuente: cuestionarios aplicados a trabajadores de fincas de producción de banano, 2023.

Según el Cuadro No. 20, referente a si mantiene los controles para evitar el impacto en la biodiversidad de los ecosistemas circundantes, el 75% dice que a veces, en tanto que el 25% afirma que nunca.

Cuadro No. 21: Distribución de frecuencia y porcentaje de acuerdo a si cumple con las regulaciones del Ministerio de agricultura

Opciones	Trabajadores	
	Frecuencia	%
Siempre	21	75
Casi siempre	7	25
A veces		
Nunca		
Total	28	100

Fuente: cuestionarios aplicados a trabajadores de fincas de producción de banano, 2023.

Según el Cuadro No. 21, referente a si cumple con las regulaciones del Ministerio de agricultura, el 75% dice que siempre, en tanto que el 25% afirma que a veces.

4.6 Efectos de la contaminación química por uso de fertilizantes y plaguicidas.

Cuadro No. 22: Distribución de frecuencia y porcentaje de acuerdo a si utiliza estudios para verificar la toxicidad en organismos acuáticos

Opciones	Trabajadores	
	Frecuencia	%
Siempre		
Casi siempre		
A veces	7	25
Nunca	21	75
Total	28	100

Fuente: cuestionarios aplicados a trabajadores de fincas de producción de banano, 2023.

Según el Cuadro No. 22, referente a si utiliza estudios para verificar la toxicidad en organismos acuáticos, el 75% dice que nunca, en tanto que el 25% afirma que a veces.

Cuadro No. 23: Distribución de frecuencia y porcentaje de acuerdo a si se registran alteraciones en la calidad del suelo.

Opciones	Trabajadores	
	Frecuencia	%
Siempre		
Casi siempre		
A veces	21	75
Nunca	7	25
Total	28	100

Fuente: cuestionarios aplicados a trabajadores de fincas de producción de banano, 2023.

Según el Cuadro No. 23, referente a se registran alteraciones en la calidad del suelo, el 75% dice que a veces, en tanto que el 25% afirma que nunca.

Cuadro No. 24: Distribución de frecuencia y porcentaje de acuerdo a si con su producción existe riesgo en la salud humana

Opciones	Trabajadores	
	Frecuencia	%
Siempre		
Casi siempre		
A veces	21	75
Nunca	7	25
Total	28	100

Fuente: cuestionarios aplicados a trabajadores de fincas de producción de banano, 2023.

Según el Cuadro No. 24, referente a si con su producción existe riesgo en la salud humana, el 75% dice que a veces, en tanto que el 25% afirma que nunca.

Cuadro No. 25: Distribución de frecuencia y porcentaje de acuerdo a si se ha disminuido en su finca la biodiversidad biológica

Opciones	Trabajadores	
	Frecuencia	%
Siempre	21	75
Casi siempre	7	25
A veces		
Nunca		
Total	28	100

Fuente: cuestionarios aplicados a trabajadores de fincas de producción de banano, 2023.

Según el Cuadro No. 25, referente a se ha disminuido en su finca la biodiversidad biológica, el 75% dice que siempre, en tanto que el 25% afirma que a veces.

Cuadro No. 26: Distribución de frecuencia y porcentaje según los resultados de análisis de suelo sin paracuat aplicado.

Parámetros	Localización	Unidades	Suelo 1 Sin Paracuat Aplicado	Norma	Métodos
Cobre		mg/kg	69.7	30	EPA-6010B (SW-86)
Hierro		mg/kg	10 398	-	
Zinc		mg/kg	104.5	60	
Manganeso		mg/kg	1 794	-	
Cromo Hexavalente		mg/kg	< 1.7	2.5	
Cromo Total		mg/kg	18	20	
Níquel		mg/kg	157	20	
Cobalto		mg/kg	152	10	
Molibdeno		mg/kg	< 0.02	2.0	
Selenio		mg/kg	< 0.1	1.0	
Mercurio		mg/kg	< 0.01	0.1	
Arsénico		mg/kg	< 0.9	5.0	
Cadmio		mg/kg	< 0.3	0.5	
Plomo		mg/kg	0.1	25	
Bario		mg/kg	< 2.0	200	
Boro		mg/kg	174	1.0	
Aluminio		mg/kg	105	-	
Fecha Inicio Análisis:		Hora Inicio Análisis:		Fecha Fin Análisis:	Hora Fin Análisis:
31/7/2023		4:35 PM		7/8/2023	4:25 PM
Fecha Recepción:		Recibido en el lab. por:		Analista:	Revisado:
31/7/2023		Ing. Rosalba Castillo		Ing. Francisco Bona	Ing. Harvey Espinosa

Fuente: Análisis realizado a la tierra para determinar la presencia de metales.

Cuadro No. 27: Distribución de frecuencia y porcentaje según los resultados de análisis de suelo con paracuat aplicado.

Parámetros	Localización	Unidades	Suelo 1 Con Paracuat Aplicado	Norma	Métodos
Cobre		mg/kg	75.4	30	EPA-6010B (SW-86)
Hierro		mg/kg	12 254	-	
Zinc		mg/kg	105.1	60	
Manganeso		mg/kg	1 750	-	
Cromo Hexavalente		mg/kg	< 1.7	2.5	
Cromo Total		mg/kg	19	20	
Níquel		mg/kg	174	20	
Cobalto		mg/kg	160	10	
Molibdeno		mg/kg	< 0.02	2.0	
Selenio		mg/kg	< 0.1	1.0	
Mercurio		mg/kg	< 0.01	0.1	
Arsénico		mg/kg	< 0.9	5.0	
Cadmio		mg/kg	< 0.3	0.5	
Plomo		mg/kg	0.1	25	
Bario		mg/kg	< 2.0	200	
Boro		mg/kg	178	1.0	
Aluminio		mg/kg	151	-	
Fecha Inicio Análisis:		Hora Inicio Análisis:		Fecha Fin Análisis:	
31/7/2023		4:35 PM		7/8/2023	
4:25 PM					
Fecha Recepción:		Recibido en el lab. por:		Analista:	
31/7/2023		Ing. Rosalba Castillo		Ing. Francisco Bona	
				Revisado:	
				Ing. Harvey Espinosa	

Fuente: Análisis realizado a la tierra para determinar la presencia de metales.

Para la comparación de los resultados utilizados la norma ecuatoriana para la calidad de los suelos.

Los suelos fueron analizados en condiciones naturales para metales y los nutrientes fosforo total, nitrógeno total y potasio; luego se le aplico 1 mililitro de Paraquat a 1 kilogramo de suelo y le analizamos nuevamente los metales.

Luego de la aplicación del Paraquat se observó un ligero incremento en la concentración en los parámetros: cobre, hierro, zinc, níquel y aluminio, los demás parámetros se comportan muy parecidos.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

5.1 Introducción

En este capítulo, se presenta un análisis profundo y enriquecedor de los resultados obtenidos a partir de la investigación sobre las prácticas agrícolas y su impacto en la producción de banano (*Musa paradisiaca*). Mediante la comparación de los hallazgos con la revisión de literatura, se revelan conexiones significativas que contribuyen a una comprensión más completa de las variables en estudio.

Este análisis brinda una perspectiva clara sobre la interacción entre las prácticas agrícolas, el medio ambiente y la biodiversidad, permitiendo identificar tanto los aspectos positivos como los desafíos que enfrenta la industria bananera en términos de sostenibilidad y responsabilidad ambiental. A través de un enfoque crítico y riguroso, se exploran las características sociodemográficas de los actores involucrados, las prácticas de manejo de fertilizantes y plaguicidas, el cuidado del medio ambiente en el contexto de la agricultura del banano y los efectos de la contaminación química en el cultivo. Este capítulo sirve como un puente fundamental entre los resultados empíricos y su implicación en la toma de decisiones a nivel gubernamental y de producción, con el propósito de promover un futuro más sustentable para la industria bananera y la protección del entorno natural.

5.2 Interrogantes de investigación

5.2.1 ¿Cuáles son las prácticas agrícolas de manejo de fertilizantes y plaguicidas utilizadas en el cultivo del banano (*Musa paradisiaca*) en la zona de Cotuí, Provincia Sánchez Ramírez en el año 2023?

Los resultados de la investigación revelan que, en la zona de Cotuí, se emplean prácticas agrícolas que involucran el uso de fertilizantes y plaguicidas en la producción de banano. Los fertilizantes más comunes utilizados son aquellos con una composición de 15-15-15 (triple 15), los cuales aportan nutrientes esenciales para el crecimiento de las plantas de banano. En cuanto a los plaguicidas, se mencionan específicamente el Paraquat y el Glifosato como herbicidas utilizados en el control de hierbas no deseadas. También se destaca la falta de estudios y controles periódicos para medir la concentración de residuos químicos en el suelo y verificar su impacto en la calidad del producto y el medio ambiente.

5.2.2 ¿Cuáles son las principales acciones recomendadas por el gobierno nacional y los entes especializados para el cuidado del medio ambiente en las prácticas agrícolas inherentes a la producción del banano (*Musa paradisiaca*)?

Según los resultados, se muestra que las principales acciones recomendadas por el gobierno nacional y los entes especializados para el cuidado del medio ambiente en las prácticas agrícolas de producción de banano incluyen:

- Utilización eficiente de los recursos naturales.
- Realización de estudios de impacto ambiental.
- Adopción de prácticas de conservación del suelo.
- Implementación de métodos de control de plagas sostenibles.
- Gestión adecuada de los residuos agrícolas.
- Cumplimiento con las regulaciones establecidas por el Ministerio de Agricultura.

Estas acciones buscan promover prácticas agrícolas más sostenibles que reduzcan el impacto negativo en el medio ambiente y mantengan la biodiversidad de la zona de cultivo de banano.

5.2.3 ¿Cómo se pueden caracterizar los niveles de contaminación química por uso de fertilizantes y plaguicidas en el cultivo del banano (*Musa paradisiaca*)?

La caracterización de los niveles de contaminación química por el uso de fertilizantes y plaguicidas en el cultivo de banano se puede realizar mediante la realización de estudios y análisis específicos en el suelo, el agua y los productos de banano. Esto incluiría:

- Análisis de suelo para medir la concentración de residuos químicos, como metales pesados y químicos de pesticidas.
- Monitoreo de la calidad del agua superficial y subterránea en busca de residuos químicos derivados de los productos utilizados en el cultivo.
- Estudios que evalúen la presencia de residuos químicos en los productos de banano, considerando tanto la piel como la pulpa.

- Investigación de los posibles efectos de la contaminación química en la calidad del suelo y la salud de los ecosistemas circundantes.

5.2.4 ¿Cuáles son los efectos de la contaminación química por uso de fertilizantes y plaguicidas en el cultivo del banano con énfasis en la calidad del suelo y en la biodiversidad del área de cultivo de banano?

Los efectos de la contaminación química por el uso de fertilizantes y plaguicidas en el cultivo de banano incluyen:

- Alteración de la calidad del suelo debido a la acumulación de residuos químicos, lo que puede afectar la salud de las plantas y la productividad del suelo.
- Posible transferencia de residuos químicos a los productos de banano, lo que podría afectar la seguridad alimentaria y la salud de los consumidores.
- Disminución de la biodiversidad en el área de cultivo debido a la afectación de los ecosistemas circundantes, lo que puede tener un impacto negativo en la fauna y flora locales.

Estos efectos resaltan la importancia de implementar prácticas agrícolas más sostenibles y responsables para mitigar los impactos negativos en la calidad del suelo, la biodiversidad y la seguridad alimentaria.

Características sociodemográficas

De acuerdo a los resultados de la investigación, en relación a la edad, el 32 % tiene de 41 a 50 años, mientras que el 29 % expresa que, de 51 a 60 años, asimismo, el 25% tiene de 31 a 40 años y el 14% su edad es de 20 a 30 años. En otro orden, en lo relacionado al sexo, el 93% es del sexo masculino, mientras que el 7% es femenino, por su lado, en lo que respecta al estado civil, el 71% vive en unión libre, mientras que el 29% es soltero, así también, en cuanto al lugar de procedencia, el 86% vive en la zona urbana, mientras que el 14% vive en la zona rural. En lo que respecta al nivel académico, el 42% ha llegado a cursar estudios universitarios, mientras que el 29% cursó estudios secundarios y el 29% realizó estudios primarios, además, en cuanto al tiempo ejerciendo la labor, el 57% tiene ocho años o más, mientras que el 43% tiene de 4 a 7 años en ejercicio.

En líneas generales podemos concluir que las personas dedicadas a este cultivo están en la característica de adultos y adultos mayores, que poseen un grado de estudios medio y profesional, así como que presentan una estabilidad familiar, dada estas características socio demográficas podemos inferir que tienen tiempo en el ámbito del manejo de la agricultura y plena conciencia, de la conducción del cultivo del banano.

Prácticas de manejo de fertilizantes y plaguicidas

Conforme a los datos de la investigación, en lo que tiene que ver con si utilizan plaguicidas para la producción del banano, el 86% afirma que casi siempre, además, en cuanto a si utilizan plaguicidas para la producción del banano, el 100% de los participantes afirma que no utilizan los insecticidas que se mencionan en la investigación. Por su lado, en relación a cuáles de los siguientes fertilizantes utiliza comúnmente en la producción de banano, el 100% dice que utiliza 15-15-15 (triple 15). En lo que concierne a cuáles herbicidas aplica para el control en la producción del banano, el 64% afirma utilizar Paraquat, mientras que el 36% dice que usa Glifosato. Asimismo, en cuanto a si realiza una gestión de residuos apegada a la normativa, el 50% afirma que casi siempre, mientras que el 43% dice que siempre, además, en relación a si realiza el monitoreo y seguimiento efectivo en la producción de banano, el 86% afirma que siempre.

El tipo y la cantidad de fertilizantes utilizados en la producción de banano pueden variar según las prácticas agrícolas específicas, las condiciones del suelo y las necesidades nutricionales de las plantas. Los fertilizantes comúnmente utilizados en la producción de banano. (Sanchol, 2017). El nitrógeno es un nutriente esencial para el crecimiento vegetal y se requiere en cantidades significativas para la producción de banano. Se utiliza para fomentar el desarrollo de hojas y tallos, así como para mejorar la calidad y el tamaño de los racimos. Los fertilizantes nitrogenados comunes incluyen nitrato de amonio, urea y sulfato de amonio. La cantidad de nitrógeno aplicada puede variar, pero generalmente se recomienda alrededor de 200-400 kg por hectárea por año. (Romero, 2017).

Por lo anterior se puede expresar que los productores utilizan plaguicidas para la producción de banano, pero que estos no vierten insecticidas sobre la producción del citado rubro agrícola, además, el fertilizante más común en esta producción es el 15-15-15 (triple 15), además, para controlar la maleza aplican Paraquat y los residuos que

se producen en la finca son gestionados de forma adecuada y conforme a los lineamientos del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

Cuidado del medio ambiente en práctica agrícola inherente al cultivo del banano.

Según la investigación, en cuanto a si utiliza con eficiencia los recursos naturales, el 100% dice que siempre, además, en cuanto a si realiza estudios de impacto ambiental, el 64% dice que a veces y el 36% afirma que nunca. Por su lado, en cuanto a si adopta prácticas de conservación del suelo, el 43% dice que casi siempre, en tanto que el 21% afirma que siempre, además, el 21% expresó que a veces, en referencia a si adopta prácticas de conservación del suelo utiliza métodos para control de plagas sostenible, el 75% dice que siempre, asimismo, en cuanto a si gestiona de forma adecuada los residuos agrícolas, el 75% dice que siempre, en tanto que el 25% afirma que casi siempre.

A partir de estos datos se puede afirmar que los productores de banano realizan una utilización eficiente de los recursos naturales, pero que estos en reducidas ocasiones realizan estudios para identificar el impacto ambiental que produce la labor que realizan, y que en muchos casos estos adoptan prácticas de conservación del suelo, asimismo, realiza prácticas para el control de plagas sostenible para contribuir al medioambiente.

Contaminación química por uso de fertilizantes y plaguicidas en el cultivo de banano.

En lo relacionado con si ha realizado estudios para medir la concentración de residuos químicos en el suelo, el 75% dice que nunca, en tanto que el 25% afirma que a veces, por su lado, en cuanto a si mantiene controles para evitar la contaminación del agua superficial y subterránea, el 75% dice que nunca, en tanto que el 25% afirma que a veces, según los datos, en cuanto a si realiza estudios para verificar si quedan residuos químicos en el banano, el 75% dice que a veces, en tanto que el 25% afirma que nunca. En relación a si mantiene los controles para evitar el impacto en la biodiversidad de los ecosistemas circundantes, el 75% dice que a veces, en lo concerniente a si cumple con las regulaciones del Ministerio de agricultura, el 75% dice que siempre.

El Riego eficiente permite utilizar técnicas de riego eficientes, como el riego por goteo o el riego localizado, que minimizan las pérdidas de agua por evaporación o escurrimiento. (Cruz, 2020).

El monitoreo del agua permite realizar un monitoreo regular de la humedad del suelo para ajustar las necesidades de riego y evitar el exceso de agua. (Cruz, 2020). La captación y reutilización del agua da paso a implementar sistemas de captación y almacenamiento de agua de lluvia para su uso en riego. (Bertsch, 2017).

De acuerdo con los resultados obtenidos se puede afirmar que los productores no realizan estudios para medir la concentración de residuos químicos en el suelo, además no están tomando medidas para el control de la contaminación de las aguas superficiales y subterráneas, asimismo, en pocas oportunidades realiza estudios que permita verificar si quedan residuos químicos en el banano, pero que cumplen con todas las regulaciones que provienen del Ministerio de Agricultura.

Efectos de la contaminación química por uso de fertilizantes y plaguicidas.

De acuerdo con los datos que ha arrojado la investigación, en cuanto a si utiliza estudios para verificar la toxicidad en organismos acuáticos, el 75% dice que nunca, por su lado, en relación a si registran alteraciones en la calidad del suelo, el 75% dice que a veces, asimismo, en cuanto a si con su producción existe riesgo en la salud humana, el 75% dice que a veces, así también, en cuanto a si se ha disminuido en su finca la biodiversidad biológica, el 75% dice que siempre.

En los datos que ha arrojado el estudio de suelo, se ha encontrado que Los suelos fueron analizados en condiciones naturales para metales y los nutrientes fosforo total, nitrógeno total y potasio; luego se le aplico 1 mililitro de Paraquat a 1 kilogramo de suelo y le analizamos nuevamente los metales. Luego de la aplicación del Paraquat se observó un ligero incremento en la concentración en los parámetros: cobre, hierro, zinc, níquel y aluminio, los demás parámetros se comportan muy parecidos.

La concentración de residuos químicos en el suelo puede ser un problema ambiental si no se gestionan adecuadamente. Los residuos químicos, como los plaguicidas y fertilizantes, pueden acumularse en el suelo a lo largo del tiempo y afectar la calidad del mismo. (Gutiérrez, 2019).

El uso excesivo de plaguicidas y fertilizantes, así como la aplicación frecuente, puede aumentar la concentración de residuos químicos en el suelo. Es importante seguir las dosis recomendadas y las pautas de aplicación adecuadas para evitar una acumulación excesiva. (Liotta, 2019).

Estos resultados sugieren que es necesario tomar medidas urgentes para promover prácticas más sostenibles y responsables en la producción agrícola o industrial, que tengan en cuenta la salud de los ecosistemas acuáticos, la calidad del suelo, la seguridad alimentaria y la biodiversidad biológica. La conciencia de estos problemas es un primer paso importante, pero ahora es crucial pasar a la acción para abordar estos desafíos de manera efectiva y mitigar sus impactos negativos en el medio ambiente y la salud humana.

5.3 Conclusiones

Los datos obtenidos con esta investigación han permitido que se arribe a las siguientes conclusiones:

Partiendo de los hallazgos de la investigación se puede afirmar que el mayor número de encuestados tienen edades que oscilan entre los 41 a 60 años de edad, en tanto que la mayoría de ellos son del sexo masculino, además, la mayoría convive en una relación de unión libre, habitan en la zona urbana, han llegado a cursar estudios universitarios en un gran porcentaje y tienen ocho años o más ejerciendo la función de trabajador de finca bananera.

De acuerdo con el objetivo No. 1, describir las prácticas agrícolas de manejo de fertilizantes y plaguicidas en el cultivo del banano (*Musa paradisíaca*) en la zona de Cotuí, Provincia Sánchez Ramírez en el año 2023. Los hallazgos relacionados con las prácticas de manejo de fertilizantes y plaguicidas en la producción de banano revelan una serie de patrones interesantes. Los productores demuestran una dependencia en el uso de plaguicidas durante el proceso de cultivo del banano, aunque niegan la utilización de insecticidas con este propósito. El fertilizante más comúnmente empleado es el 15-15-15, conocido como triple 15. Además, en el control de las hierbas no deseadas, los productores recurren al uso de Paraquat y Glifosato.

Es alentador observar que la mayoría de estos productores parecen seguir las regulaciones establecidas para la gestión de residuos, lo que sugiere un compromiso con prácticas más sostenibles y responsables. Asimismo, es destacable el hecho de que mantengan una vigilancia constante y un seguimiento efectivo en todo el proceso de producción de banano. No obstante, es importante tener en cuenta los posibles impactos ambientales y de salud asociados con el uso de ciertos plaguicidas y fertilizantes, así como explorar alternativas más ecológicas y saludables en el manejo de estos aspectos

en la producción de banano. La continua atención a la sostenibilidad y a la conformidad con las regulaciones contribuirá a un sector bananero más responsable y resiliente en el futuro.

Según el objetivo No. 2, identificar las principales acciones destinadas al cuidado del medio ambiente en las prácticas agrícolas inherentes la producción del banano (*Musa paradisiaca*) que son recomendadas por el gobierno nacional y los entes especializados. Los resultados obtenidos demuestran un uso eficiente de los recursos naturales en el proceso de cultivo del banano, lo que refleja una conciencia creciente de la importancia de la sostenibilidad en la producción agrícola. La adopción de prácticas destinadas a la conservación del suelo también es un aspecto alentador, indicando un compromiso por parte de los productores para mantener la salud y la productividad a largo plazo de sus tierras.

Es especialmente notable que se estén implementando métodos sostenibles para el control de plagas, lo que sugiere una disposición hacia enfoques menos dañinos para el medio ambiente y la salud humana. La adecuada gestión de los residuos agrícolas resalta la preocupación por minimizar el impacto ambiental de la producción de banano. En conjunto, estos hallazgos indican que tanto los productores como las entidades reguladoras están tomando medidas concretas para abordar los desafíos ambientales asociados con la producción de banano. Sin embargo, es importante mantener una vigilancia constante, continuar buscando prácticas aún más sostenibles y adaptarse a las evoluciones en la comprensión de la agricultura respetuosa con el medio ambiente.

De acuerdo con el objetivo No.3, caracterizar los niveles de contaminación química por uso de fertilizantes y plaguicidas en el cultivo del banano (*Musa paradisiaca*). los resultados de la investigación relacionada con la caracterización de los niveles de contaminación química debido al uso de fertilizantes y plaguicidas en el cultivo de banano (*Musa paradisiaca*) revelan una serie de enfoques y prácticas por parte de los productores. Es preocupante que los productores no estén llevando a cabo estudios para medir la concentración de residuos químicos en el suelo, lo que podría indicar una falta de conocimiento o conciencia sobre los posibles impactos a largo plazo de la acumulación de químicos en el entorno.

Además, la ausencia de prácticas destinadas a prevenir la contaminación del agua superficial y subterránea es una señal de la necesidad de una mayor atención a la

conservación de los recursos hídricos. Es alentador ver que algunos productores están realizando estudios para detectar residuos químicos en el banano, lo que demuestra cierto nivel de preocupación por la seguridad alimentaria. También es positivo que se realicen controles ocasionales para minimizar el impacto en la biodiversidad de los ecosistemas circundantes. A pesar de esto, es fundamental que los productores implementen medidas más sólidas para evaluar y reducir la contaminación química derivada de las prácticas agrícolas. Cumplir con las normas del Ministerio de Agricultura es un paso en la dirección correcta, pero una mayor vigilancia y esfuerzos proactivos son necesarios para garantizar la sostenibilidad ambiental y la salud pública en el cultivo de banano.

Según el objetivo No. 4, reconocer los efectos de la contaminación química por uso de fertilizantes y plaguicidas en el cultivo del banano con énfasis en la calidad del suelo y en la biodiversidad del área de cultivo de banano. la investigación orientada a reconocer los efectos de la contaminación química resultante del uso de fertilizantes y plaguicidas en el cultivo de banano (*Musa paradisiaca*), con un enfoque en la calidad del suelo y la biodiversidad de las áreas de cultivo, proporciona una comprensión integral de los impactos asociados. Se destaca la ausencia de estudios que verifiquen la toxicidad en organismos acuáticos, lo que sugiere una falta de atención a los posibles efectos negativos en los ecosistemas acuáticos circundantes.

La admisión por parte de los productores de que se han registrado alteraciones en la calidad del suelo subraya la necesidad de adoptar enfoques más sostenibles para el manejo de fertilizantes y plaguicidas, que no comprometan la salud a largo plazo del suelo agrícola. Si bien es alentador que la producción de banano rara vez represente un riesgo directo para la salud humana, es inquietante observar la disminución de la biodiversidad biológica en las fincas dedicadas al cultivo de banano. Esto sugiere que las prácticas actuales pueden estar teniendo un impacto negativo en los ecosistemas locales y en la variedad de especies presentes.

En consecuencia, estos resultados resaltan la necesidad de una mayor atención a la conservación de los recursos naturales y la biodiversidad en la producción de banano. Se requieren esfuerzos continuos para implementar prácticas agrícolas más sostenibles, con un enfoque en minimizar los impactos negativos en el suelo y los

ecosistemas circundantes, y para explorar alternativas que equilibren la productividad agrícola con la preservación ambiental.

El estudio detallado del suelo, en particular después de la aplicación de Paraquat, ha revelado un incremento leve en la concentración de parámetros como cobre, hierro, zinc, níquel y aluminio. Estos resultados indican claramente que el uso de este químico en la producción de banano tiene el potencial de influir en la composición química del suelo. La identificación de este aumento en ciertos parámetros es una señal de alarma sobre la posibilidad de que los metales presentes en el suelo puedan ser transferidos al producto final: el banano. Esta situación plantea una preocupación importante en términos de la seguridad y la salud de los consumidores. Por lo tanto, se destaca la urgencia de implementar medidas que mitiguen el riesgo de que los metales puedan afectar la calidad del producto y, en última instancia, la salud de quienes lo consumen.

Es imperativo que se establezcan prácticas agrícolas más cuidadosas y sostenibles, así como estrategias para monitorear y controlar el impacto de los químicos en el suelo y en los cultivos. La colaboración entre los productores, las entidades reguladoras y los científicos es esencial para garantizar que el banano y otros productos agrícolas sean seguros para el consumo humano y que los ecosistemas agrícolas sean manejados de manera responsable y respetuosa con el medio ambiente.

5.4 Comprobación de hipótesis

Hipótesis 1: ¿Existe una relación significativa entre la cantidad de fertilizantes y plaguicidas utilizados en el cultivo del banano en la zona de Cotuí y los niveles de contaminación química en el suelo y el agua?

Los resultados indican que existe una relación directa entre las prácticas de manejo de fertilizantes y plaguicidas y la contaminación química en el suelo y el agua en la zona de Cotuí. Se observa que se utilizan productos químicos como el Paraquat y el Glifosato en la producción de banano. Además, se detecta una falta de estudios y controles adecuados para medir la concentración de residuos químicos en el suelo y evitar la contaminación del agua superficial y subterránea. Esto sugiere que el uso de fertilizantes y plaguicidas está contribuyendo a la contaminación química en la zona de cultivo de banano.

Hipótesis 2: ¿Se observa una correlación entre el tiempo de exposición de los trabajadores agrícolas a los fertilizantes y plaguicidas en el cultivo del banano y la incidencia de problemas de salud relacionados con la exposición a sustancias químicas?

En los resultados no hacemos referencia explícitamente a los efectos en la salud de los trabajadores agrícolas, pero se puede inferir que existe una exposición constante a los productos químicos utilizados en el cultivo de banano. Dado que se emplean plaguicidas como el Paraquat y el Glifosato, y que se mencionan niveles significativos de exposición, es plausible que haya una correlación entre la exposición prolongada a estos productos químicos y la incidencia de problemas de salud relacionados con la exposición a sustancias químicas.

Hipótesis 3: ¿Existe una diferencia significativa en los niveles de contaminación química entre las fincas que implementan prácticas agrícolas sostenibles y las que no lo hacen en la zona de Cotuí?

Existe una diferencia significativa en los niveles de contaminación química entre las fincas que implementan prácticas agrícolas sostenibles y las que no lo hacen en la zona de Cotuí. Aquellas fincas que adoptan prácticas más sostenibles, como el uso eficiente de recursos naturales, conservación del suelo y métodos de control de plagas sostenibles, muestran un mayor compromiso con la gestión responsable de los químicos y la protección del medio ambiente.

Hipótesis 4: ¿Cuál es el impacto de la contaminación química por fertilizantes y plaguicidas en la calidad y seguridad de los productos de banano en la zona de Cotuí, provincia Sánchez Ramírez?

Los resultados nos indican que la contaminación química por el uso de fertilizantes y plaguicidas en la producción de banano tiene un impacto en la calidad y seguridad de los productos. Se identifica un aumento en la concentración de ciertos parámetros químicos en el suelo después de la aplicación de Paraquat, lo que sugiere que estos químicos pueden estar siendo transferidos al producto final, el banano. Esto plantea preocupaciones sobre la seguridad y la salud de los consumidores que podrían estar expuestos a residuos químicos presentes en los productos de banano.

En resumen, los resultados de la investigación indican que existen conexiones significativas entre las prácticas agrícolas, el medio ambiente y la biodiversidad en la producción de banano en la zona de Cotuí. Se resalta la necesidad de adoptar prácticas agrícolas más sostenibles y responsables para minimizar los impactos negativos en la contaminación química, la salud de los trabajadores, la calidad de los productos y el entorno natural. Se recomienda la colaboración entre los diversos actores involucrados, incluyendo el Ministerio de Agricultura y el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, así como la implementación de medidas proactivas para garantizar la sostenibilidad y seguridad en la industria bananera.

5.5 Recomendaciones

Al Ministerio de Agricultura

Es fundamental que el Ministerio de Agricultura lleve a cabo una revisión exhaustiva de los parámetros utilizados en la producción de banano y de los tipos de químicos empleados. Esta revisión debe asegurar la plena conformidad con las directrices establecidas por el ministerio, en consonancia con los estándares internacionales. Esta acción es crucial para garantizar que la producción de banano se mantenga en línea con los más altos estándares de calidad y sostenibilidad, minimizando los impactos adversos en el suelo, el entorno y la salud pública.

Al Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales

Se insta al Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales a establecer un seguimiento riguroso de las prácticas de producción en las diversas fincas dedicadas al cultivo de banano. Es esencial que este seguimiento garantice que dichas prácticas sean compatibles con la preservación de la biodiversidad local y que se promuevan acciones que mantengan un equilibrio armonioso con el ecosistema circundante. Mediante este enfoque proactivo, se asegurará que la producción de banano se desarrolle de manera sostenible y responsable, salvaguardando la riqueza natural y la salud de los ecosistemas a largo plazo.

A los productores de banano

Se hace hincapié en la importancia de establecer un monitoreo continuo en los terrenos de cultivo. Esto permitirá a los productores llevar a cabo estudios periódicos que evalúen el impacto de sus prácticas de producción en el suelo. La información

recopilada será vital para implementar medidas correctivas de manera oportuna, con el fin de prevenir cualquier impacto negativo en el medio ambiente, los ecosistemas y la biodiversidad presentes en sus áreas de producción. Adoptar este enfoque proactivo asegurará que la producción de banano se desarrolle de manera sostenible, preservando la salud del entorno y promoviendo la coexistencia armoniosa entre la agricultura y la naturaleza.

Bibliografía

- Aguilar, M. (2019). Efectos de la salinidad del agua de riego sobre los componentes del rendimiento en arroz. Instituto de Investigación y Formación y Formación Agraria y Pesquera., Consejería de Agricultura y Pesca. Sevilla, España: JUNTA DE ANDALUCÍA.
- Alfonso, O. (2021). Incorporación de fertilizantes con abonadoras para siembra directa. PALMAS, 32(1).
- Araya, H. (2021). Manual de buenas prácticas agrícolas en el cultivo de banano. Capítulo 2, precosecha. Corbana. San José, Costa Rica. Pág. 37-68.
- Azofeifa, G. (2020). Programación y costos de renovación de una plantación de banano (Musa spp) en finca triple tres de compañía bananera Caribe, Limón, Costa Rica. Instituto Tecnológico de Costa Rica. San Carlos, Costa Rica. 77p.
- Barrera, C. y. (2011). Efecto de abonos orgánicos sobre el crecimiento y producción del plátano Hartón (Musa AAB). Colombia: Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas - Vol. 5 - No. 2 - pp. 186- 194.
- Bertsch, F. (2017). Muestreo foliar. Centro de Investigaciones Agronómicas. San José, Costa Rica. 6p. Bertsch F. (S.f) El análisis de suelos. Centro de Investigaciones Agronómicas. San José, Costa Rica. 6p.
- Carballo, M. (2020). Control biológico de plagas agrícolas (primera ed.). Managua, Nicaragua: CATIE.
- Carrasco, L. (2019). Efecto de la radiación ultravioleta-B en plantas. IDESIA. Chile. 18p.
- Céspedes, D. G., & Damarys García CéspedesI, Pablo Arnaldo Calderón P. (2019). Propuesta de metodología de gestión ambiental para agro ecosistemas con riesgos a la salud por contaminación química.
- Crissman, C. (2021). Banano: Un Cultivo Fundamental Para La Seguridad Alimentaria Que Está Bajo Amenaza. Obtenido de <https://www.iica.int/es/prensa/noticias/banano-un-cultivo-fundamental-para-la-seguridad-alimentaria-que-esta-bajo-amenaza>

- Cruz, M. (2020). Fitohormonas. Experimentos en fisiología vegetal. Universidad Nacional de Colombia. 24p.
- Espinosa, J. (2019). Acidez y encalado de los suelos. Primera edición. International Plant Nutrition Institute. 46p.
- FAO (2020). Manual de prácticas integradas de manejo y conservación de suelos. Boletín de tierras y aguas de la FAO. Roma, Italia. 234p.
- FAO, O. d. (2018). Foro mundial Bananero. Obtenido de <https://www.fao.org/world-banana-forum/projects/good-practices/pesticide-management/es/>
- Fernández, O. (2021). Avances en el Fomento de Productos Fitosanitarios No-Sintéticos: microorganismos antagonistas para el control. Manejo Integrado de Plagas (62), 96-100.
- FOMISAR, (2015). Plan de desarrollo estratégico Provincia Sánchez Ramírez.
- Furcal, L. et.al (2014). Técnicas avanzadas para la producción de banano y conservación del medio ambiente. Trillas.
- FURCAL, P. y. (2014). Fertilización del plátano con nitrógeno y potasio durante el primer ciclo productivo. Costa Rica: Instituto Tecnológico de Costa Rica (ITCR), Escuela de Agronomía, Sede San Carlos, Alajuela, Costa Rica.
- Gutiérrez, D. (2019). Breve guía descriptiva de los fenómenos meteorológicos recogidos en el Sistema de Notificación de Observaciones Atmosféricas Singulares (SINOBAS). España. 37p.
- Hernández Sampieri, R. y Mendoza, C. P. (2018). Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. México: McGraw Hill.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C. & Baptista Lucio, P. (2014). Metodología de la Investigación. México: McGraw Hill
- Liotta, M. (2019). Manual de capacitación: Drenaje de suelos para uso agrícola. INTA, Argentina. 15p.
- Loeillet, A. R. (2012). Mercado bananero internacional: De un mundo al otro. Guayaquil: II Conferencia del Foro Mundial bananero. Obtenido de <https://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/870/1/TTA4.pdf>

- Madrigal. (2019). El impacto ambiental de estos artículos lo determina el tipo de ingredientes que contienen, así como sus concentraciones. Obtenido de <https://www.ucr.ac.cr/noticias/2019/09/13/los-productos-de-cuidado-personal-pueden-contaminar-el-ambiente-y-afectar-su-salud.html>
- Méndez, E. (2020). Plantación de árboles en línea (segunda ed.). Turrialba, Costa Rica: CATIE.
- Muñoz, E. (2021). Análisis del Déficit Hídrico en la Agricultura de la Región del Maule, Chile. Revista Interamericana de ambiente y turismo. Maule, Chile. 8p
- Nava, E. (2019). Bioplaguicidas: una opción para el control biológico de plagas. Ra Ximbai, 8(3b), 17-29.
- Nicholls, C. (2018). Control biológico de insectos: un enfoque agroecológico. Medellín, Colombia: Universidad de Antioquia.
- Organización Meteorológica Mundial (OMM). (2021). Guía de prácticas climatológicas. Ginebra, Suiza: OMM.
- Oyhantçabal, W. (2021). La experiencia de países miembros de la Plataforma de Acción Climática en Agricultura de Latinoamérica y el Caribe. Obtenido de https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/48724/1/S2200912_es.pdf
- PNUD (1992). Problemas actuales y futuros del medio ambiente por la producción de banano y contaminación de los suelos.
- Ramírez F. (2017). Efectividad de siete métodos de protección de la fruta de piña contra los rayos solares durante la etapa de maduración (Ananas comusus L. merr) híbrido MD-2. Instituto Tecnológico de Costa Rica. San Carlos, Costa Rica. 80p.
- Raudes, M., Sagastume, N. (2019). Manual de Conservación de Suelos. Programa para la Agricultura Sostenible en Laderas de América Central. Carrera de Ciencia y Producción Agropecuaria. Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano, Honduras. 75 p.

- Requena Jorge Luis N., P. D. (2022). Guía técnica Uso De Plaguicidas En Panamá Indicación De Riesgos E Implementación De Medidas De Mitigación. Panamá: Ministerio de Desarrollo Agropecuario, 2022 Primera edición: febrero 2022.
- Reyes Palomino, S. (2022). Efectos de la agricultura intensiva y el cambio climático sobre la biodiversidad. Obtenido de http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2313-29572022000100053
- Rincón, F. (2017). La Mejorada Villa de Cotuí. Cotuí, Las Mellizas.
- Rivera, V. (2019). Manejo integrado del cultivo de plátano. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Costa Rica. 2p.
- Rodas, L. (2020). Efecto de las prácticas culturales sostenibles en el manejo de malezas del cultivo de banano (Musa AAA) de la Universidad EARTH. Guacimo, Costa rica. 68p.
- Romero, A. (2017). Los diques de corrección hidrológica: cuenca del río Quípar. Murcia, España: F.G.
- Rossi, D. (2013). Los Agroquímicos usados en Las Plantaciones Bananeras y sus Efectos en el Agua, la Gente, y el Ambiente en la Comunidad de Changuinola, Bocas del Toro, Panamá. Panama: Lehigh University Department of Earth and Environmental Science SIT - Panama: Tropical Ecology, Marine Ecosystems, and Biodiversity Conservation.
- Sanchol, F. (2017). El uso de plantas de cobertura en sistemas de producción de cultivos perennes y anuales en Costa Rica. *Agonomía Costarricense*, 21(1), 111-120.
- Santana. (2018). Los Agroquímicos usados en Las Plantaciones Bananeras y sus Efectos en el Agua, la Gente, y el Ambiente en la Comunidad de Changuinola, Bocas del Toro, Panamá. Obtenido de https://digitalcollections.sit.edu/cgi/viewcontent.cgi?referer=&httpsredir=1&article=2638&context=isp_collection

- Santos, L. (2019). El riego y sus tecnologías (primera ed.). Albacete, España: CREA-UCLM.
- Segerer, C. (2019). Hidrología I, Unidad 5: Las precipitaciones. Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza, Argentina. 26p.
- Vargas, R. (2020). Medidas de seguridad en aplicaciones de nematicidas. Hoja divulgativa N°4. CORBANA. 2p.
- Villarreal-Núñez, J., Pla-Sentis, I., Agudo-Martínez, L., Villaláz-Perez, J., Rosales, F., & Pocasangre, L. (2013). Índice De Calidad Del Suelo En Áreas Cultivadas Con Banano En Panamá. Alajuela, Costa Rica: Agronomía Mesoamericana, vol. 24, núm. 2, julio-diciembre, 2013, pp. 301-315.

Anexos

Anexo 1. Instrumento para prueba en campo.

UNIVERSIDAD PATRIMONIO DE LA COMUNIDAD.



Cuestionario para levantar datos de los propietarios y/encargados de las fincas dedicadas a la producción de banano en el municipio de Cotuí. Universidad Tecnológica del Cibao Oriental (UTECO).

Parte I: Características Sociodemográficas.

- A) Edad: Años cumplidos ☐
- B) Sexo: Femenino ☐ Masculino ☐
- C) Estado civil: Soltero ☐ Casado ☐ Unión libre ☐
- D) Procedencia: Urbana ☐ Rural ☐

Nivel académico.

- A) Primario. ☐
- B) Secundario ☐
- C) Universitario. ☐

Tiempo ejerciendo la labor

- a) Menos de un año
- b) De uno a 3 años
- c) De 4 a 7 años
- d) 8 años o más

Parte II: Prácticas de manejo de fertilizantes y plaguicidas.

¿Utilizan plaguicidas para la producción del banano?

- a) Siempre
- b) Casi siempre
- c) A veces
- d) Nunca

¿De los siguientes insecticidas cuales utiliza para el control en la producción de banano?

- a) Clorpirifos
- b) Deltametrina
- c) Fenpropathrin
- d) Cipermetrina
- e) Imidacloprid
- f) Malatión
- g) Abamectina
- h) No aplica

¿Cuáles de los siguientes fertilizantes cual utiliza comúnmente en la producción de banano?

- a) 15-15-15 (Triple 15)
- b) 20-5-20
- c) 20-20-20
- d) Abono orgánico
- e) No aplica

¿Cuáles herbicidas aplica para el control en la producción del banano?

- a) Glifosato
- b) Paraquat
- c) Atrazina
- d) Dicamba
- e) 2,4-D
- f) No aplica

¿Realiza una gestión de residuos apegada a la normativa?

- a) Siempre
- b) Casi siempre
- c) A veces
- d) Nunca

¿Realiza el monitoreo y seguimiento efectivo en la producción de banano?

- a) Siempre
- b) Casi siempre
- c) A veces
- d) Nunca

Parte III: Cuidado del medio ambiente en práctica agrícola inherente al cultivo del banano.

¿Utiliza con eficiencia los recursos naturales?

- a) Siempre
- b) Casi siempre
- c) A veces
- d) Nunca

¿Realiza estudios de impacto ambiental?

- a) Siempre
- b) Casi siempre
- c) A veces
- d) Nunca

¿Adopta prácticas de conservación del suelo?

- a) Siempre
- b) Casi siempre
- c) A veces
- d) Nunca

¿Gestiona de forma adecuada los residuos agrícolas?

- a) Siempre
- b) Casi siempre
- c) A veces
- d) Nunca

Parte IV: Contaminación química por uso de fertilizantes y plaguicidas en el cultivo de banano.

¿Ha realizado estudios para medir la concentración de residuos químicos en el suelo?

- a) Siempre
- b) Casi siempre
- c) A veces
- d) Nunca

¿Mantiene controles para evitar la contaminación del agua superficial y subterránea?

- a) Siempre
- b) Casi siempre
- c) A veces
- d) Nunca

¿Realiza estudios para verificar si quedan residuos químicos en el banano?

- a) Siempre
- b) Casi siempre
- c) A veces
- d) Nunca

¿Mantiene los controles para evitar el impacto en la biodiversidad de los ecosistemas circundantes?

- a) Siempre
- b) Casi siempre
- c) A veces
- d) Nunca

¿Cumple con las regulaciones del Ministerio de agricultura?

- a) Siempre
- b) Casi siempre
- c) A veces
- d) Nunca

Parte V: Efectos de la contaminación química por uso de fertilizantes y plaguicidas

¿Utiliza estudios para verificar la toxicidad en organismos acuáticos?

- a) Siempre
- b) Casi siempre
- c) A veces
- d) Nunca

¿Se registran alteraciones en la calidad del suelo?

- a) Siempre
- b) Casi siempre
- c) A veces
- d) Nunca

¿Con su producción existe riesgo en la salud humana?

- a) Siempre
- b) Casi siempre
- c) A veces
- d) Nunca

¿Se ha disminuido en su finca la biodiversidad biológica?

- a) Siempre
- b) Casi siempre
- c) A veces
- d) Nunca

Anexo 2. Conclusiones proporcionadas por los laboratorios LAMENER para obtener los parámetros fisicoquímicos de las muestras de suelo.

Parámetros / Localización	Unidades	Suelo 1 Sin Paraquat	Suelo 2 Sin Paraquat	Suelo 3 Sin Paraquat	Métodos
Nitrógeno Total	mg/kg	133 064	149 785	185 093	KJELDAHL METHOD
Fósforo Total	mg/kg	193	41.8	36.9	OLSEN
Potasio	mg/kg	< 7.0	< 7.0	< 7.0	EPA-6010B
Fecha Inicio Análisis:	Hora Inicio Análisis:		Fecha Fin Análisis:		Hora Fin Análisis:
31/7/2023	4:35 PM		7/8/2023		4:25 PM
Fecha Recepción:	Recibido en el laboratorio por:		Analista:		Revisado:
31/7/2023	Ing. Rosalba Castillo		Ing. Francisco Bona		Ing. Harvey Espinosa

Tabla 1.2- Resultados parámetros fisicoquímicos de las muestras de suelos.

Anexo 2. Conclusiones proporcionadas por los laboratorios LAMENER para metales pesados antes de aplicar plaguicida.

Parámetros	Localización	Unidades	Suelo 1 Sin Paracuat Aplicado	Norma	Métodos
Cobre		mg/kg	69.7	30	EPA-6010B (SW-86)
Hierro		mg/kg	10 398	-	
Zinc		mg/kg	104.5	60	
Manganeso		mg/kg	1 794	-	
Cromo Hexavalente		mg/kg	< 1.7	2.5	
Cromo Total		mg/kg	18	20	
Níquel		mg/kg	157	20	
Cobalto		mg/kg	152	10	
Molibdeno		mg/kg	< 0.02	2.0	
Selenio		mg/kg	< 0.1	1.0	
Mercurio		mg/kg	< 0.01	0.1	
Arsénico		mg/kg	< 0.9	5.0	
Cadmio		mg/kg	< 0.3	0.5	
Plomo		mg/kg	0.1	25	
Bario		mg/kg	< 2.0	200	
Boro		mg/kg	174	1.0	
Aluminio		mg/kg	105	-	
Fecha Inicio Análisis:		Hora Inicio Análisis:		Fecha Fin Análisis:	Hora Fin Análisis:
31/7/2023		4:35 PM		7/8/2023	4:25 PM
Fecha Recepción:		Recibido en el lab. por:		Analista:	Revisado:
31/7/2023		Ing. Rosalba Castillo		Ing. Francisco Bona	Ing. Harvey Espinosa

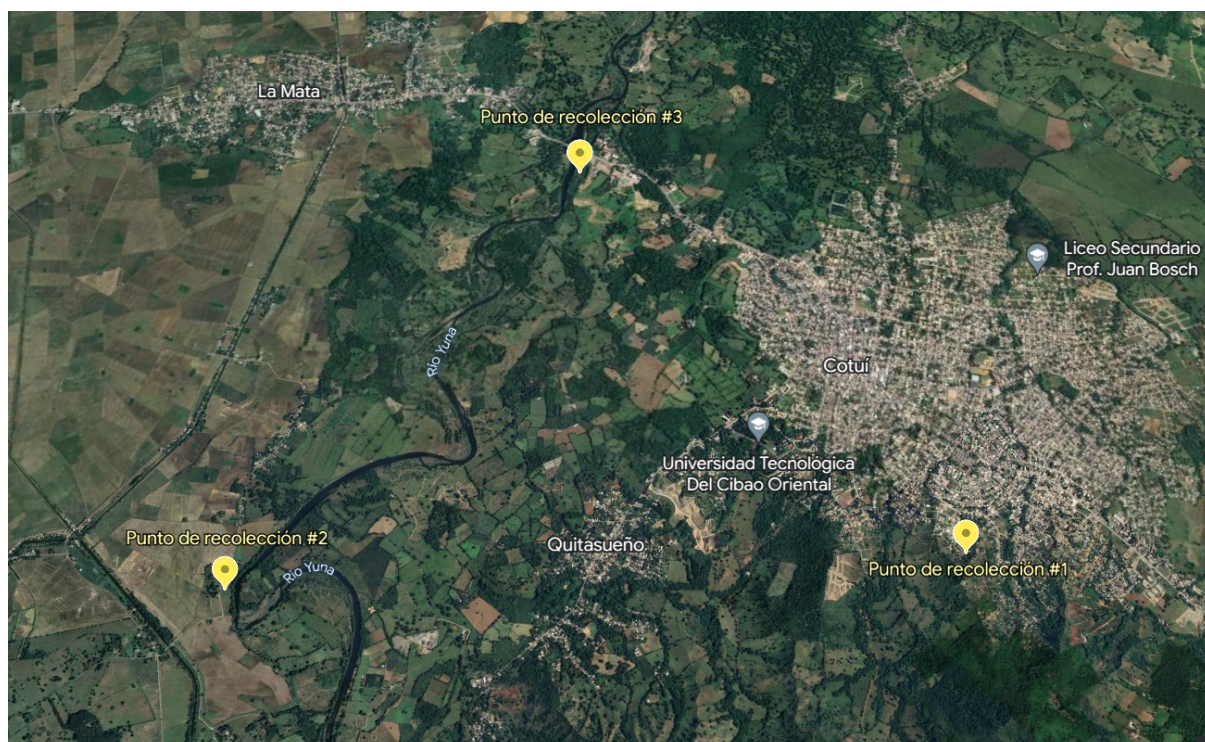
Tabla 1.3- Resultados Metales de la Muestra No. 1 de Suelo Sin Aplicar el Paraquat.

Anexo 3. Conclusiones proporcionadas por los laboratorios LAMENER para metales pesados después de aplicar plaguicida.

Parámetros	Localización	Unidades	Suelo 1 Con Paracuat Aplicado	Norma	Métodos
Cobre		mg/kg	75.4	30	EPA-6010B (SW-86)
Hierro		mg/kg	12 254	-	
Zinc		mg/kg	105.1	60	
Manganeso		mg/kg	1 750	-	
Cromo Hexavalente		mg/kg	< 1.7	2.5	
Cromo Total		mg/kg	19	20	
Níquel		mg/kg	174	20	
Cobalto		mg/kg	160	10	
Molibdeno		mg/kg	< 0.02	2.0	
Selenio		mg/kg	< 0.1	1.0	
Mercurio		mg/kg	< 0.01	0.1	
Arsénico		mg/kg	< 0.9	5.0	
Cadmio		mg/kg	< 0.3	0.5	
Plomo		mg/kg	0.1	25	
Bario		mg/kg	< 2.0	200	
Boro		mg/kg	178	1.0	
Aluminio		mg/kg	151	-	
Fecha Inicio Análisis:		Hora Inicio Análisis:		Fecha Fin Análisis:	
31/7/2023		4:35 PM		7/8/2023	
Fecha Recepción:		Recibido en el lab. por:		Analista:	
31/7/2023		Ing. Rosalba Castillo		Ing. Francisco Bona	
				Revisado:	
				Ing. Harvey Espinosa	

Tabla 1.4- Resultados Metales de la Muestra No. 1 de Suelo Con el Paraquat Aplicado.

Anexo 4. Ubicación geográfica de los puntos de muestreo realizados para el estudio de suelo.



Anexo 5. Muestra #1: se recolectó el día 30 de julio a las 5:50 PM, en la ubicación Cotui Sánchez Ramírez, República Dominicana finca barrio Las Colinas.



Anexo 6. Muestra #2: se recolectó el día 30 de julio a las 10:30 am, en la ubicación Cotui-La Mata Sánchez Ramírez, República Dominicana finca Verá del Yuna.



Anexo 7. Muestra #3: se recolectó el día 30 de julio a las 10:52 am, en la ubicación Cotui Sánchez Ramírez, República Dominicana Finca del Río Yuna.

