



UNIVERSIDAD
NACIONAL
AUTÓNOMA DE
NICARAGUA,
MANAGUA
UNAN-MANAGUA

FACULTAD REGIONAL MULTIDISCIPLINARIA FAREM MATAGALPA

FAREM – MATAGALPA

MONOGRAFÍA

Para Optar al Título de Ingeniería Agronómica

Tema:

Caracterización de condiciones agroecológicas, manejo agro técnico y su efecto en niveles de cadmio en granos de cacao provenientes de fincas cacaoteras de Nicaragua durante el primer semestre de 2021

Autores:

Br. Isayana Mayela Hernández Rocha

Br. Isaac Joel Monsalvo López

Br. Orlando Antonio Urbina Urbina

Tutor:

PhD. Francisco Javier Chavarría Aráuz

Asesor:

Msc. Amaru Martínez Vega

Matagalpa, 16 de diciembre de 2021

mocca | Maximizando Oportunidades
en Café y Cacao en las Américas





UNIVERSIDAD
NACIONAL
AUTÓNOMA DE
NICARAGUA,
MANAGUA
UNAN-MANAGUA

FACULTAD REGIONAL MULTIDISCIPLINARIA FAREM MATAGALPA

FAREM – MATAGALPA

MONOGRAFÍA

Para Optar al Título de Ingeniería Agronómica

Tema:

Caracterización de condiciones agroecológicas, manejo agro técnico y su efecto en niveles de cadmio en granos de cacao provenientes de fincas cacaoteras de Nicaragua durante el primer semestre de 2021

Autores:

Br. Isayana Mayela Hernández Rocha

Br. Isaac Joel Monsalvo López

Br. Orlando Antonio Urbina Urbina

Tutor:

PhD. Francisco Javier Chavarría Aráuz

Asesor:

Msc. Amaru Martínez Vega

Matagalpa 16 de diciembre de 2021

mocca | Maximizando Oportunidades
en Café y Cacao en las Américas



Tema:

Caracterización de condiciones agroecológicas, manejo agro técnico y su efecto en niveles de cadmio en granos de cacao provenientes de fincas cacaoteras de Nicaragua durante el primer semestre de 2021.

Dedicatoria

“Yo se los planes que tengo para ustedes, planes para su bienestar y no para su mal, a fin de darles un futuro lleno de esperanza”. Jeremías 29:11. Dedico A Papá Dios por ser el guía de mi vida y por regalarme el don de la vida y permitirme cumplir una de las metas tan anheladas. Fue quien me sostuvo en medio de cada paso, me expreso su amor y no me soltó de su mano, sin él nada de esto hubiese sido posible. Yo hice mi mayor esfuerzo pero Papá Dios hizo el resto.

A mis padres Mercedes Rocha Mairena y Hermógenes Agustín Hernández por ser mis pilares y las personas más incondicionales en todo tiempo, por haberme formado para poder llegar a la meta. Les agradezco porque no me faltaron sus consejos, palabras de ánimo, amor, apoyo. Lo que soy, es gracias a ellos. A mis hermanos Darwin Almendarez, Jonny Almendarez por ser mi inspiración, estar al pendiente de mí y creer que podía lograr todo cuanto me propongo. A mi tía Ángela Rocha por demostrarme su amor y apoyo. A mi tío Marvin Rocha quien ha estado ahí interesado por mi bienestar, por brindarme su amor también ayuda. Agradecida con mis tíos, primos, sobrinos, ahijados, familia por cada una de sus muestras de cariño así como sus palabras de aliento.

A mi mejor amiga Katherine López Martínez quien ha estado conmigo cada día siendo muy excepcional desde que la conocí, gracias por su amor, paz, ser un ejemplo para mi vida, por todos los momentos compartidos. A mis amigos y compañeros Isaac Monsalvo y Orlando Urbina por compartir su tiempo, cariño, sacrificios, esfuerzos y ayuda en cada paso. A Ossiell Muñoz por su cariño y apoyo. Agradecida con mis amigos y compañeros de carrera por cada tiempo compartido.

A todos mis maestros por compartir sus experiencias, conocimientos, consejos, palabras de ánimo, especialmente a PhD. Francisco Chavarría y Msc. Amaru Martínez por estar siempre al pendiente, por su cariño, palabras de ánimo. A las profesoras Rosa Irene Pereira y Karen Osegueda por su apoyo y cariño. A cada una de las personas que son especiales e importantes en mi vida y estuvieron conmigo a lo largo de esta etapa, este logro es gracias a cada uno de ustedes.

Br. Isayana Mayela Hernández Rocha

Dedicatoria

A Dios todo poderoso:

Primeramente por regalarme el don de la vida, por brindarme salud y bienestar, por guiarme siempre por el camino del bien, así como también por darme sabiduría y perseverancia para cumplir cada una de mis metas tanto académicas como personales y permitirme cumplir esta en especial.

A mis padres: Jamileth López Rodríguez y Fausto Monsalvo Herrera

Les dedico este logro importante para mí, por ser mi motor de impulso, mi pilar fundamental y estar presente en cada etapa de mi vida brindándome su apoyo incondicional, motivándome a cumplir cada una de mis metas y hoy convertirme en un profesional.

A mi familia:

En especial a mi abuelita Estebana Herrera Centeno, mis tías Benicia Yáñez y Martha Monsalvo, mis hermanos, por estar incondicionalmente para mí; por motivarme en momentos difíciles para seguir luchando, por ser un pilar fundamental desde un principio; tanto en mi educación profesional como en mi vida.

A mis maestros:

Por compartir sus conocimientos y formarme profesionalmente; y hoy poder convertirme en un Ing. Agrónomo.

Br. Isaac Joel Monsalvo López

Dedicatoria

Con mucha alegría y felicidad dedico este trabajo principalmente a Dios, por haberme dado la vida, guiarme y darme fortaleza para sobrepasar obstáculos y poder llegar a este punto de vida tan importante como es mi formación profesional.

A mis padres, hermanos y abuelos por haber confiado en mí como persona y mis capacidades y habilidades académicas, por demostrar su apoyo brindado en todos los años de estudio de igual manera en su empeño a inculcar sus valores como base fundamental en mi vida.

A mis profesores como peldaños en mi formación profesional en especial a PhD. Francisco Javier Chavarría Arauz, por compartir sus conocimientos de una manera muy satisfactoria así mismo brindar su apoyo y confianza

A mis amigos a quienes agradezco por hacer estos años de estudios más a menos, formar una segunda familia brindar apoyo en todo momento.

Br. Orlando Antonio Urbina Urbina

Agradecimientos

A Papá Dios por ser nuestro guía en todo tiempo.

A nuestros padres, familia y amigos por ser incondicionales para cada uno.

Agradecemos a cada uno de los maestros que nos acompañaron a lo largo de la carrera PhD. Francisco Chavarría, Msc. Amaru Martínez, Msc. Evelyn Calvo, Msc. Julio Laguna, PhD. Jairo Rojas, Msc. Virginia López, Msc. Rosa Vallejos,

A las profesoras que nos acompañaron en el procesamiento de datos en laboratorio Rosa Irene Pereira y Karen Massiel Osegueda.

A las organizaciones MOCCA (Maximizando oportunidades en café y cacao en las Américas) y a Fundación Nicafrance por confiar en nosotros y darnos la oportunidad de la investigación en fase de campo.

A los asesores de la investigación PhD. Melanie Bordeaux, PhD Luis Orozco Aguilar, Ing. Karen Sáenz, Ing. Abner Castro, Ing. Sophya Reyes, Gifford Laube por dedicarnos tiempo para mejorar.

A los conductores que nos acompañaron en el trayecto de la investigación Aníbal Castro y Osman Villareyna.

A cada una de las cooperativas Flor de Dalia, Ríos de Agua Viva, Nueva Waslala, CACAONICA, APAC, La Campesina, ADAC, La Campesina, HERCAM, 20 de Abril, COOPESIUNA, COOMUSASC, COOMBEDIOS, COOUMUVEMAR, CRS, PROCACAO, CRS, PROCACAO, COMPOR, COOPROCAR, UCA AHMED CAMPOS COOPROCAFUC, COODEPROSA gracias a su apoyo se logró realizar la investigación así como a los productores por abrirnos las puertas de sus fincas, por todo su apoyo al igual que por brindarnos la información necesaria en el momento adecuado

Br. Isayana Mayela Hernández Rocha

Br. Isaac Joel Monsalvo López

Br. Orlando Antonio Urbina Urbina

Carta Aval del Tutor

En mi calidad de Tutor, por este medio me permito emitir valoración técnica metodológica del trabajo de tesis para optar al título de Ingeniero Agrónomo, realizado por los Egresados **Isayana Mayela Hernández Rocha, Isaac Joel Monsalvo López y Orlando Antonio Urbina Urbina**, bajo el título “Caracterización de condiciones agroecológicas, manejo agro técnico y su efecto en niveles de cadmio en granos de cacao provenientes de fincas cacaoteras de Nicaragua durante el primer semestre de 2021”. La investigación se llevó a cabo con el apoyo financiero y técnico de MOCCA Cacao, NICA FRANCE, Programa Progresía Caribe y Rikolto; habiéndose contado con el apoyo en campo, de parte de importantes Cooperativas que trabajan el rubro de cacao.

Considero que el trabajo desarrollado por **Hernández Rocha, Monsalvo López y Urbina Urbina**, cumple con lo estipulado por la UNAN Managua en el Reglamento de Régimen Académico. Existe coherencia entre su título, planteamiento del problema, sus objetivos, hipótesis, resultados, conclusiones y recomendaciones.

Me siento contento por su dedicación y esfuerzos para el logro de su investigación. Mis mejores deseos es que continúen cosechando muchos más éxitos a nivel personal y que de esa manera aporten al desarrollo socioeconómico y ambiental de nuestro país. Qué Dios Jehová les bendiga y guíe siempre.

Francisco Javier Chavarría Aráuz

Tutor

Resumen

El presente resumen presenta resultados de caracterización de las condiciones agroecológicas, manejo agro técnico y el efecto en niveles de cadmio en granos de cacao provenientes de fincas de diferentes zonas cacaoteras de Nicaragua. El estudio es descriptivo-cualitativo, presentando valiosa información sobre condiciones agroecológicas de las zonas cacaoteras. La muestra se compone de 149 fincas de medianos y pequeños productores cacaoteros. Uno de los objetivos principales es identificar niveles de cadmio en almendras y su relación con variables de manejo agrotécnico. Como principales resultados, se logró determinar la extensión de las propiedades se encuentran en un rango de 0.50 a 38 manzanas, sobresaliendo con 75 % las fincas con tamaño entre 0.5 y 5.86 manzanas; el 11% de las fincas son mayores de 11.21 mz. Las fincas se encuentran entre 21 a 861 metros sobre el nivel del mar (msnm), dentro del rango recomendado, sobresaliendo con 45%, las fincas entre 141 y 381 msnm. La pendiente del terreno varía de los 15 al 45 %, resaltan con 47 % las fincas entre 21 y 30 % de pendiente. La cobertura de sombra que sobresale se encuentra entre los rangos de 31 a 40 %. Las variedades de cacao más comunes pertenecen a híbridos, trinitarios, criollos y acriollados. Los rendimientos productivos son bajos; resaltan las fincas con un rango de 1 a 10 quintales/manzana. Las concentraciones de cadmio en almendras se encuentran entre 0.03 a 2.30 ppm; prevaleciendo las fincas con concentraciones menores de 1.00 ppm, lo cual se encuentra por debajo de los límites permisibles según Reglamento Europeo 488 de 2014.

Palabras claves: condiciones agroecológicas, rendimiento, cadmio, zonas cacaoteras, antropogénico

Índice

CAPITULO I	1
1.1 Introducción	1
1.2 Planteamiento del problema	4
1.3 Justificación	6
1.4 Objetivos de investigación:	8
General:	8
Específicos:	8
CAPITULO II	9
2.1 Marco Referencial	9
2.1.1 Antecedentes	9
2.1.2 Marco teórico	19
2.1.2.1 Condiciones agroecológicas	19
2.2 Agrotecnia del Cultivo	30
2.2.1 Poda	30
2.2.2 Formación	31
2.2.3 Mantenimiento	32
2.2.4 Rehabilitación	32
2.2.5 Regulación de sombra	33
2.2.6 Cosecha	34
2.2.8 Plagas y enfermedades	36
2.3.1 Afectaciones en la salud del ser humano por el cadmio	39
2.3.2 Niveles permitidos de cadmio	40
2.3.3 Fuente de contaminación del cadmio para la planta y el ser humano	40
2.4 Relación de las concentraciones de cadmio con la actividad minera y la metalurgia	43
2.5 Efecto de la fertilización química sobre el cadmio	44
2.6 Interacción de productos químicos con el cadmio	44
2.7 Relación del cadmio con otros elementos químicos de origen natural	46
2.8 Mecanismo del cadmio en la planta de cacao	48
2.9 Efectos de condiciones agroecológicas y manejo agro técnico sobre niveles de cadmio	49

2.1.3 Marco legal.....	50
2.1.3.1 Internacional.....	50
Unión Europea	52
2.1.3.2 Nivel Nacional	53
Nicaragua	53
2.2 Hipótesis o preguntas directrices	54
2.2.1 Hipótesis general	54
CAPÍTULO III	55
3. Diseño metodológico.....	55
3.1 Descripción del lugar.....	55
3.2 Tipo de Investigación	59
3.3 Población y muestra	60
3.6 Procesamiento de datos	74
CAPÍTULO IV	76
4.1 Análisis y discusión de resultados.....	76
4.1.1 Análisis de indicadores principales	76
4.2.1 Estadísticas descriptivas por municipio.....	94
4.2.2 Estadísticas descriptivas por muestra de cadmio	95
4.2.3 Prueba Kruskal Wallis	98
4.1.3 Análisis de frecuencias	99
4.1.4 Análisis de conglomerados.....	106
Capítulo V.....	108
5.1 Conclusiones.....	108
5.2 Recomendaciones.....	109
5.3 Referencias y bibliografía.....	110
Bibliografía	110
Anexos	

Índice de cuadros

Cuadro 1. Niveles máximos permisibles de cadmio en la UE en cacao y productos de chocolate	50
Cuadro 2. Nivel máximo permitido establecido según la proposición 65 del Acuerdo industrial San Pin.....	51
Cuadro 3. Límite de cadmio en suelos y lodos.....	52
Cuadro 4. Población y muestra	60
Cuadro 5. Operacionalización de variables	62
Cuadro 6. Frecuencias de altura de las parcelas bajo estudio	76
Cuadro 7. Frecuencia de áreas de plantación de cacao en estudio	78
Cuadro 8. Edades de plantaciones de cacao en estudio.....	79
Cuadro 9. Variedades comunes en las parcelas de cacao en estudio	80
Cuadro 10. Cantidad de árboles de sombra en las parcelas de cacao en estudio	81
Cuadro 11. Nivel de sombra en porcentaje de las plantaciones de cacao.....	82
Cuadro 12. Porcentaje de pendiente de plantaciones de cacao en estudio.....	83
Cuadro 13. Profundidad de suelo en centímetros de las plantaciones de cacao en estudio	84
Cuadro 14. Producción promedio de plantaciones de cacao en estudio	85
Cuadro 15. Realización de análisis químico de suelo en las plantaciones de cacao en estudio.....	86
Cuadro 16. Aplicación de fertilizantes de parcelas de cacao en estudio	87
Cuadro 17. Fórmulas que aplican los productores en las parcelas de cacao	88
Cuadro 18. Frecuencia de aplicación de fertilizantes en las parcelas de cacao de productores.....	90
Cuadro 19. Aplicaciones de abonos orgánicos en las plantaciones de cacao	91
Cuadro 20. Frecuencia de aplicación de abonos orgánico en las parcelas de cacao	92
Cuadro 21. Afectación de Monilia en las parcelas de cacao.....	92
Cuadro 22. Afectaciones por Mazorca negra en las parcelas de cacao	93
Cuadro 23. Resultados por municipio de niveles de cadmio de muestras de cacao en polvo	94
Cuadro 24. Resultados por rangos de niveles de cadmio de muestras de cacao en polvo	96

Cuadro 25. Resumen por municipio de niveles de cadmio de muestras de cacao en polvo	97
Cuadro 26. Prueba de Kruskal Wallis.....	98
Cuadro 27. Resumen de datos de cadmio por total de muestras	101
Cuadro 28. Resumen de datos de cadmio por total de muestras en el municipio de Siuna	102
Cuadro 29. Resumen de datos de cadmio por total de muestras en el municipio de Rosita	104
Cuadro 30. Resumen de datos de cadmio por total de muestras en el municipio de Bonanza	106

Índice de figuras

Figura 1. Zonas de muestreo: La Dalia, Rancho Grande, Cua-Bocay y Waslala.....	56
Figura 2. Zonas de muestreo: Matiguas y Río Blanco.....	57
Figura 3. Zonas de muestreo: Quilali y San Sebastián de Yali.....	57
Figura 4. Zonas de muestreo: Siuna, Rosita y Bonanza	58
Figura 5. Zonas de muestreo: El Rama, Nueva Guinea y Río San Juan	59
Figura 6. Cooperativa Ríos de Agua Viva.....	64
Figura 7. Recolección de mazorca.....	64
Figura 8. Extracción de muestra	65.
Figura 9. Toma de Georeferencia.....	65
Figura 10. Muestra de granos y suelo.....	65
Figura 11. Marcación de árboles.....	66
Figura 12. Muestreo en parcela.....	67
Figura 13. Recolección mazorca.....	67
Figura 14. Mazorcas recolectadas.....	67
Figura 15. Toma de muestras.....	67
Figura 16. Toma de muestras de suelo.....	68
Figura 17. Muestra de suelo.....	68
Figura 18. Camino a Finca.....	69
Figura 19. Muestra con etiqueta.....	69
Figura 20. Granos lavados.....	70
Figura 21. Granos lavados.....	70
Figura 22. Muestra de granos sin mucilago.....	70
Figura 23. Pesaje de muestras.....	70
Figura 24. Muestra de granos en horno para secado.....	70
Figura 25. Proceso de molienda de muestras.....	71
Figura 26. Procesos previos al envío de muestras.....	72
Figura 27. Limpieza de muestras de suelos.....	72
Figura 28. Muestras en polvo de almendras de cacao lista para envío.....	73

Índice de Gráficos

Gráfico 1. Datos atípicos de contenido de cadmio por municipios	100
Gráfico 2. Datos atípicos de contenido de cadmio por municipios: Siuna.....	101
Gráfico 3. Datos atípicos de contenido de cadmio por municipios: Rosita.....	103
Gráfico 4. Datos atípicos de contenido de cadmio por municipios: Bonanza.....	105
Gráfico 5. Análisis de conglomerado de relación de porcentaje de sombra con los datos de cadmio	107

CAPITULO I

1.1 Introducción

El sector cacaotero en Nicaragua ha tenido procesos de transformación significativos donde prevalecen rubros como los productores, fundaciones, cooperativas, organizaciones, son parte fundamental para las distintas actividades dentro de la cadena productiva, de valor y que también contribuyen a los diferentes principios, lineamientos y acciones que estén orientadas en la mejora.

En el 2005 los rendimientos de Nicaragua fueron de 0.28 t por hectárea, lo que indica que se ha mantenido estable la productividad del rubro en el país. (Ruíz, 2018)

En Nicaragua se han desarrollado tecnologías para el manejo primario del cultivo, por ejemplo, buenas prácticas de fertilización (en floración, llenado de grano y maduración), se está promoviendo además el uso de bioinsumos de fácil preparación y adopción para las familias productoras; en Ecuador se logró incrementar los rendimientos mediante implementación de recomendaciones de poda, remoción de frutos enfermos, repoblación con material más productivo. El control biológico está en estudio como parte de una estrategia integral de manejo; se han desarrollado tecnologías en Colombia para el manejo integrado de plagas, evaluación de sistemas de producción en arreglos agroforestales, generación de materiales con fuentes de resistencia y productividad; en República Dominicana se ha desarrollado tecnología para la producción orgánica, uso del agua de riego y niveles de fertilización, manejo de plagas, manejo técnico en cosecha y pos cosecha, todas estas para alcanzar una producción más sostenible. (Sanchez, Zambrano, & Iglesias 2019).

La calidad de exportaciones de cacao sea convencional u orgánico ha ido evolucionando siendo reconocido internacionalmente sin embargo en los últimos años la presencia de cadmio y otros metales pesados ha generado preocupación tanto para los países productores como para los importadores. La presencia de cadmio en los tejidos de cacao puede acumularse en los granos de cacao que es una de las materias primas que resultan ciertos derivados que son comestibles y esto conlleva a riesgos que son potenciales para la salud por ingesta de productos contaminados que contengan altas concentraciones. Debido a los distintos problemas presentados por altos contenidos de cadmio en las plantaciones de cacao pertenecientes a los países que son altamente productores y las consecuencias que este elemento podía ocasionar al ser humano y al medio natural la Unión Europea (UE) decidió reglamentar los valores máximos de cadmio en productos de cacao y chocolate, que se aplicarían desde el año 2019, con el objetivo de regular el contenido máximo de determinados contaminantes en los productos alimenticios, con el fin de proteger la salud pública, establecido para el cacao en polvo y chocolate.

La presente investigación se hace con el objetivo de caracterizar las condiciones agroecológicas, manejo agro técnico y qué efectos puede tener en los niveles de cadmio en granos de cacao provenientes de fincas cacaoteras de Nicaragua esto porque se han realizado estudios y se ha informado que los granos de cacao tienen diferentes concentraciones de cadmio y que eso no sólo depende de la variedad sino también en el sitio geográfico y las probablemente las actividades que se realizan luego de la cosecha.

Es importante que se realicen estos análisis a nivel nacional de zonas cacaoteras por la necesidad de conocer la realidad por la que se encuentran las plantaciones en las diferentes zonas. A la vez es un estudio clave por lo que permite tener evidencias claves al momento de comercializar o exportar el cacao y sus derivados

no solo a nivel local sino nacional e internacional. También promover futuras investigaciones fomentando así conocimientos y posibles soluciones de mejora en las zonas cacaoteras del país.

1.2 Planteamiento del problema

El cacao debe ser cultivado en zonas con condiciones ambientales que le permitan prosperar y desarrollar todo su potencial productivo, es decir en áreas con climas cálidos y húmedos, con precipitación promedio de 1150 mm, 2500 mm y temperaturas entre los 18 °C y 32 °C, con temporadas secas inferiores a 3 meses, en suelos profundos, fértiles y bien drenados, ricos en materia orgánica, con altitudes por debajo de los 1300 msnm. Tales áreas se encuentran cercanas a la línea ecuatorial en África Occidental, Centroamérica, Sudamérica, El Caribe, Asia y Oceanía (Sánchez, 2017).

Es importante que se tenga conocimiento sobre las características de clima y suelo que se necesita para implementar el cultivo de cacao. Durante los últimos años se han presentado inconvenientes en distintas zonas cacaoteras con el metal pesado llamado cadmio debido al alto contenido de este presente tanto en el suelo y cacao.

La presencia de altos niveles de cadmio en el cacao, un metal pesado que provoca daño a la salud de los consumidores, pudiera comprometer el futuro de la producción en algunos países (OIRSA, 2020). El cadmio tiene efectos tóxicos en los riñones y en los sistemas óseo y respiratorio. Además, está clasificado como carcinógeno para los seres humanos (OMS, 2019).

Al presentar problemas no solo en el cultivo sino que también en la salud surge una interrogante:

¿Qué daños o efectos puede ocasionar al ser humano el consumo de productos derivados del cacao que contengan altos niveles o contenidos elevados de cadmio?

En vista de lo antes expuesto, se hace necesario determinar las concentraciones de cadmio en almendras de cacao provenientes de las principales Cooperativas y fincas cacaoteras del país.

Al conocer las condiciones agroecológicas óptimas para el cultivo de cacao y el contenido de cadmio que contiene, surge la siguiente interrogante:

¿Qué efectos tienen las condiciones agroecológicas y el manejo agro técnico sobre los niveles de cadmio en granos de cacao provenientes de fincas cacaoteras de Nicaragua?

1.3 Justificación

En el país existen unos 20 proyectos cacaoteros distribuidos en seis núcleos productivos: 1-Waslala, Rancho Grande y Tuma-La Dalia, 2- Triángulo minero (Siuna, Bonanza y Rosita) 3-Matiguas, Muy Muy y Rio Blanco, 4-San Carlos, Sabalos y El Castillo en Rio San Juan, 5- El Rama, Muelle de los Bueyes, La Cruz de Rio Grande y Nueva Guinea y 6- El Cua, Wiwili y San José de Bocay. Otros sitios que pretenden recuperar protagonismo en el mapa productivo de cacao por medio de iniciativas privadas son: Granada y Rivas. En cada zona cacaotera del país, la producción, acopio y comercialización del cacao está en manos de asociaciones y cooperativas cacaoteras de pequeños productores (MARESNACE, 2010)

La trascendencia de los cacaotales nicaragüenses se basa en que es reconocido como cacao fino en los mercados internacionales de mayor demanda como Europa y El Salvador. Para los pequeños productores es una importante fuente de ingresos y es en muchos casos el sustento del hogar de las familias.

El cadmio es un metal pesado no esencial y poco abundante en la corteza terrestre, sin embargo, en las últimas décadas ha aumentado considerablemente su acumulación, como consecuencia de la actividad industrial. La contaminación por cadmio puede causar serios problemas a todos los organismos vivos, resultando altamente tóxico para el ser humano. Una posible fuente de contaminación por cadmio en humanos es la ingesta de plantas contaminadas por el metal. Por este motivo, es importante conocer cuáles son los mecanismos de toxicidad del metal en la planta, así como los mecanismos de defensa de la misma (Rodriguez, Martínez, Romero, Del Río, & Sandalio, 2008)

Debido a los diferentes aportes y conocimientos que se han realizado en los últimos años a nivel global sobre el cadmio nace la inquietud de la realización de estudios e investigaciones en los países que se dedican a la producción de cacao de manera más específica o sea que a nivel interno o local se realicen análisis de muestras en plantaciones cacaoteras para la realización de productos derivados a base de granos cacao (materia prima) que sería afectada y posteriormente ocasionara daños a nivel de salud en el ser humano si consume por ejemplo: chocolates con alto contenido de cadmio.

La importancia de la investigación en Nicaragua abarca muchos aspectos dentro de ellos están: económico, para seleccionar la mejor calidad producida en el país con un certificado que brinde seguridad a los principales compradores en el extranjero; legal por las normativas establecidas en la Unión Europea; social, debido a los datos recolectados a nivel nacional; comercial, al tener resultados de análisis donde no se tiene un control sanitario del producto que la población consume en este caso el cacao; ambiental-agrícola, debido a las actividades que naturalmente ocurren como lo es la meteorización, actividad volcánica, erosión. Asimismo, a actividades mineras e industriales, así como prácticas agrícolas de riego y fertilización, la seguridad alimentaria se ve afectada por este elemento pesado toxico debido a la falta de registros y conocimientos por parte de los productores, familias, como por el sector consumidor, los mercados locales, nacionales e internacionales, donde no se tiene un control sanitario del producto que la población consume

1.4 Objetivos de investigación:

General:

- Determinar efecto de las condiciones agroecológicas y manejo agro técnico sobre niveles de Cadmio en granos de cacao provenientes de fincas Cacaoteras de Nicaragua.

Específicos:

- Describir las condiciones agroecológicas presentes en las fincas cacaoteras de Nicaragua.
- Reconocer las principales prácticas de manejo agro técnico en las fincas cacaoteras de Nicaragua
- Determinar e interpretar las concentraciones de cadmio en almendras de cacao en referencia a los niveles permisibles por la Unión Europea para la región
- Relacionar efecto de las condiciones agroecológicas y el manejo agro técnico sobre niveles de Cadmio en almendras de cacao

CAPITULO II

2.1 Marco Referencial

2.1.1 Antecedentes

En 2015 (Osorio, L) realizó una investigación con el fin de caracterizar agroecológicamente, los sistemas de producción de cacao en el municipio de Tumaco – Pacífico colombiano, tanto sistemas de producción tradicional como convencional. Se logró conocer que los sistemas productivos de cacao se abordan con dos sistemas tecnológicos contrastantes: 1) de forma tradicional o sistemas complejos locales, dentro del concepto de integralidad de manejo del territorio, y 2) en sistemas de explotación comercial moderna (alta densidad de siembra, uso de controles químicos, patrones introducidos y material vegetal de clones importados). Algunos miembros de la comunidad estudiada manifiestan que la tendencia a aumentar las densidades de siembra del cacao se distancia de la visión de algunos pobladores de mantener bajas densidades (400 árboles ha⁻¹).

En la zona de Waslala, Nicaragua, se estudió una muestra de 40 fincas, cuyos resultados indicaron que en todas existen especies maderables y otros cultivos; *Cordia alliodora* (17.50 árboles ha⁻¹), *Darbergia tucurensis* (3.25 árboles ha⁻¹), *Cordia bicolor* (2.08 árboles ha⁻¹) y *Terminalia oblonga* (2.75 árboles ha⁻¹) son las más abundantes. Sin embargo, existe un 10% de cacaotales que no tienen árboles maderables asociados. El 75% de los árboles presentes provienen de la regeneración natural y el restante 25% fueron plantados. Además, se observa que existen en promedio 31.30 árboles maderables ha⁻¹, que suman un área basal 3 m² ha⁻¹, que son aprovechados principalmente por parte de los mismos propietarios (Almendarez, 2013)

Cerda (2014), menciona que en sistemas agroforestales de Centroamérica (Panamá Costa Rica, Guatemala, Honduras y Nicaragua), los de Panamá son los

que presentan la mayor riqueza de especies de dosel (110 especies), seguido por Honduras (105), mientras que la menor la presentan SAF (Sistema agroforestal) de Guatemala (43), en observaciones de hasta 20 ha. Las especies de este dosel son utilizadas por los productores principalmente para frutas, madera, leña y sombra (árboles de servicio).

En Bolivia se aplicó un estudio a 260 productores de cacao orgánico entre 1993-1994 y 1997-1999. Se estudiaron las condiciones de sitio, el estado agronómico actual y el manejo aplicado desde el establecimiento en una muestra al azar de 42 plantaciones. Se encontró que las condiciones de suelo, mantillo y pendientes donde se establecieron las plantaciones injertadas fueron, en general, apropiados para el cultivo del cacao. Sin embargo, el manejo de las plantaciones fue deficiente (poco control de malezas, las podas de mantenimiento no se aplicaron oportuna ni regularmente, no se fertilizó para reponer los nutrientes extraídos en la cosecha, no se reguló la sombra ni se controlaron las enfermedades), los niveles de producción fueron muy bajos y las cosechas comenzaron tardíamente a partir del sexto año de edad. Los agricultores requieren asistencia técnica y capacitación en el manejo de plantaciones injertadas de cacao (Somarriba, 2005).

Lira (2009) se realizó una caracterización agronómica a la plantación de Cacao (*Theobroma cacao L.*) a través del efecto del manejo agronómico aplicado a las unidades de estudio en la finca experimental El Ojoche de la Universidad Nacional Autónoma ubicada en el municipio de León. El estudio se realizó entre los meses de abril del 2008 y abril 2009. El manejo agronómico incluyó: control de malezas, poda de mantenimiento, deschuponado, cosechas, control de plagas y enfermedades. Evaluamos las siguientes variables: productividad, índice de mazorcas, número de granos por mazorca, peso húmedo y seco de los granos y análisis de calidad de granos. Se utilizaron parámetros de evaluación como promedios y análisis estadísticos generales. La productividad promedio de la

plantación es de 35 frutos/árbol en un año de producción, clasificándose como intermedia según parámetros utilizado por CATIE. Con los resultados obtenidos del resto de las variables evaluadas se seleccionó a los árboles más sobresalientes siendo estos: THCO-7 (*Theobroma cacao* ojoche, planta número siete), THCO-11 (*Theobroma cacao* ojoche, planta número once), THCO-23 (*Theobroma cacao* ojoche, planta número veinte y tres), THCO-25 (*Theobroma cacao* ojoche, planta número veinte y cinco), THCO-26 (*Theobroma cacao* ojoche, planta número veinte y seis), THCO-27 (*Theobroma cacao* ojoche, planta veinte y siete).

El cadmio es un metal pesado de origen natural, que no tiene una función conocida en los seres humanos. Se acumula en el cuerpo y afecta principalmente a los riñones, pero también puede causar desmineralización ósea. El cadmio atmosférico puede debilitar la función de los pulmones e incluso conducir al cáncer (Bernard, 2008). Para reducir la exposición, la Unión Europea (UE) está estableciendo niveles máximos permitidos de cadmio en diferentes alimentos según la ingesta dietética.

El cultivo de cacao se mantiene en auge en Costa Rica; sin embargo, las autoridades europeas han establecido regulaciones a la importación de los derivados del cacao; las cuales iniciaron en enero de 2019 con la fijación de niveles de concentración máximos permitidos de cadmio. El objetivo de este trabajo fue determinar concentraciones de cadmio en suelo, raíz, hoja y en grano seco no fermentado de cacao en dos regiones productoras de este cultivo en el país. El estudio exploratorio se realizó en 2017 y 2018, determinándose la presencia de cadmio en las partes raíz y hoja del árbol de cacao, y en el grano. La información generada permitió determinar que parte de la producción de cacao se encuentra localizada en un entorno donde los órganos raíz y hoja pueden bioacumular este metal y transferirlo a la mazorca donde se detectó concentraciones de cadmio en granos, en un rango de 0 a 8,70 mg/kg (Parménides & Torres, 2020).

OIRSA (2020) señala que el cadmio es un metal dañino a la salud y existen evidencias que las personas pueden estar expuestas a este metal al consumir productos de cacao con Niveles Máximos superiores a los permitidos en normativas que han adoptados algunos Estados. Por estas razones, OIRSA realizó un monitoreo en Belice, Guatemala, El Salvador, Nicaragua y República Dominicana con el objetivo de determinar los niveles de cadmio en el cacao producido en estos países. De 259 muestras analizadas, el menor valor observado fue de 0.00 mg/kg y el mayor valor fue de 0.73 mg/kg con una media de 0.15 mg/kg (miligramos sobre kilogramos), y la desviación estándar de 0.18 mg/kg. Se concluyó que el cacao producido en estos países de la región del OIRSA no representa riesgo para la salud al usarse como materia prima para la producción de alimentos de consumo humano. (OIRSA, 2020).

En la Amazonia peruana se llevó a cabo una investigación que permitió determinar el nivel de cadmio y plomo en granos frescos, secos y en licor de cacao (*Theobroma cacao*), planta muy importante en la economía de la Amazonia peruana. Los granos y el licor de cacao se caracterizaron químicamente, se evaluaron los niveles de cadmio y plomo mediante Espectrofotometría de Absorción Atómica de Llama. El análisis estadístico se realizó mediante el diseño DCA, se empleó la prueba de Tukey ($p < 0,05$) se utilizó el software STATGRAPHICS Centurión XVII. En granos frescos de Pucallpa se encontró los niveles más altos de cadmio (0,08 mg/Kg) y en secos (0,11 mg/Kg). En la marca Oro de ACOPAGRO se encontró el nivel más alto de cadmio (0,11 mg/Kg). (Del Aguila, 2017).

Niño (2015) cuantificó el contenido de cadmio en cacao de dos especies la E.E.T.8 (Estación Experimental Tenesis 8) y C.C.N.51 (colección castro naranjales 51), provenientes del occidente de Boyacá. Para el análisis respectivo se utilizó los métodos de voltamperometría con electrodo de mercurio y electrodo de carbón vítreo; debidamente validado y estandarizado, obteniendo los niveles de cadmio en

la matriz de interés. Se realizó un comparativo con el método de absorción atómica para verificar la robustez de cada método e identificar cual método tiene un mejor nivel de confianza. La validación de este método se realizó, definiendo parámetros de sensibilidad, selectividad, precisión, exactitud y linealidad, obteniendo resultados satisfactorios para voltamperometría con electrodo de mercurio en cada uno de los parámetros, mostrando que el método presenta un comportamiento lineal con un coeficiente R2 superior al 0,95, una precisión (%RSD) inferior al 10%, mostrando que es selectivo a un rango de potencial de 0,40 a 0,70 V. La cuantificación dio a conocer de igual manera que el método más confiable es voltamperometría con electrodo de mercurio, obteniéndose concentraciones entre 1535 y 1585 ppb (partes por billón) para E.E.T.8 y entre 2848 y 2968 ppb para C.C.N.51, concentraciones que superaron los niveles máximos permisibles (1500 ppb para cacao en polvo), establecido por la FAO/OMS en este tipo de alimentos.

Con el objetivo de determinar los niveles de Cadmio en el suelo de cultivo de cacao tipo CCN51 (Colección castro naranjal 51), se llevó a cabo estudio en una pequeña parcela perteneciente al Recinto Río Milagro, del Cantón Simón Bolívar de la Provincia del Guayas; ya que esta parcela forma parte de las muchas que se dedican al cultivo de esta fruta, misma que es distribuida a las diferentes industrias a nivel nacional e internacional para luego ser procesada en diferentes productos alimenticios. Dentro de la parcela se establecieron cinco puntos de muestreos de los cuales se tomaron dos muestras por punto, una a 15 cm y otra a 50 cm. Estas muestras fueron procesadas y analizadas en un laboratorio para poder determinar los niveles de cadmio, dichos resultados fueron comparados con la normativa ambiental vigente. Los resultados fueron satisfactorios, ya que en todas las muestras, los niveles de Cadmio estuvieron por debajo de los límites permisibles oscilando entre 0,2 a 0,4 partes por millón (ppm), teniendo como límite 0,5 partes por millón (ppm), cumpliendo así con la normativa ambiental vigente, establecida en el Acuerdo Ministerial 097-A, Anexo 2 del Libro VI del Texto Unificado de Legislación

Secundaria - Norma de Calidad Ambiental del Recurso Suelo y Criterios de Remediación para suelos contaminados. (Wong, 2017).

En El Salvador no se cuenta con estudios sobre la contaminación de cadmio en chocolate y productos derivados de cacao, es por ello que el presente estudio pretende dar a conocer las concentraciones de cadmio en chocolate de mesa. Para realizar la determinación de cadmio en chocolate de mesa se adaptó el método propuesto por la AOAC 999.11 a las condiciones de laboratorio, realizando un proceso de digestión por el método de vía seca, para determinar los niveles de cadmio en chocolate de mesa, por el método de espectrometría de absorción atómica con horno de grafito; las muestras digestadas se enviaron a un laboratorio acreditado por el Organismo Salvadoreño de Acreditación (OSA) para realizar las lecturas de cadmio en la matriz de chocolate de mesa. Los niveles de cadmio en las muestras analizadas se encuentran en un rango de 0.003 a 0.018 mg/kg de cadmio, cumpliendo con los parámetros establecidos por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) en conjunto con la Organización Mundial de la Salud (OMS), el reglamento No 1881/2006 de la comisión de la Unión Europea (UE) y el reglamento técnico MERCOSUR N°12/11 sobre límites máximos de contaminantes inorgánicos en alimentos. (Beltran, Hernández, & Rodríguez; 2017).

En 2017, el gobierno peruano proporcionó fondos para investigar el alcance de la acumulación de cadmio en el cacao en todo el país. Estos fondos también se propusieron identificar genotipos con baja acumulación de cadmio y probar enmiendas del suelo que podrían reducir la absorción de cadmio de los suelos. El proyecto fue liderado por Bioversity International en colaboración con el Ministerio de Agricultura (SENASA e INIA). El proyecto se llevó a cabo a una escala sin precedentes, con la recolección de muestras de suelo, granos, hojas y raíces de 1.900 árboles de cacao en todo el país.

Los estudios de las interacciones entre cadmio y nutrientes se han enfocado a la relación Cd/Zn por su mayor similitud química. De acuerdo a Kabata-Pendias (2011), las interacciones de zinc y cadmio son controversiales porque presentan efectos de sinergismo y de antagonismo en aplicaciones en cultivos de cacao, mientras que Souza dos Santos et al (2020) en su estudio del efecto del aporte de Zn en suelos cacaoteros de Brasil, indicaron que la aplicación de Zn disminuyó la absorción del cadmio en plántulas de cacao CCN-51 y en la translocación de cadmio de las raíces a las hojas.

Barraza (2021) reporta varias correlaciones entre diferentes nutrientes y variedades de cacao. En la variedad CCN-51, la concentración de cadmio en las hojas se correlaciona positivamente con el Ni y el Zn en hojas. Por otro lado, en la variedad Nacional, la concentración de cadmio en los granos presenta una correlación positiva con el Ni en granos. Los nutrientes del suelo no solo afectan la absorción del cadmio por la planta, sino también su movilidad al interior de la planta.

De acuerdo con Qin (2020), el boro (B) puede contribuir a la reducción de la absorción de cadmio a nivel de la raíz en el cultivo de maíz. Elementos como el manganeso (Mn) y el selenio (Se) son importantes para la defensa de la planta de cacao frente a la toxicidad del cadmio (Oliveira, 2020).

La contaminación con cadmio de los granos de cacao también se da en función de la variedad de cacao. Según diferentes autores (Arévalo, 2017; Lewis, 2018) la variedad de cacao influye significativamente en la absorción de cadmio. Esto se ha observado en estudios de invernadero (bajo condiciones controladas) y campo donde hay una gran variación en el contenido de cadmio en las hojas y los granos.

Trabajos realizados por FHIA (Fundación Hondureña de Investigación Agrícola) (2019) en Honduras determinaron que las variedades Caucacia-37, Caucacia-47, Pound-7 y Pound-12, presentan baja capacidad para absorber y transportar cadmio desde el suelo hasta los granos de cacao, por lo tanto, estas pueden utilizarse como porta injertos para reducir la absorción de cadmio. Chávez y colaboradores (datos no publicados) realizaron un estudio hidropónico con 8 cultivares de Ecuador. Según los resultados obtenidos, la influencia genética en la absorción de cadmio difiere en un factor de 4. Esto quiere decir que la capacidad de la variedad con mayor acumulación fue cuatro veces mayor que la de menor absorción. Si este factor se mantiene en campo, existiría gran potencial para poder reducir la concentración de cadmio por el uso de variedades con capacidad de excluir cadmio.

Lewis (2018) evaluaron en Trinidad y Tobago los niveles de cadmio en hojas obteniendo resultados que abarcan rangos de 1,37 a 2,33 mg kg⁻¹ y en almendras resultados de 0,66 a 1,86 mg kg⁻¹ de 100 accesiones de diferentes grupos genéticos y poblaciones híbridas de *Theobroma cacao* L.; al igual que el estudio anterior, estos autores encontraron una diferencia de 4:1 en la absorción de cadmio entre los grupos. Cabe mencionar que este estudio fue realizado en campo con variedades propagadas por enraizamiento y sin injertar, por lo que la influencia del patrón se excluye y el efecto de baja/alta absorción es atribuible exclusivamente a la variedad.

De igual manera, Barraza (2017) en Ecuador se encontraron mayores niveles medios de cadmio en las almendras, hojas y mazorcas de cacao para la variedad CCN-51 (2,17; 2,38 y 2,14 respectivamente) comparado con el cacao nacional (1,26; 2,12 y 0,99). Estas diferencias se observan también en la composición isotópica del cadmio, la cual sugiere que ambas variedades tendrían mecanismos diferentes de translocación (transporte desde la raíz hacia el resto de la planta) y secuestro (acumulación en ciertos órganos) de cadmio en hojas, cáscaras y

granos de cacao con el fin de valorar el impacto de cadmio en áreas petroleras y su accesibilidad para el ser humano.

Moore (2020), observó diferencias en el proceso de acumulación de cadmio en Reino Unido entre los diferentes cultivares de cacao estudiado; explicaron estas diferencias por la expresión de proteínas específicas implicadas en el transporte de cadmio en ciertos cultivares de cacao. Fue razonable concluir que las composiciones de isótopos de Cd de los clones de cacao y los acumuladores de Cd son impartido principalmente durante la captación de Cd.

Cryer & Hadley (2012), en Ecuador reportaron que el hecho de tener patrones con poca absorción no necesariamente implica que se va a absorber menos cadmio por parte del injerto, ya que algunos injertos pueden inducir a una mayor absorción de cadmio. Ellos, en su estudio, encontraron que dos genotipos ICS6 x ICS6 (Imperial College Selection número seis) y PA56 x PA175 (Parinari número cincuenta y seis y número ciento setenta y cinco) registraron menor absorción de cadmio, pero cuando les fue injertado el genotipo WAA5 (Cacao Amazónico) hubo un aumento de la concentración de cadmio con el genotipo PA56 x PA175, no así sobre el genotipo ICS6 x ICS6. Por ello, además de evaluar la toma de cadmio por parte de los patrones, es necesario también estudiar la combinación patrón-injerto.

En el cacao, en general el orden de concentración de cadmio encontrado es: ramas, hojas, raíces, almendra, tallo y esto varía entre cultivares. (Engbersen, 2019). Datos que muestran resultados con tendencias similares son dados por Lewis (2018), quienes, en un estudio realizado en Trinidad y Tobago en 100 genotipos pertenecientes a nueve grupos genéticos, hallaron que la concentración de cadmio en la hoja es el doble que en las almendras. Además, reportan que el grupo genético Curaray y los híbridos pertenecientes a los grupos clasificados como "Refractario" y "Trinitarios" son los que tienen en promedio el menor contenido de

cadmio en las almendras. Ellos encuentran que la accesión Red Amel 1/30 (Amelonado), JA 5/39 (Refractario) y CL 27/50 (Refractario) son las que tienen menor contenido de este metal en la almendra.

Estudios en Perú, muestran diferencias en la concentración de cadmio entre genotipos y la tendencia es que los genotipos llamados nativos de Satipo y nativos de Marañón son los que acumulan menor cantidad de cadmio (Arévalo, 2017). Esto muestra que es posible establecer algunas investigaciones en la búsqueda de genotipos con menor absorción de cadmio en la almendra con la posibilidad de usarlos como patrones y sobre ellos injertar clones de alta producción.

La presencia de cadmio (Cd) en el suelo y almendras de cacao en Ecuador fue citada antes del año 2000 por varios investigadores, quienes encontraron concentraciones de cadmio en suelos y almendras mayores a las permitidas por el Codex Alimentarius. (Mite, 2010). Posteriormente, en un estudio a nivel nacional realizado por (Argüello, 2019), encontraron que el 40% de las muestras de almendras de cacao de 560 sitios excedieron el valor de 0,6 mg kg⁻¹ de cadmio aceptado actualmente por exportadores.

2.1.2 Marco teórico

2.1.2.1 Condiciones agroecológicas

Clima

Clima es el conjunto fluctuante de condiciones atmosféricas caracterizado por los estados y la evolución del tiempo, en el curso de un periodo suficientemente largo y en un dominio espacial determinado. (Escardó & Linés, 2010).

El clima abarca todas las condiciones meteorológicas las cuales influyen en y caracterizan cada zona de las diferentes ubicaciones ya sean países y/o departamentos. Esto influye especialmente en las producciones agrícolas, el cual es la base de una buena producción y calidad del producto. El clima varía según la ubicación geográfica, afectando la producción, los costos de producción y la calidad de los productos obtenidos.

Debido a las alteraciones en el clima dadas por la contaminación y deforestación, el cacao difícilmente encontrará un clima o microclima que llene todas sus exigencias. En Nicaragua las regiones cacaoteras están en constante lucha de adaptación a estos fenómenos y cambios bruscos que se dan cada año con aumentos de temperaturas y disminución de precipitaciones, disminuyendo así la evapotranspiración, alterando el proceso biológico del medio y del cultivo. Para adaptarse a estos cambios, el sector agrícola se ha visto obligado a tomar medidas de adaptación y mejora genética con el fin de mantener los índices de producción.

Temperatura

El cacao se desarrolla en forma óptima donde la temperatura se mantiene entre los 22 grados y los 30 grados centígrados. Este rango de temperatura permite al

cacao tener un buen desarrollo vegetativo y dar cosechas abundantes. Cuando la temperatura entre el día y la noche varía en más de 9 grados centígrados, afecta el desarrollo y la producción. Temperaturas mayores de 38 grados centígrados y menores de 15 grados centígrados, afecta el funcionamiento de la planta y su productividad. (Camacho & Orozco, 2020).

La temperatura juega un papel crucial al momento del establecimiento de un cultivo como lo es el cacao, al no obtener las temperaturas dentro del rango óptimo la planta empezara a sufrir estrés, aparición y/o proliferación de enfermedades fungosas causadas por altos porcentajes de humedad o mucha luminosidad. Manejar un cultivo dentro de las temperaturas requeridas ayudara a mantener la calidad y salud de la planta en óptimas condiciones y manejar una producción promedio. La temperatura influye en ciertos procesos del desarrollo y fructificación del cultivo de cacao por lo cual es importante saber cuál es la temperatura promedio para establecer un cacaotal tomando en cuenta la irradiación y evaporación tratando de mantener un equilibrio y tomando medidas preventivas para no obstruir ni alterar los procesos de fotosíntesis de la planta ya que, debido al cambio climático, la deforestación dada por los avances de las fronteras agrícolas y otros factores las producciones no son factibles económicamente el cacao ya no presta las condiciones requeridas por su fisiología desde el momento de establecimiento hasta la producción.

Precipitación

Los requerimientos de agua para el cacaotal están estimados de entre 1500 a 2500 mm en las zonas bajas y cálidas y de 1000 a 1500 mm en las zonas más altas o frescas. En la mayoría de las regiones cacaoteras, la cantidad de lluvia excede la evapotranspiración, necesitando esto suelos bien drenados para eliminar el excedente. (Johnson, Bonilla, Julio, & Agüero; 2008).

En los últimos años se han presentado variaciones en las precipitaciones y otras variables del clima, debido a fenómenos causados por el cambio climático. Estas variaciones van desde el aumento hasta la disminución de esta, afectando en gran manera las producciones y su calidad, obligando así a los productores a crear técnicas de manejo y adaptación al cambio climático como tal.

Humedad Relativa

La humedad ambiente adecuada para el cacao es aquella que se mantiene entre 70% y 80%. Por debajo de este nivel hay mayor transpiración foliar y si no se dispone del agua necesaria en el suelo, se provoca un estrés hídrico en la planta. Por otra parte, si la humedad ambiental es alta, arriba del 85% durante los períodos lluviosos y fríos, se favorece la incidencia de enfermedades fungosas como la mazorca negra. (Vayona & Diana, 2017).

La humedad relativa en los cultivos abarca un sinnúmero de factores determinantes para la vida de la planta ya que las alteraciones de humedad en el aire darían efectos negativos como son marchitamiento, mal desarrollo de la planta por atrofia en la misma, compactación de suelos en caso de HR baja y en HR alta estarían lo que es proliferación de ciertas enfermedades en raíces y tallo por hongo, deficiencia de nutrientes. El cacao necesita sombra para crecer por lo cual se tiene que buscar un clima apto que preste las condiciones necesarias de humedad sombra y temperaturas adecuadas.

Horas luz

La luz solar es la primera fuente de energía, imprescindible para la vida de las plantas. La radiación disponible influye en numerosos procesos fisiológicos, morfo genéticos y reproductivos; los rayos directos del sol proporcionan la cantidad y una calidad de luz necesaria para la fotosíntesis, proceso en el que las plantas utilizan la luz para convertir el agua y el dióxido de carbono en energía. El cacao es una especie tolerante a la sombra, cuya fisiología y metabolismo se adapta a condiciones de baja luminosidad, es decir, es un cultivo que normalmente requiere ser asociado con otras especies para su desarrollo, tanto en la fase de establecimiento como en la productiva. (Diannefair, 2019).

Las plantas utilizan la energía solar para llevar a cabo los procesos biológicos de fotosíntesis el cual la planta captura la luz solar para para la liberación de oxígeno a partir del dióxido de carbono, las plantas tienen sus niveles necesarios de luz para iniciar su proceso fotosintético el cual comienza cuando la energía es la suficiente para más oxígeno de lo que requiere la planta y liberarlo llegando a su punto máximo. Entre más rápido sea el proceso más rápido será el crecimiento y desarrollo de la planta. La fotosíntesis en el cultivo de cacao es un proceso esencial y muy riguroso el cual se debe manejar con cuidado ya que si a la planta no se le da la cantidad necesaria de luz así como el manejo adecuado de sombra ya sea temporal o permanente su desarrollo no será el adecuado, lo cual afectará a corto y largo plazo su desarrollo, funcionalidad, daños también el estrés en la planta.

Vientos

Los vientos son enemigos del cacaotero, vientos constantes o brisas hacen que los cacaotales pierdan agua y las hojas cierran sus estomas y dejan de trabajar, estas entonces se secan y mueren, en vientos intensos las hojas se caen

prematuramente, especialmente a una velocidad a más de 4 m/segundo. (Johnson, Bonilla, Julio, & Agüero, 2008)

El viento actúa como un factor determinante en la planta a través del proceso de evapotranspiración del agua en el suelo y las hojas, provocando caída de las hojas dañados como tal a las hojas, caída de flores y frutos pequeños; por lo que es importante conocer las condiciones de viento al momento de establecer el cultivo y/o tomar medidas para prevenir daños significativos. Entre estas medidas se considera un buen manejo de sombra, y cortinas rompe vientos en zonas estratégicas de la parcela, para disminuir golpes de vientos tan drásticos a la planta, que podrían causar disminución de producción al limitar su desarrollo fisiológico normal.

Altura (msnm)

El cacao es una especie de planta originaria y adaptada al clima tropical. En cuanto a la altitud, el cacao se adapta bien desde el nivel del mar hasta los 900 metros (Camacho & Orozco, CACAO MOVIL, 2020). El cacao se debe establecer bien en zonas con baja altitud pues no existen estudios sobre la adaptación del cultivo a mayores altitudes en el país, su desarrollo no es bueno en zonas altas, con humedad y climas más helados limitando su desarrollo y producción.

El cambio climático ha venido tomando terreno en nuestro planeta, en la actualidad aunque se establezca una parcela de cacao a una altura adecuada según recomendaciones técnicas y de adaptación se está viendo un problema grave por las variaciones drásticas que se dan en tan poco tiempo generando efectos negativos a la planta por excesos o falta de humedad, altas temperaturas y diferentes fenómenos naturales que afectan al sector cacaotero, por lo que se deben

tomar en cuenta medidas de adaptación, un buen drenaje de los suelos sombra adecuada para bajar temperaturas y evitar choques de calor drásticos, tratando así no se ven tan afectadas las producciones.

Estructura

El suelo en el cultivo de cacao es uno de los factores importantes debido a que sin un buen suelo que sea apto como tal son los suelos arcillosos, la planta no podría absorber ni retener la humedad necesaria para sus procesos naturales y mantener humedad relativa, aireación del suelo y el sistema radicular y alargar la vida de plantas productivamente.

Cuanto mejor sea la estructura del suelo, más profunda es la penetración de las raíces y por lo tanto mayor será el volumen de suelo que es aprovechado por las raíces para tomar humedad y la absorción de nutrientes. Un suelo arcilloso de buena estructura es el mejor para el cacao por su alta capacidad de retener la humedad. (De La Cruz, Ortiz, & Coronel, 2012).

Para la formación de los suelos se requiere de diferentes factores meteorológicos y ambientales. Los suelos aptos para el cultivo de cacao son los arcillosos por su capacidad de retención de humedad y buena estructura que ayuda a la planta a la absorción de nutrientes y crea un microclima ideal para este.

Suelo

De buena fertilidad, francos y profundos para facilitar el desarrollo de las raíces, así la raíz principal puede penetrar de 80 a 150 centímetros, contenidos altos de materia orgánica, deben presentar un drenaje natural en caso contrario se debe

facilitar la salida del agua a través de canales de desagüe. El nivel freático debe mantenerse a más de un metro de profundidad de la superficie del suelo. (Quiroz & Mestanza, 2012).

El suelo apto para el cultivo de cacao debe presentar una buena estructura granular, ya que es vital para el desarrollo y productividad de planta ya que esta permitirá la entrada de aire y agua al suelo, para un buen desarrollo del sistema radicular y su absorción de nutrientes, este tipo de suelos permiten un buen desarrollo de la micro fauna benéfica al suelo aportando fertilidad y previniendo erosión.

Textura

La textura es una variable muy importante en el suelo apto para el cultivo de cacao ya que abarca ciertas características físicas como la porosidad y retención de agua, entre otros; que benefician el desarrollo de la planta, también determina la rapidez en el que el agua drena en el suelo a través de sus finas partículas o micro poros en el caso de las arcillas y arcillo-arenoso el cual ayuda a drenar rápidamente y evitar saturación en el suelo.

El suelo en el establecimiento de parcelas de cacao es muy variado debido a que no todas las zonas presentan las mismas características edáficas por lo que se debe una evaluación del suelo y diagnosticar para tomar medidas como establecimiento, densidades de siembra, elección y establecimiento de sombra fertilización, drenajes riegos para darle seguimiento según su suelo, para evitar pérdidas por saturación de suelo, anegamiento, deficiencias nutricionales, estrés hídrico, problemas de escorrentía o más.

Los suelos aptos para este cultivo van desde los arcillosos hasta los francos arenosos. Las arcillas tienen la facilidad de absorber agua dentro de su estructura cristalina. Los suelos arenosos, aunque poseen buen espacio poroso para la penetración de raíces, carecen de buena retención de agua, razón por la cual no son recomendados para la siembra de cacao en lugares con períodos secos. En general, el cacao prefiere los suelos con un horizonte húmico de color oscuro uniforme, con profundidad mayor a un metro. Son suelos bien drenados, con buena capacidad de retención de humedad y con buena aireación. (Arvelo, 2017)

pH

El cacao se desarrolla eficientemente cuando el pH se encuentra en el rango de 6.0 a 6.5; permitiendo obtener buenos rendimientos. Sin embargo, también se adapta a rangos extremos desde los muy ácidos hasta los muy alcalinos cuyos valores oscilan de pH 4.5. Hasta el pH de 8.5, donde la producción es decadente o muy deficiente, en estos suelos se debe aplicar correctivos (Paredes, 2003). Sobre el mismo aspecto otros autores señalan que el suelo es favorable si el pH es de 6.0 a 7.1. Un valor de pH de 4 o menor no es adecuado para el cacao. Donde el plátano y el maíz crecen en forma abundante, es una señal de que el cacao se cultiva con éxito en ese lugar. (De La Cruz, Ortiz, & Coronel, 2012).

De acuerdo a lo que la literatura indica un pH apto para el cultivo de cacao oscila entre los 6 a 7, dentro de este rango la planta no se verá afectada por bloqueo de nutrientes. El pH es el factor que más influye en la interacción entre suelo y sistema radicular al momento de absorción, suelos muy ácidos para cacao presenta deficiencias de N, P, K, y una lenta interacción de la actividad bacteriana en el suelo.

En los suelos utilizados para los diferentes cultivos en especial los cultivos perennes como el cacao es importante que se conozcan los suelos para darle un

mejor manejo con correcciones al igual que manejo de nutrición a la planta para su correcto desarrollo también la producción, por lo cual se deben realizar análisis de pH constante para asegurar que la planta está absorbiendo todos los nutrientes necesarios. Las lluvias también influyen de cierto modo a la alteraciones de la acidez del suelo, también se puede dar a través del riego y lixiviación.

Color

Según Lutheran World Relief (2009) “Los suelos de color café, café claro café oscuro, rojo, rojizo y café rojizo, son considerados buenos suelos para el cacao ya que son indicativos de buena aireación y drenaje. Los colores azul-gris y verde-gris reflejan un mal drenaje”. Los suelos de coloración oscura indican que son ricos en materia orgánica habiendo bastante interacción de microorganismos descomposición de la materia aportando aireación al suelo ayudando al desarrollo del cacaotal así como también los suelos de tonalidades rojizas como indican los diferentes textos y literaturas citadas que son excelentes para el cultivo debido a su capacidad de retener humedad y también de drenar los excedentes de agua en el suelo siendo este también un suelo rico en hierro.

Se dice por lo general los suelos de color rojo o similares son altamente fértiles por su alto contenido de hierro. En el norte de Nicaragua se encuentran en abundancia, en algunas zonas de los municipios de Waslala, Rancho Grande y Triangulo Minero, entre otros, los cuales prestan las condiciones de suelo así como factores climáticos para el cultivo. Su nivel de explotación intensiva y monocultivos ha deteriorado en gran manera disminuyendo este sus características de fertilidad y calidad a lo largo del tiempo.

Profundidad de suelo

La profundidad del suelo es uno de los factores que determina la cantidad de agua susceptible de ser almacenada en el suelo y puesta a disposición de las plantas. En regiones donde las precipitaciones superan los 3,000 mm. La profundidad efectiva a considerar es de 1.00 m., que asegura la fijación estable de la planta y al mismo tiempo un suministro adecuado de agua a las raíces. Sin embargo, en regiones con épocas secas prolongadas es conveniente considerar un límite mínimo de profundidad en 1.50 m. para que de esta manera se pueda aumentar el suministro de agua a las raíces. (Paredes, 2003).

Las plantas necesitan una capa profunda de suelo para el buen funcionamiento y desarrollo de su sistema radicular para que estas puedan penetrar y satisfacer sus necesidades de absorción de agua y nutrientes sin ningún problema y en el tiempo requerido como es el caso del cacao el cuales un árbol de producción de larga vida llevando su desarrollo como un árbol común de un bosque, pero con un manejo agronómico riguroso. Utilizando técnicas las cuales disminuyan la erosión de los suelos en las laderas, evitando la reducción paulatina de la fertilidad de los mismos y la disminución de la capacidad del suelo para retener agua, y de esa manera evitar la progresiva reducción de la productividad de las fincas.

Con dificultad se encuentran suelos con buena profundidad para el desarrollo efectivo de raíces lo cual es importante el uso de estimulantes para el desarrollo de tejidos radiculares. Por lo general en muchas zonas cacaoteras el productor no domina o conoce sus suelos. Establecen plantaciones en áreas con pendientes muy pronunciadas donde las pérdidas de suelo son altas, llegando a tener hasta un 70% de pérdidas de suelo en las partes altas por factores climáticos como la lluvia (escorrentías), por lo cual debemos hacer obras de conservación de suelo.

Tipo de suelo

Los suelos más apropiados para el cacao son los aluviales, los francos y los profundos con subsuelo permeable. Los suelos arenosos son poco recomendables porque no permite la retención de humedad mínima que satisfaga la necesidad de agua de la planta. Los suelos de color negruzco son generalmente los mejores puesto que están menos lixiviados. Otra característica es que debe poseer un subsuelo de fácil penetración por parte de la raíz pivotante y una adecuada profundidad. (Paredes, 2003).

Para el establecimiento de una parcela de cacao se deben llevar a cabo una serie de estudios para conocer las condiciones climáticas y de suelo las cuales deben ser cumplidas de modo que el cultivo no presente problemas al momento de su desarrollo y se obtengan resultados obtenidos con una buena capa de suelo fértil, textura, estructura, pH y profundidad efectiva, buen clima, lluvias, temperaturas y sombra adecuada. El suelo con mejor adaptación para el cacao son los arcillosos para su buen desarrollo de su sistema radicular y condiciones de humedad.

El factor limitante del suelo en el desarrollo del cacao es la delgada capa fértil que normalmente se encuentra expuesta debido a los factores climáticos y el mal manejo del suelo como son la deforestación el mal uso de insumos y poca sombra. El cacao es un cultivo que se establece bajo un sistema agroforestal el cual ayuda a la recuperación de suelo por sus niveles de sombra, cuidado y conservación de suelo a través de sistemas de siembra adecuados, drenajes para evitar pérdidas drásticas de suelo en parcelas con pendientes mayor al 25 %.

Pendiente

Según Quiroz y Mestanza (2012) “Los suelos recomendados para cultivar cacao deben ser planos (vegas) o ligeramente inclinados, también suavemente ondulados, los tres tipos de topografía deben ser fértiles y con muy poca erosión”.

La topografía de los terrenos influye en la calidad de la plantación y su desempeño, en suelos con pendientes muy pronunciadas (+25%) se presentan daños en las plantaciones por golpes de vientos y pérdidas de suelos causados por factores naturales climáticos como la lluvia y los vientos. Suelos con altos porcentajes de pendientes deben ser utilizados para explotaciones forestales.

La buena selección de terreno para establecer un cacaotal es un punto clave tomando en cuenta los factores naturales topográficos, al establecer el cultivo en un área con pendiente se deben tomar en cuenta la aplicación de ciertas prácticas de conservación de suelo como la implementación de barreras vivas, zanjas para drenar y evitar lixiviación, curvas a nivel al momento de la siembra para que la plantación este contra la pendiente y siembra bajo el método de 3 bolillos tratando de mitigar las pérdidas de suelo.

2.2 Agrotecnia del Cultivo

2.2.1 Poda

Entre las prácticas comunes del manejo de cacao se encuentra la poda, que afecta significativamente la producción de grano. La poda es un procedimiento que tiene el propósito de estimular el desarrollo de nuevas yemas, incrementar la floración y la producción de frutos (Brito, 2018). Esta práctica se realiza en los árboles de cacao para eliminar ramas mal dirigidas o enfermas. Esto ayuda a

mantener árboles sanos con mayor capacidad de producción de igual forma aporta un mejor desarrollo de sus ramas, para un buen manejo y mantenimiento.

En muchas fincas cacaoteras de nuestro país realizan esta actividad, uno de sus beneficios es que esta permite regular la altura de la planta, la cual facilita un buen mantenimiento al cultivo y mantener una cosecha buena y sana, así como también mejora la ventilación y entrada de luz disminuyendo la afectación de ciertas plagas y enfermedades.

2.2.2 Formación

La poda de formación debe hacerse cada cuatro meses, para facilitar la eliminación de los chupones y evitar lastimar el tronco, durante los primeros dos años, posteriormente se recomienda hacer dos podas al año, después de cada época de cosecha. Esta labor puede realizarse manualmente, utilizando las herramientas recomendadas, como un serrucho de podar, guillotina podadora y una tijera podadora, con cuchillas bien afiladas. En la mayoría de los casos no es necesario proteger las heridas con pasta cicatrizante. (Artavia, 2012).

Con dicha poda se brinda un mejor desarrollo y crecimiento de la planta de cacao, ya que ayuda a tener ramas bien distribuidas dejando un solo tallo y una horqueta bien formada con 4 a 6 ramas. Se efectúa desde un mes hasta los dos años de edad de la planta, ésta es la etapa crítica para una buena formación, principalmente el primer año.

Para los productores de cacao en Nicaragua es muy importante la formación de la planta para mantener a futuro una producción estable, de igual manera un buen estado fitosanitario y mantener una buena estructura que facilite su manejo como

las labores de chapia, así como también ayuda a combatir algunas enfermedades por regulación de luminosidad.

2.2.3 Mantenimiento

Después de 2 o 3 años de edad, los árboles de cacao necesitan una poda ligera para lograr una buena forma del árbol, eliminando las ramas muertas o mal colocadas. Esta por regular, se puede hacer una o dos veces al año. (Cacao movil, 2021).

La poda de mantenimiento es recomendable hacerla 1 o 2 veces por año, después de la cosecha o después de una regulación de sombra. Permite mantener la forma de la planta y la altura adecuada de 3 metros para facilitar la cosecha. Consiste en eliminar los chupones y retoños, las ramas muy juntas, las que crecen hacia adentro, las que están dañadas o muertas. También debemos despuntar las ramas que están muy altas o van hacia abajo.

En Nicaragua, los productores cacaoteros realizan esta poda comúnmente en época seca, para cuando inicie la temporada lluviosa, esta ayude a estimular bien el crecimiento de las ramas mejor dirigidas, ya que se les realiza un recorte de las ramas largas o se despuntan aquellas que se dirigen hacia arriba o hacia abajo.

2.2.4 Rehabilitación

Se debe realizar una poda de rehabilitación para eliminar gran parte de hojas y ramas, con el propósito de estimular el crecimiento de chupones que broten al pie del tronco para después seleccionar los mejores que sustituirán al árbol viejo. (Cacao movil, 2021).

Otra forma de hacer una poda de rehabilitación es la eliminación completa del tronco, se hace a una altura de 60 y 80 centímetros comenzando del pie del tronco, se dejan crecer los chupones para luego pasar a seleccionar el mejor ya que será la nueva planta.

Los productores nicaragüenses realizan esta poda para así brindarle un mayor cuidado al árbol de igual manera aumentar la producción, evitando así la entrada de patógenos que puedan afectar al cultivo por ello es de gran importancia dicha poda, y recomendable ponerla en práctica.

2.2.5 Regulación de sombra

La regulación de sombra se limita a una adecuada selección de especies, al uso de arreglos de plantación que favorezcan la entrada de luz y el manejo de poblaciones mediante raleos. Hay situaciones donde, además de utilizar podas y raleo, es deseable decumbrar las maderables. (Somarriba, 2015).

El control adecuado de la sombra es muy importante para obtener buenos rendimientos en el cacao. Existen 2 tipos de sombra: sombra temporal y sombra permanente, en la sombra temporal se puede utilizar, Chagüite o gandul, en el caso de la sombra permanente se pueden utilizar árboles maderables, los cuales se deben podar 1 o 2 veces al año, preferiblemente las ramas que están muy abajo.

La sombra en cacao debe estar en constante regulación ya que si existe mucha sombra, el cacao apenas sobrevive y cuando hay poca sombra, se envejece rápidamente volviéndose poco productivo. Estos puntos se deben tomar en cuenta para garantizarle al cultivo un ambiente adecuado que le ayude en su buen desarrollo y producción.

2.2.6 Cosecha

La cosecha del cacao consiste en la corta de las mazorcas maduras que se identifican por el cambio de color en la cáscara. Se recolectan las mazorcas maduras en diferentes puntos del área del cacao, y luego en un sitio se quiebran la cascara para sacar el cacao en baba. (Cacao movil, 2021)

Cuando el productor se asegura que el fruto está maduro procede a recolectar las mazorcas, esto se realiza con la ayuda de herramientas como tijeras, machete o cuchillo, al momento de hacer el corte se debe tener en cuenta que no hay que maltratar mucho el árbol ya que a través de las heridas se puede dar el ingreso a enfermedades que afecten en su próxima cosecha al cultivo.

Para los productores de Nicaragua la recolección del cacao es algo muy delicado ya que hay que saber el momento exacto de corte, para mantener buenas cosechas, porque si se extrae un fruto que no está maduro completamente, no va a tener la misma calidad de uno que si lo está y como consecuencia conlleva a pérdidas económicas y mano de obra.

2.2.7 Fertilización

Orgánica

El CATIE sugiere combinar la fertilización con las podas oportunas para regular la sombra, pero advierte que la siembra de árboles leguminosos y la incorporación de las mazorcas de cacao al suelo, “no son suficientes para sostener un balance positivo de nutrientes”. (CATIE, 2012)

En Nicaragua pocos son los productores que utilizan el abono orgánico, porque según éste, su proceso es más tardío que la fertilización química, en cambio su calidad es mucho mejor. Uno de los abonos más utilizado y más eficiente es el compost que es muy rico en nutrientes y ayuda de gran manera en el crecimiento y desarrollo de la planta, su volumen adecuado sería 4.5 kilogramos anuales por planta.

En la actualidad es recomendable utilizar abonos orgánicos debido a que hay mucha erosión de suelos por el uso excesivo de químicos, a parte que nuestro país tiene alta demanda en exportación de este producto, es mejor enfocarse en calidad y no cantidad.

Química

Antes de iniciar cualquier tipo de fertilización es preciso conocer el nivel de fertilidad natural del suelo. Este diagnóstico se hará por medio de análisis de suelo y análisis foliar. Este último análisis es quizá el más recomendado en el caso de posibles deficiencias de elementos menores. Sobre la base de esa interpretación se recomendarán los niveles de fertilización requeridos. (Borrero, 2009).

Este tipo de fertilización requiere primero de análisis para con ello saber las deficiencias que presenta tanto el cultivo como el suelo y así tratarlo con su dosis requerida, para obtener un mejor desarrollo de su fruto y no presentar pérdidas respectivamente.

En la mayoría de fincas cacaoteras de nuestro país se utiliza la fertilización química, ya que para los productores sus resultados son más rápidos que cuando utilizan abonos orgánicos y ellos prefieren ahorrar tiempo y producir más.

2.2.8 Plagas y enfermedades

Plagas

Ardilla

Las ardillas son mamíferos roedores de la familia Sciuridae, que también incluye a los perritos de la pradera y las marmotas, entre otros grupos de esciúridos. A grandes rasgos, la familia Sciuridae consta de 5 subfamilias: Ratufinae, Sciurillinae, Sciurinae, Callosciurinae y Xerinae. (Bioenciclopedia, 2016).

Las ardillas a veces se consideran plagas debido a su habilidad de masticar diversos objetos comestibles y no comestibles. Su rasgo característico de roer también les ayuda a mantener los dientes afilados, y debido a que sus dientes crecen continuamente, de esta manera impide su crecimiento excesivo. En ocasiones, las ardillas mastican incluso a través de plástico y metal, para llegar a la comida.

Los productores cacaoteros de Nicaragua han determinado que la ardilla es como una amenaza para el cultivo de cacao ya que se come todo el fruto ocasionando su pérdida total de igual manera la expone a enfermedades que este pueda portar, es por ello que los productores optan por exterminarlas.

Pájaro Carpintero

Los pájaros carpinteros son una extensa familia del orden de los *Piciformes*, de la cual se conocen actualmente 218 especies. Su tamaño oscila entre los 20 y 59 cm. Tienen una forma característica de su pico que los hace inconfundibles entre otras especies de aves. Tienen una lengua muy larga y pegajosa que se enrosca

en el interior de una cavidad craneal. Esto amortigua la contundencia de los golpes que propina a los troncos cuando busca alimento. (Quivira, 2016).

El pájaro Carpintero es dañino por naturaleza y solo para la producción de cacao representa daños en las plantaciones y gastos para poder ser controlado. Además de que dañan el árbol son expertos en permitir el camino para que plagas y enfermedades ataquen las plantaciones madereras y frutales. En Nicaragua El pájaro carpintero causa pérdidas tanto económicas como ambientales ya que este visita las plantaciones de cacao para alimentarse causando daño a las mazorcas por lo que ha sido considerado una plaga y generalmente es exterminado.

Enfermedades

Mazorca negra (*Phytophthora sp*)

Esta es la enfermedad más importante del cacao en todas las áreas cacaoteras del mundo; causada por hongos del complejo *Phytophthora*, es responsable de más pérdidas en las cosechas que cualquier otra enfermedad existente en la región. Aunque el hongo puede atacar plántulas y diferentes partes del árbol de cacao, como cojines florales, chupones, brotes, hojas, ramas, tronco y raíces, el principal daño lo sufren las mazorcas. (Engormix, 2006).

En el fruto la infección se puede apreciar a simple vista cuando comienza a desarrollarse, se distinguen con manchas oscuras circulares, que rápidamente se agrandan y extienden por toda la superficie a través de la mazorca. Las almendras se infectan, y en cierto tiempo la mazorca ya está totalmente podrida. La enfermedad puede se puede controlar a través de tres enfoques: cultural, el uso de fungicidas y el uso de cultivares resistentes.

En las áreas productivas de cacao en Nicaragua esta enfermedad es muy común y es la causante de la mayoría de las pérdidas del fruto así como también provoca pérdidas en la economía, por eso de mucha importancia que los productores hagan buen uso de las prácticas agrícolas como la reducción de sombra, esta puede ser una medida eficaz para reducir la incidencia de la enfermedad.

Monilia (*Moniliophthora roreri*)

La Moniliasis es una enfermedad que daña solamente las mazorcas y pudre las semillas del cacao. La enfermedad destruye completamente los granos y tejidos en el interior de la mazorca o fruto. Debido a que tiene un período de incubación de 40 a 60 días después de la afectación, cuando aparecen los primeros síntomas externos ya todos los granos y tejidos del fruto están destruidos. (Lutheran World Relief, 2009).

Dicha enfermedad afecta directamente a fruto en cualquier etapa ocasionando que los granos de este se pudran, provocando la pérdida total de la mazorca, las temperaturas altas son favorables para el desarrollo de este hongo, de igual manera la alta presencia de sombra o humedad. Las fincas cacaoteras de nuestro país en su mayoría se ven afectadas por dicha enfermedad es por ello que los tratamientos deben efectuarse desde el comienzo de la floración y continuar cada dos o tres semanas durante el periodo de formación de frutos. También se recomienda eliminar las mazorcas que estén infectadas y preferiblemente enterrarlas y aplicarles cal.

2.3 Concentraciones de niveles de Cadmio

2.3.1 Afectaciones en la salud del ser humano por el cadmio

Los metales pesados constituyen un riesgo considerable para la salud por el contacto frecuente laboral y ambiental. Un indicador de su importancia en relación con otros peligros potenciales es el rango que les adjudica la Agencia Estadounidense para el Registro de Sustancias Tóxicas y Enfermedades, que cataloga los riesgos de los desechos tóxicos de acuerdo con su prevalencia y la gravedad de la intoxicación que originan. Entre los más peligrosos se encuentran el plomo, el mercurio, el arsénico y el cadmio; este último ocupa el lugar número 6 de la lista presentada por esa Agencia, razón por la cual es de gran interés toxicológico. (Pérez García & Azcona Cruz, 2012)

El cadmio puede detectarse en prácticamente todos los tejidos de personas adultas de países industrializados. Una vez absorbido es transportado por la sangre a distintos tejidos y órganos, entre los que destacan riñones e hígado ya que retienen cerca del 30-50 % de la carga corporal total de cadmio, cuya semivida es de aproximadamente 10-30 años. También tiene importancia el tejido óseo como lugar de acumulación del metal (Sánchez, 2016). Al ser considerado un metal pesado tóxico en el ser humano es de interés que la población conozca a detalle que es lo que afecta el cadmio a nivel de salud. Los metales pesados no solo son tóxicos por las características y composiciones químicas sino por las altas concentraciones en las que pueden presentarse.

Son distintas las maneras en las que el ser humano puede tener afectaciones en la salud debido a la ingesta de alimentos que tienen concentraciones elevadas de ese elemento y que la mayor parte del tiempo se desconoce lo que se consume. Es

de suma importancia que las personas conozcan que niveles son los tolerables para evitar mayores riesgos.

2.3.2 Niveles permitidos de cadmio

Según OIRSA (2020) en la Unión Europea se establecen límites para concentración de Cadmio, para lo cual se establece lo siguiente:

La Unión Europea aprobó el reglamento (UE) 488/2014 que modifica el anexo 1 del Reglamento (EC) N° 1881/2006, en el cual incluye, para niveles máximos de cadmio permitido, otros alimentos que no habían sido tenidos en cuenta en el documento del año 2006. Entre ellos están la cocoa y los derivados del chocolate que se presentan a continuación: chocolate de leche con sólidos de cacao inferiores a 30% 0,1 mg/kg; chocolate con sólidos de cacao inferiores al 50 % y chocolates con leche con sólidos de cacao superiores o iguales al 30%, 0,3 mg/kg. Chocolates con sólidos de cacao superiores o iguales al 50 %, 0,8 mg/kg; cocoa en polvo 0,6 mg/kg. Esta modificación entró en vigor a partir de enero de 2019.

Al existir leyes, reglamentos y normativas que midan las cantidades de cadmio existente en países o regiones conocidas por ser productores de cacao es que se realiza el muestreo, así como monitoreo para determinar niveles de cadmio en almendras de cacao, esto con el fin de contar con una base de datos sobre las cantidades encontradas y estimar el cumplimiento de los niveles permitidos por la Unión Europea y la Normativa Internacional.

2.3.3 Fuente de contaminación del cadmio para la planta y el ser humano

El cadmio es un elemento no esencial y poco abundante en la corteza terrestre y a bajas concentraciones puede ser tóxico para todos los organismos vivos. La

contaminación ambiental por cadmio ha aumentado como consecuencia del incremento de la actividad industrial que ha tenido lugar a finales del siglo XX y principios del siglo XXI, afectando de forma progresiva a los diferentes ecosistemas (Pinto & De Varennes, 2004).

El cadmio está presente en el medio de manera natural, pero a la vez el incremento de este se debe a las actividades antropogénicas. Al haber aumentos en el ambiente afecta directa o indirectamente los medios y al ser humano y por consiguiente se van generando problemas a corto y largo plazo. Por eso es necesario conocer qué efectos ocasiona el cadmio en el hábitat, los recursos y las personas. Al realizar estudios o análisis para conocer cuál es el mecanismo y que procesos de contaminación tiene el cadmio para la planta, donde se encuentran mayores concentraciones si en el suelo, en la hoja, en la mazorca, en la cascara del grano, en el grano o incluso si se debe a la genética de la planta.

Las principales causas de las concentraciones de Cadmio en el medio son, entre otras:

Las emisiones atmosféricas, que se originan a partir de las minas metalúrgicas, ya que el cadmio se extrae como subproducto del Pb, Zn, Cu y otros metales, las incineradoras municipales, y emisiones industriales procedentes de la producción de pigmentos para cristales, anticorrosivos, baterías de Ni/Cd, e insecticidas. (McLaughlin, 1999).

Están presentes en la atmosfera de forma natural o encubiertamente y eso ocasiona la contaminación o aumento de ciertos elementos tóxicos para el hábitat y esto puede desencadenar otra serie de problemas. Para poder calcular las cantidades de cadmio atmosférico es necesario tomar muestras de agua de lluvia

de cada precipitación, para luego obtener un total y luego calcular la cantidad de cadmio presente por cada estación de recogida.

Depósitos directos: El uso de fertilizantes fosfatados es la principal fuente de contaminación de Cd en suelos agrícolas. Otra fuente de Cd la constituyen los fangos procedentes de aguas residuales que se utilizan en agricultura. Alloway, (1999). Al aplicar fertilizantes se crea un tipo de dependencia de estos, más que eso se contribuye a fijar estos materiales y como resultado se van acumulando cantidades que al final son absorbidas por las plantas o cultivos. Hoy en día los productores aplican fertilizantes químicos por la necesidad y esencial aumento de la producción en sus cultivos, lo que en muchas ocasiones se desconoce es el daño que puede ocasionar estos productos químicos que pueden ser dañinos.

Contaminación accidental: Ocurre eventualmente debido a la contaminación de tierras por procesos industriales, residuos de la minería y corrosión de estructuras galvanizadas. Un ejemplo son los vertidos de Aznalcóllar que tuvieron lugar en 1998, en la Provincia de Sevilla, como consecuencia de la rotura de una balsa que contenía concentraciones elevadas de metales pesados procedentes de una mina de esta localidad. (Aguilar, 2003).

La mayoría de las áreas donde se realizan procesos industriales para la extracción de metales, minerales, entre otros no cuentan con las condiciones óptimas o necesarias para el cuidado de la naturaleza como para los seres vivos por lo que están expuestos a la contaminación por desechos residuos que son perjudiciales para el medio y la salud humana.

2.4 Relación de las concentraciones de cadmio con la actividad minera y la metalurgia

El cadmio continúa siendo un elemento relativamente raro en la litosfera. Sin embargo, a mediados del siglo XX la emisión antropogénica de cadmio comenzó a incrementarse notablemente; se puede afirmar que los procesos naturales por los cuales se libera cadmio son insignificantes como fuente de contaminación en comparación las actividades antrópicas (Sánchez, 2016).

Las actividades mineras de metales no ferrosos son la principal fuente de liberación de cadmio (subproducto de la obtención de zinc, por ejemplo), sobre todo al medio acuático. La contaminación puede provenir del agua de drenado de las minas, aguas residuales del procesamiento de los minerales, derrames de los depósitos de desechos, Entre otros. (Sánchez, 2016).

En la realización de labores en zonas mineras donde se obtienen distintas materias primas es uno de los lugares principales donde se genera liberación de cadmio e incluso estos desechos llegan de alguna u otra manera al recurso hídrico.

La minería a nivel mundial ha experimentado un impresionante desarrollo y es una actividad que es considerada esencial para la obtención de minerales que se usan en la vida cotidiana pero que a la vez estos generan contaminación en el medio además es importante que se conozca a mayor detalle que desventajas o que problemas ocasiona la extracción de estas materias.

2.5 Efecto de la fertilización química sobre el cadmio

Bianucci (2013) al abordar sobre los suelos agrícolas, señala que la incorporación de metales se debe a la utilización de abono con residuos urbanos, aguas residuales, residuos ganaderos, aplicación de fertilizantes fosfatados, etc. El Cd se acumulará en el suelo si la cantidad de metal introducida a través de la aplicación de fertilizantes fosfatados excede a la remoción por la cosecha de los cultivos o bien pérdidas por erosión, bioturbación y lixiviación.

Los fertilizantes fosfatados: son generalmente la principal fuente de Cd en los suelos agrícolas. La entrada de Cd a través de fertilizantes depende, por un lado, del consumo del fertilizante, y por otro de la proporción Cd: P₂O₅ en el mismo. (Sánchez, 2016). Los fertilizantes fosfatados se derivan de una serie de procesos geológicos como rocas que se usan para la fabricación de estos, se dice que los fertilizantes a base de fósforo y para que el cadmio tenga entrada al suelo y posteriormente a la planta se requiere de la adquisición del fertilizante y de las partes que contenga de óxido de fósforo.

Es esencial que se tenga conocimiento acerca de los fertilizantes que contienen cadmio porque pueden ocasionar problemas y riesgos en la salud humana, animal, vegetal y ecosistema se retienen en el medio ambiente y posteriormente a la cadena alimenticia. Debería de ser regulado el contenido de estos componentes tóxicos.

2.6 Interacción de productos químicos con el cadmio

La actividad antropogénica puede aumentar la concentración de cadmio en los suelos agrícolas mediante la aplicación de fertilizantes de fosfato derivados de material sedimentario y agua de riego de áreas con altos niveles de cadmio. La minería y la fundición de minerales, la quema de combustibles fósiles, y otras

actividades industriales también pueden conducir a la contaminación localizada con cadmio. Si bien la deposición de sedimentos de los ríos es un proceso natural, las actividades como la minería y la degradación causada por el cambio del uso de la tierra en suelos ricos en metales aguas arriba de las áreas agrícolas probablemente aumentarán la concentración de estos metales en los sedimentos aguas abajo y pueden ser una fuente importante de cadmio en muchos suelos. (Meter, 2019).

Los fertilizantes de fosfato son una de las fuentes más ubicuas de contaminación con cadmio en los suelos agrícolas de todo el mundo, ya que el cadmio a menudo ocurre en altas concentraciones en las rocas de fosfato de las que se produce el fertilizante.

Chaney (2012) Señala que las rocas de fosfato sedimentario pueden contener cadmio en concentraciones de 1 a 150 mg/kg; también se han registrado niveles de hasta 300 mg/kg (Fergusson, 1990), en comparación con fuentes volcánicas con 1 a 4 mg/kg. Cabe señalar que alrededor del 85% del fosfato usado en los fertilizantes proviene de depósitos sedimentarios. (Roberts, 2014).

En la interacción de productos químicos hay ciertas actividades que trascienden en intensificar la acumulación de cadmio en el suelo, esto se debe al empleo de fertilizantes derivados de componentes que se generan de los sedimentos y en casos que se tiene sistema de riego en zonas que tienen altos contenidos de cadmio entre otras acciones industriales que pueden generar contaminación de estos metales pesados tóxicos.

Al momento de realizar riegos o aplicaciones de productos en fincas o zonas cacaoteras ya sea a nivel internacional, nacional o local no se hace un diagnóstico

o experimento al agua que se va a utilizar para dichas prácticas sumado a ello ni al fertilizante o abono a emplear no se le realiza un debido análisis de laboratorio y es así como se colabora indirectamente a la multiplicación de volúmenes de metales pesados.

2.7 Relación del cadmio con otros elementos químicos de origen natural

La presencia de cadmio en los suelos es el resultado de una combinación de procesos naturales y antropogénicos. Los procesos naturales incluyen la meteorización de las rocas, la actividad volcánica, los incendios forestales, la erosión y la deposición en los sedimentos de los ríos, mientras que los procesos antropogénicos incluyen actividades mineras e industriales, así como prácticas agrícolas de riego y fertilización. (Meter, 2019).

Meter (2019) también detalló el aumento observado de los niveles de cadmio en los suelos en los últimos años a escala mundial sugiere la importancia de los procesos antropogénicos. En ALC, sin embargo, los mayores niveles de cadmio reportados en los granos de cacao en relación con otras regiones, así como las diferencias localizadas, implican que los suelos en algunas áreas pueden ser naturalmente ricos en cadmio, aunque esto no descarta el papel de las fuentes antropogénicas, ni de una interacción entre los dos.

La contribución de los procesos naturales a la contaminación con cadmio del suelo es de 3 a 10 veces menor que la de las fuentes antropogénicas. En los suelos naturales, no contaminados, la concentración de cadmio está influenciada en gran medida por la cantidad de cadmio en la roca madre y por las condiciones de meteorización locales, así como por el transporte y deposición en los sedimentos y el agua por los ríos. Comparando diferentes tipos de suelos, los derivados de rocas ígneas suelen contener cantidades bajas de cadmio, los suelos derivados de rocas

metamórficas son intermedios, y los suelos derivados de rocas sedimentarias (especialmente lutitas) contienen altas cantidades. (Shanyin, Zhenli, Yang, & Baligar, 2015).

Gramlich (2018) en estudio realizado en Honduras encontró que los niveles de cadmio en los suelos de cultivo de cacao variaron significativamente a lo largo de diferentes sustratos geológicos en Honduras y fue el más alto en los suelos aluviales originados de material sedimentario. Un patrón similar fue encontrado en Ecuador en un estudio de 159 granjas realizado por Argüello (2019), donde se identificaron otras fuentes naturales de cadmio del suelo; incluyendo la actividad volcánica, incendios forestales, partículas de suelo arrastradas por el viento y polvo de roca.

Otras fuentes: incineración de residuos de madera y plásticos, combustión de carburantes fósiles, fabricación de cementos, disposición de residuos sólidos en terraplenes. El cadmio y sus compuestos emitidos se distribuyen y presentan de modo diferente según las características del medio. (Galvão, 1987)

La participación de las sucesiones naturales para la inoculación de cadmio en el suelo resulta ser inferior que las que se originan por manufacturas. La cantidad de cadmio presente en suelos nativos trasciende por las porciones de cadmio que dispone la roca madre y las distintas fases de meteorización también están en dependencia de los tipos materiales que se generen los suelos de ahí los efectos de niveles altos, medios y bajos.

Se han realizado investigaciones de manera significativa en los últimos años donde se han extraído resultados representativos en Honduras fueron altos en suelos de origen aluvial al igual que en Ecuador se alcanzaron datos parecidos.

Existen otras fuentes de obtención o generación de cadmio de manera natural como residuos de plásticos, madera, sólidos sumado a esto las acciones volcánicas, los incendios en los bosques, entre otras

2.8 Mecanismo del cadmio en la planta de cacao

En general el Cd interfiere en la entrada, transporte y utilización de elementos esenciales (Ca, Mg, P y K) y del agua, provocando desequilibrios nutricionales e hídricos en la planta. Poschenrieder (1989); Sandalio (2001); Singh y Tewari (2003). El Cd también reduce la absorción de nitratos y el transporte de los mismos de la raíz al tallo, además de inhibir la actividad nitrato reductasa en tallos (Gouia, 2000).

El cadmio es un elemento que no es necesario para la planta, la entrada o absorción se debe a una serie de procedimientos que van desde las concentraciones de cadmio en el suelo, su incorporación en las raíces, tallos, hojas, cascara de mazorca y grano de cacao. También depende de cuanta concentración de cadmio tenga el suelo al igual que cantidades de cadmio contenga el fertilizante incluso el agua si se hace riego o fertirriego.

A nivel internacional se han realizado distintos estudios e investigaciones esto es para comprender las series o fases que tiene el cadmio en la planta de cacao y que impactos puede ocasionar en los procesos de desarrollo de la planta al igual que en la cadena de producción. Se han presentado distintos resultados de niveles de cadmio en el cultivo de cacao, dentro de ellos están; unos que se debe a las características genéticas de las plantas, la edad del árbol, a la presencia de ciertos nutrientes, por las aguas contaminadas, por las zonas de minerías.

2.9 Efectos de condiciones agroecológicas y manejo agro técnico sobre niveles de cadmio

El cacao se cultiva bajo una gama de sistemas de producción y prácticas agrícolas. Estos van desde monocultivos a pleno sol hasta sistemas agroforestales donde los árboles frutales y de madera proporcionan sombra. Las prácticas agrícolas incluyen la producción orgánica y convencional y los sistemas de riego incluyen la lluvia hasta la dependencia completa del riego. Estos factores pueden afectar las características del suelo, como el balance hídrico, la cantidad de materia orgánica, la disponibilidad de nutrientes, así como las fluctuaciones de temperatura (Deheuvels, 2014).

Cuando se realizan prácticas agrícolas en sistemas de producción o se visitan las parcelas se conocen con que estructuras cuentan las fincas o productores. En contextos hay fincas que optan por prácticas orgánicas y en otros hechos realizan prácticas tradicionales que de alguna manera impactan recursos valiosos para el entorno. Es imprescindible que el productor defina los objetivos que tiene para su parcela de cacao, sistema agroforestal, el arreglo que va a establecer y que es lo que quiere obtener de ello. Las plantaciones de cacao en la mayoría de casos no se les presta la debida atención por lo que no tienen un arreglo establecido, es de ahí donde nacen las exigencias agroecológicas y técnicas del cultivo de cacao para cumplir con las buenas prácticas de producción y obtener buenos resultados.

2.1.3 Marco legal

2.1.3.1 Internacional

En 2014, la UE anunció los niveles máximos permitidos para el cadmio en los productos de cacao y chocolate que se venden en la UE. Esto se ha aplicado a partir del 1° de enero de 2019. Los niveles se basan en los niveles estimados de consumo de chocolate por diferentes grupos de edad. (Meter, 2019). En el cuadro siguiente se muestran los límites permisibles según la concentración de derivados de cacao.

Cuadro 1. Niveles máximos permisibles de cadmio en la UE en cacao y productos de chocolate

Producto	Nivel mínimo permisible (mg/kg)
Chocolate con leche con un contenido de materia seca total de cacao <30%	0.10
Chocolate con un contenido de materia seca total de cacao <50%; chocolate con leche con un contenido de materia seca total de cacao ≥ 30%	0.30
Chocolate con un contenido de materia seca de cacao ≥ 50%	0.80
Cacao en polvo vendido al consumidor final o como ingrediente en cacao en polvo edulcorado vendido al consumidor final (chocolate para beber)	0.60

Fuente: Reglamento de la Comisión Europea (UE)

En el Reglamento 488 de 2014 de la Unión Europea (Comisión Europea, 2014a, 4) se encuentran legislados los niveles máximos permitidos para cadmio en ciertos alimentos que no habían sido incluidos en el Reglamento 1881 de 2006. Entre ellos se encuentran los chocolates y sus derivados, los cuales comienzan a ser exigidos a partir del 2019. (Jimenez, 2015).

Los niveles establecidos por la regulación de la UE son similares a los que se están discutiendo para su inclusión en el Codex Alimentarius de 0.8 mg/kg para chocolate con $\geq 50\%$ a $< 70\%$ de sólidos de cacao, y 0.9 mg/kg para chocolate con $> 70\%$ de sólidos de cacao. Las categorías y los límites para los productos con $< 50\%$ de sólidos de cacao en total y para el polvo de cacao (100% de sólidos de cacao) aún no se han definido. (Meter, 2019).

La UE no está sola en la regulación del cadmio en el chocolate, donde la Norma Nacional de Indonesia establece los siguientes límites máximos: Masa de Cacao 1 ppm, Manteca de Cacao 0.5 ppm, Torta Prensada de Cacao 0.5 ppm, Cacao en Polvo 1 ppm y Productos de Chocolate 0.5 ppm. La Norma 1.4.1 del Código de Normas Alimentarias de Australia y Nueva Zelanda sobre contaminantes y tóxicos naturales ha establecido un nivel máximo de cadmio en productos de chocolate y cacao a 0.5 ppm, y la Federación Rusa (SanPin 2.3.2- 1078-01) ha establecido el mismo umbral, pero para todo el chocolate y productos de chocolate, granos de cacao y derivados (Meter A, 2019).

Cuadro 2. Nivel máximo permitido establecido según la proposición 65 del Acuerdo industrial San Pin

Composición del producto de chocolate (% del contenido total de cacao)	Nivel máximo de cadmio (ppm) establecido para:	
	2018-2025	2025
< 65%	0.400	0.320
65-95%	0.450	0.400
$\geq 95\%$	0.960	0.800

Fuente: San Pin 2.2-1078-01

El Estado de California en Estados Unidos ha establecido niveles máximos para el cadmio en los productos de chocolate bajo la Propuesta de Acuerdo Industrial 65

(19/02/2018). Los productos que exceden los límites se pueden vender, pero en este caso se debe poner una advertencia en la etiqueta. (Meter, 2019)

Unión Europea

Sánchez (2016), señala que en el Real Decreto 1310/1990 por el que se regula la utilización de los lodos de depuradora en el sector agrario recoge los límites que se reflejan en la tabla 1. La legislación española también establece umbrales de emisión al medio: 10 kg/año a la atmósfera y 5 kg/año a suelos y aguas (RD 508/2007).

Cuadro 3. Límite de cadmio en suelos y lodos

mg cd/kg de materia seca		
pH de suelo	suelos	Lodos
<7	1	20
>7	3,0	40

Por otro lado, el Real Decreto 9/2005 por el que se indica la relación de actividades potencialmente contaminantes del suelo y los criterios y estándares para la declaración de suelo contaminado, deja en competencia de las Comunidades Autónomas los niveles y criterios en relación con los elementos traza. Por ejemplo, en la Comunidad de Madrid existe la Orden 2770/2006 que establece los siguientes valores de referencia en suelos contaminados (mg Cd/kg): uso industrial, 300; urbano, 30; otros usos. (Sanchez, 2016).

2.1.3.2 Nivel Nacional

Nicaragua

La Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense (NTON) para el chocolate y productos del chocolate (Comisión Nacional de Normalización Técnica y Calidad, Ministerio de Fomento, 2008) describe los detalles técnicos relacionados con los tipos de chocolate y las especificaciones relacionadas con cada uno de ellos. Sin embargo, en materia de contaminantes en general y, metales pesados en especial, no tiene ningún requerimiento. De igual manera, la Norma técnica obligatoria para cacao en polvo y la mezcla de cacao y azúcar (Comisión Nacional de Normalización Técnica y Calidad, Ministerio de Fomento, 2010, 10) tampoco establece límites permitidos para metales pesados, a pesar de que recomienda un método para determinar plomo. (Jiménez, 2015)

2.2 Hipótesis o preguntas directrices

2.2.1 Hipótesis general

Ha: Las condiciones agroecológicas y el manejo agro técnico presentan efectos sobre los niveles de cadmio en granos de cacao provenientes de las fincas cacaoteras de Nicaragua.

Ho: Las condiciones agroecológicas y el manejo agro técnico no presentan efectos sobre los niveles de cadmio en granos de cacao provenientes de las fincas cacaoteras de Nicaragua.

2.2.2 Hipótesis específicas

Ha: Al identificar e interpretar las concentraciones de cadmio en almendras de cacao se obtuvieron resultados con alteraciones en referencia a los niveles permitidos por la unión europea.

Ho: Al identificar e interpretar concentraciones de cadmio en almendras de cacao no se obtuvieron resultados con alteraciones en referencia a los niveles permitidos por la Unión Europea.

Ha: Al relacionar el efecto de las condiciones agroecológicas y el manejo agro técnico, sobre los niveles de cadmio en almendras de cacao se obtuvieron resultados positivos en cuanto a alteraciones de cadmio por planta.

Ho: Al relacionar el efecto de las condiciones agroecológicas y el manejo agro técnico, sobre los niveles de cadmio en almendras de cacao se obtuvieron resultados negativos en cuanto a alteraciones de cadmio por planta.

CAPÍTULO III

3. Diseño metodológico

3.1 Descripción del lugar

Las precipitaciones en Nicaragua varían de menos de 800 mm en las zonas más secas a 5000 mm y más en la zona más húmeda. Estas precipitaciones sobre Nicaragua pueden registrarse en cualquier mes del año, pero la mayor cantidad cae entre mayo y noviembre. En la Región del Pacífico y en gran parte de la Región Norte y Central, existen dos estaciones bien marcadas: la estación lluviosa que se extiende de Mayo a Octubre y la estación seca de noviembre a abril. En la Región Atlántica y en los territorios que se encuentran en las pendientes del Este del macizo montañoso central, precipita en el transcurso de todo el año. (INETER, 2011).

Las temperaturas medias anuales entre 22°C y 24°C, presentan variaciones relativamente pequeñas, mientras que los valores extremos diarios muestran oscilaciones considerables. La variabilidad estacional del régimen térmico, se aprecia en las vertientes de los principales sistemas montañosos del país, en particular entre los 200 y 900 metros sobre el nivel medio del mar. Existe una clara diferencia entre los regímenes térmicos de las zonas costeras (Atlántico y Pacífico), las que presentan un comportamiento uniforme todo el año, pero muy diferente entre sí y las zonas montañosas localizadas arriba de los 800 msnm. (INETER, 2011).

En las Regiones Autónomas del Atlántico, predominan los días cálidos con temperaturas medias entre 26.0 °C y 28.0 °C. En la Región del Pacífico y en la cuenca de los lagos (Cocibolca y Xolotlán), predominan los días muy cálidos, caracterizados por temperaturas medias superiores a 34.0 °C. En las regiones

montañosas más elevadas, por encima de los 800 msnm, prevalecen los días confortables casi todo el año, debido a la ocurrencia de temperaturas medias inferiores a 26.0 °C y en algunos puntos menores de 20.0 °C. La temperatura media del país es de 25.4 °C. (INETER, 2011)

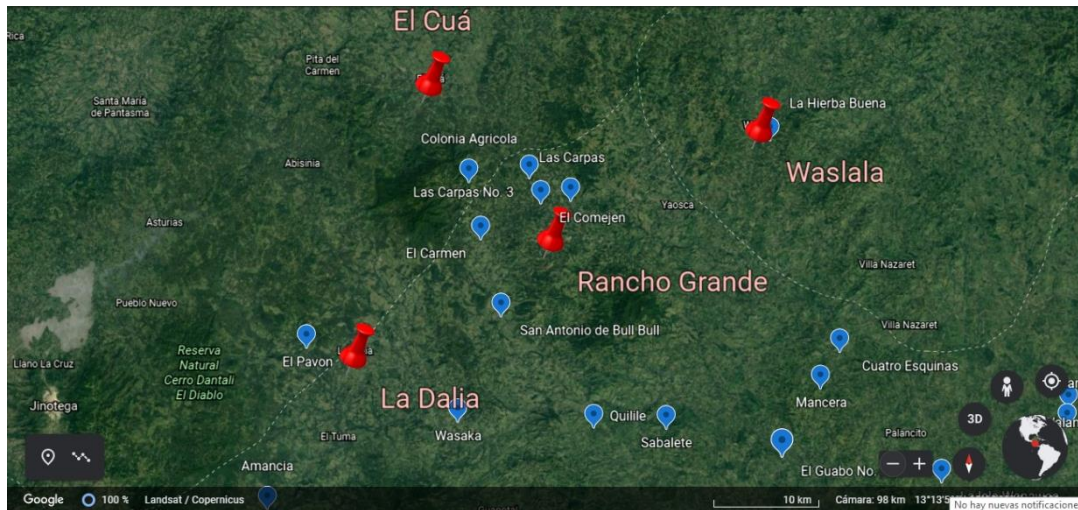


Figura 1. Zonas de muestreo: La Dalia, Rancho Grande, Cua-Bocay y Waslala
Fuente: propia

En la imagen anterior se presentan 4 de los municipios donde se realizó la recolección de muestras de almendras de cacao y suelo. En el municipio de La Dalia se recolectaron muestras en comunidades como: El Pavón, Wasaka, Amancia, entre otras; en el municipio de Rancho Grande en las zonas de: El Carmen, Las Carpas, Colonia Agrícola y otras; En el Cuá-Bocay; La Golondrina, Los Cedros, Linda Vista y en Waslala comunidades como: Hierba Buena, Santa María Kubalí, Angostura Dudu.



Figura 2. Zonas de muestreo: Matiguas y Río Blanco

Fuente: propia

En la imagen anterior se presentan 2 municipios como Matiguas en comunidades como: El Corozo, Quirragua, El Carmen entre otras; en el municipio de Río Blanco: Walana, Wanawana, Cuatro Esquinas, entre otros donde se realizó la recolección de muestras de almendras de cacao y suelo.

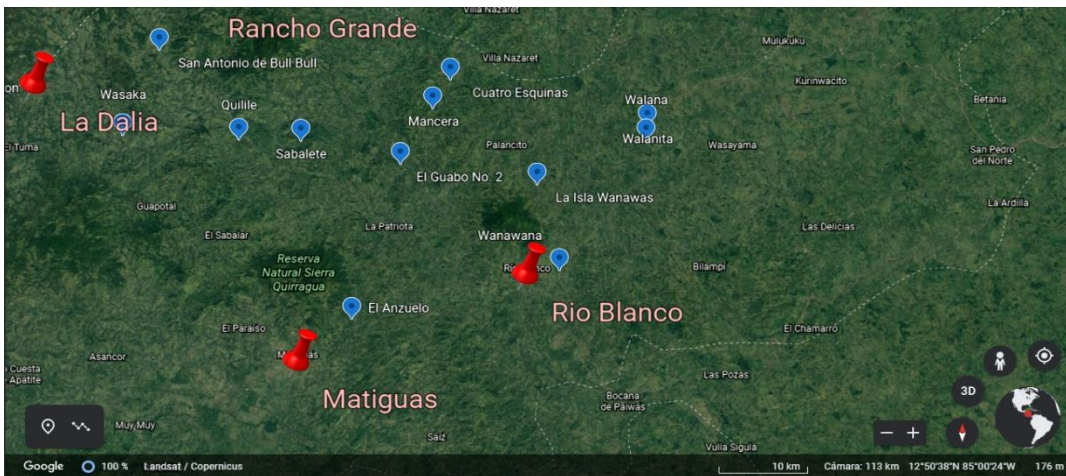


Figura 3. Zonas de muestreo: Quilali y San Sebastián de Yali

Fuente: propia

En la imagen anterior se presentan 2 municipios donde se realizó la recolección de muestras de almendras de cacao y suelo. En el municipio de Quilali se recolecto

muestra en la comunidad de El Zapotillal y en el municipio de San Sebastián de Yalí en comunidades como: El Platanillal, La Constancia y Santa Elena.

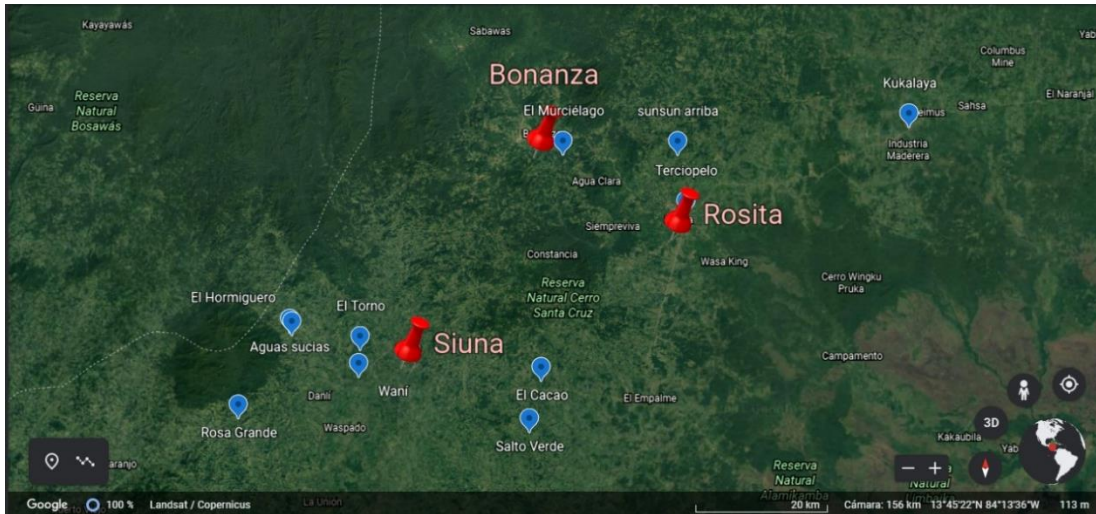


Figura 4. Zonas de muestreo: Siuna, Rosita y Bonanza
Fuente: propia

En la imagen anterior se presentan 3 municipios donde se realizó la recolección de muestras de almendras de cacao y suelo. Dentro de los municipios está Siuna y se realizó en comunidades como: Cacao-Hormiguero, Limón nº2, El Ocote, entre otros; en Bonanza se recolectaron muestras en las comunidades de El Murciélago, Kukalaya y otras y en Rosita en comunidades como: Terciopelo, Wilimak y otros.

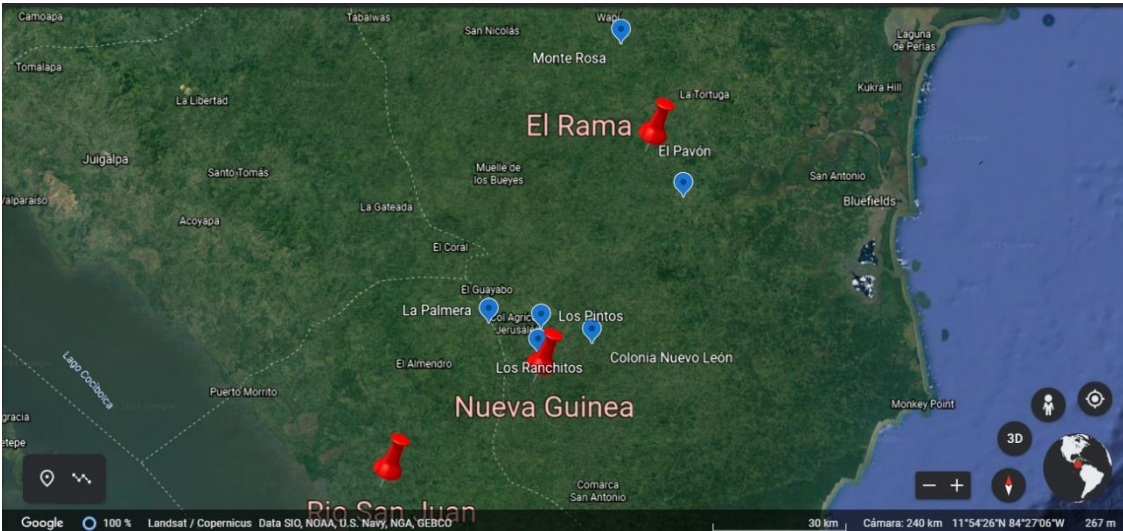


Figura 5. Zonas de muestreo: El Rama, Nueva Guinea y Río San Juan

Fuente: propia

En la imagen anterior se presentan 2 municipios donde se realizó la recolección de muestras de almendras de cacao y suelo. En el municipio de El Rama se recolectaron muestras en las comunidades de María Cristina, La Palmera, El Pavón y otras y en el municipio de Nueva Guinea en comunidades como San Martín, La Berbena, Los Pintos, entre otras.

3.2 Tipo de Investigación

Según Castillero (2020) La presente investigación es de carácter descriptivo debido a que el propósito de ella es describir o caracterizar condiciones agroecológicas y de manejo técnico en zonas cacaoteras también es de carácter experimental puesto que se quiere obtener datos sobre los niveles de cadmio y que efectos ocasionan las condiciones agroclimáticas.

3.2.1 Enfoque

De acuerdo con Castellero (2020) detalla que el enfoque de la investigación es cualitativo porque se evaluaron ciertos parámetros característicos de las técnicas agronómicas empleadas en las parcelas de cacao así como de enfoque cuantitativo ya que se recolectaron datos que más adelante serán interpretados.

3.2.2 Según su objetivo

Es una investigación aplicada porque el fin es utilizar los datos recolectados en las prácticas de campo realizadas que con posterioridad fueron procesadas en laboratorio, con ellos obteniendo resultados e información valiosa para los productores, familias, consumidores, fines de investigación y canales de comercialización a nivel local, nacional e internacional.

3.2.3 Desde nivel de alcance

Es de alcance correlacional porque surge la aplicación de procesos y análisis inferenciales que buscan dar a conocer los resultados de la investigación para beneficiar a productores, cooperativas, organizaciones, población consumidora de cacao a la vez buscar la relación de las variables plasmadas en el estudio.

3.3 Población y muestra

La población sujeta a la investigación fue de 149 productores cacaoteros

Cuadro 4. Población y muestra

Municipio	Cooperativa	Cantidad de Fincas
La Dalia	Flor de Dalia	10 Fincas
Rancho Grande	Ríos de Agua Viva	18 Fincas
Waslala	Nueva Waslala	8 Fincas
Waslala	CACAONICA	8 Fincas
El Cuá-Bocay	APAC	6 Fincas

Matiguás	La Campesina	3 Fincas
Matiguás	ADAC	4 Fincas
Rio Blanco	La Campesina HERCAM	8 Fincas 9 Fincas
Quilalí San Sebastián de Yalí	20 de Abril	4 Fincas
Siuna	COOPESIUNA, COOMUSASC, COOMBEDIOS, COOUMUVEMAR, CRS, PROCACAO	26 Fincas
Bonanza	CRS, PROCACAO	8 Fincas
Rosita	CRS, PROCACAO	11 Fincas
El Rama	COMPOR, COOPROCAR	9 Fincas
Nueva Guinea	UCA AHMED CAMPOS	10 Fincas
Río San Juan	COOPROCAFUC, COODEPROSA	7 Fincas
TOTAL		149

Fuente: Elaboración propia

3.3.2 Tipo de muestreo

Conforme a Hernández & Carpio (2019) Es un tipo de muestreo no probabilístico al no ser seleccionada la población al azar debido a consideraciones de tiempo. En este caso se utilizó la técnica de muestreo por conveniencia porque para el investigador esto resulta ser de mayor accesibilidad así como disponibilidad de las muestras y es una buena representación de la población.

3.4 Operacionalización de variables

Cuadro 5. Operacionalización de variables

Objetivos	Variable	Sub variables	Indicador	Método	Medios
Describir las condiciones agroecológicas presentes en las fincas cacaoteras en la Región Caribe de Nicaragua	Condiciones agroecológicas	Extensión Clima	Altura (msnm), Área de plantación (mz), Edad de plantación, Cantidad de árboles de sombra,	Toma de datos con Coordenadas	GPS, Entrevista, Libreta, Lápiz, Celular móvil
Reconocer las principales prácticas de manejo agro técnico en las fincas cacaoteras en la Región Caribe de Nicaragua	Prácticas de manejo agro técnico	Nivel de sombra	Porcentaje (%)	Observación visual	Aplicación HabitApp, Ficha técnica
Describir las condiciones agroecológicas presentes en las fincas cacaoteras en la Región Caribe de Nicaragua	Condiciones agroecológicas	Suelo	Pendiente	Visual, Manual	Entrevista, Cinta métrica
			Profundidad de suelo (cm)	Manual	Barreno
Reconocer las principales prácticas de manejo agro técnico en las fincas cacaoteras en la Región	Prácticas de manejo agro técnico	Cosecha	Rendimiento (kg)	Grado de madurez de la mazorca	Tipo de recolección
		Fertilización	Frecuencia aplicación, Cantidad UM (libras)	Edad de la planta	Plan de aplicación

Caribe de Nicaragua		Plagas y enfermedades	% por cada plaga y enfermedad	Observación visual y física	Diagnóstico
<p>Determinar e interpretar las concentraciones de cadmio en almendras de cacao en referencia a los niveles permisibles por la Unión Europea para la región</p>	<p>Concentraciones de niveles de cadmio</p>	<p>Niveles de cadmio</p>	<p>Ppm (partes por millón)</p>	<p>Muestras de granos y de cacao en polvo</p>	<p>Bolsas Ziplock y Kraft, marcador, masking tape, etiquetas, horno, pesa, molino eléctrico, análisis de laboratorio, espectrometría</p>
<p>Relacionar efecto de las condiciones agroecológicas y el manejo agro técnico sobre niveles de Cadmio en almendras de cacao</p>	<p>Niveles de cadmio</p>		<p>Ppm (partes por millón)</p>	<p>Muestras de cacao en polvo</p>	<p>Análisis de laboratorio, Espectrometría</p>

Fuente: Elaboración propia

3.5 Descripción del proceso de investigación

El levantamiento de muestras se realizó en coordinación con las cooperativas para llegar a las diferentes zonas de estudio y hacer el muestreo a sus productores asociados.



*Figura 6. Cooperativa Ríos de Agua Viva
Fuente Propia*



*Figura 7. Recolección de mazorca
Fuente: Propia*

La recolección de muestras se hizo al azar en 7 u 8 distintos puntos de la parcela tomando de cada uno de estos puntos una mazorca madura y una muestra de suelo haciendo de esta una muestra representativa de la parcela.

La toma de la muestra se hizo con el mayor cuidado posible para evitar contaminación de las almendras y no alterarse sus resultados con el debido uso de herramientas y equipo necesario, de cada mazorca se tomaron las almendras del centro siendo estas según estudios las que más concentran dicho metal Cd.



*Figura 8. Extracción de muestra
Fuente Propia*



*Figura 9. Toma de Georeferencia
Fuente Propia*

En este proceso de investigación se utilizó GPS para tomar la georeferenciación de cada parcela muestreada para tener una ubicación precisa sobre sus condiciones agroclimáticas y así mismo hacer un mapa de investigación de cadmio a nivel de país.

El empaque de muestras se hizo con el correcto y debido cuidado para evitar confusiones entre muestras; las muestras se introdujeron en bolsas ziplock y bolsas negras, todas con su debida etiqueta. La etiqueta contenía información del nombre de productor, finca y código. Este código es único para cada productor.



*Figura 10. Muestra de granos y suelo
Fuente Propia*

3.5.1 Procedimiento previo al muestreo

Las herramientas que se utilizaron:

- Baldes plásticos – Uno para el muestreo de suelos y otro para cargar las demás herramientas.
- Muestra de suelo: Barreno para extracción, machete y palin.
- Muestras de cacao: Tijera de poda, vara, navaja o cuchillo y guantes.
- Georreferencia de lugares: teléfono inteligente, GPS, pintura aerosol.
- Otras herramientas de uso necesario: Bolsas de basura (Suficientemente grandes para colocar las muestras de cada finca en una bolsa). Bolsas Ziplock (Bolsa de 500 g). Caja de guantes y Cajillas.
- Etiquetado de muestras, lápices, marcadores permanentes, masking tape, entrevistas impresas, tablas para escribir y cuadernos para apuntes.

3.5.2 Proceso de muestreo en campo

1. Marcado de árboles. Se caminó a lo largo de un trayecto diagonal y se pintó cada árbol a muestrear (árbol con una mazorca madura lista para cosechar). Se marcó un mínimo de siete arboles por cada finca. Esto dependía del tamaño de la parcela.



Figura 11. Marcación de árboles

Fuente: propia

Se procedió a muestrear los 7 árboles al azar en distintos puntos alejados con una distancia mínima de 3 árboles, de estos árboles se cosecharon de 1-2 mazorcas maduras por planta. Se recogieron en un balde, posteriormente se abrió cada mazorca y utilizando guantes de látex para evitar contaminar la muestra se retiraron las almendras del centro y se colocaron en una bolsa ziplock con su respectiva etiqueta (Nombre del productor, la identificación de la finca y su respectivo código único). Cuando se completó cada bolsa Ziplock tenía al menos 35 granos o 500 gramos de cacao en baba. Se etiquetaba la bolsa Ziplock

con un marcador permanente y una etiqueta adhesiva. Al final de cada muestreo se desechaban los guantes y se limpiaban las herramientas de trabajo para evitar contaminación entre las diferentes muestras y/o patógenos.



Figura 12. Muestreo en parcela

Fuente: propia



Figura 13. Recolección mazorca

Fuente: propia



Figura 14. Mazorcas recolectadas

Fuente: propia



Figura 15. Toma de muestra

Fuente: propia

3. Muestreo de suelo

Las otras dos personas se dedicaron a tomar muestras de los suelos alrededor de cada uno de los árboles marcados. Se colocaron guantes para muestra, se recolectó tres muestras alrededor del árbol, a 15 cm de profundidad y a 3 pies de distancia de la base del árbol. Se procedió a los siguientes 6 árboles y se repitieron los mismos pasos mencionados anteriormente.

Se llenaron las bolsas arroberas (25 libras) con muestras de suelo de 1 kg a más, utilizando un barreno. Se cerró la bolsa con cuidado y se realizó la etiqueta adhesiva con el nombre de la finca, productor y su código en concordancia al de la muestra de granos y se colocó en la bolsa



Figura 16. Toma de muestra de suelo

Fuente: propia



Figura 17. Muestra de suelo

Fuente: propia

Se colocó cada bolsa de finca por separado para mantener la integridad de las muestras; se procesaron las muestras finca por finca para evitar confusiones una vez que se completara la recolección.



Figura 18. Camino a finca

Fuente: propia



Figura 19. Muestra con etiqueta

Fuente: propia

4. Pre procesamiento de muestras en laboratorio

Muestras de granos

Antes de realizar el secado de muestras se realizaron una serie de procesos para tener un mejor control de muestras y su calidad. Primeramente, cada muestra se le realizó una limpieza para eliminar granos enfermos, la placenta mucilago y cualquier otra materia extraña de la muestra, al estar libres de estos se dispuso al secado natural dentro del laboratorio, posterior al secado natural se pesó cada muestra de manera individual, luego de esto se pasaron al proceso de secado en el horno donde las muestras estuvieron a 70°C durante 72 horas continuas (tres días).



Figura 20. Granos lavados

Fuente: propia



Figura 21. Granos lavados

Fuente: propia



Figura 22. Muestra de granos sin mucilago

Fuente: propia



Figura 23. Pesaje de muestras

Fuente: propia



Figura 24. Muestra de granos en horno para secado

Fuente: propia

5. Molienda de almendras

La molienda se realizó en un molino eléctrico para café. Al moler cada submuestra se limpió el receptáculo del molinillo con una brocha, paños y papel toalla, se aseguraba que no quedaran residuos de muestras anteriores, por cada muestra que se iba moliendo se limpiaba el molino, esto con el fin de evitar que se diera la contaminación cruzada entre muestras. El uso de esta herramienta para la molienda se hizo con el objetivo de agilizar el proceso debido a que no se contaba

con el tiempo suficiente como para hacerlo como se estableció en el protocolo de preparación de muestras.



Figura 25. Proceso de molienda de muestras

Fuente: propia

6. Empaque de muestras previo al envío

Este se realizó en pequeñas bolsas ziplock, se prepararon dos submuestras de 10g cada una para un total de 20 gramos etiquetadas con su código luego ambas submuestras de cada productor se colocaron en bolsas ziplock medianas para su envío, dentro de ellas se le agrego una etiqueta adhesiva y otra adicional de papel con sus datos (nombre de productor, nombre de finca, comunidad, municipio o departamento, cooperativa y su código único) en cada muestra por seguridad.



Figura 26. Procesos previos al envío de muestras
Fuente: propia

Muestras de suelo

Cada muestra de suelo se preparó iniciando con una debida identificación y empaque en bolsas transparentes de mejor calidad para tener una mayor seguridad de estas, todas con su respectiva identificación.



Figura 27. Limpieza de muestras de suelos
Fuente: propia

9. Embalaje y envío

Almendras

Una vez que se procesaron todas las muestras de granos de las 142 fincas, las bolsas Ziplock que contienen las muestras de granos molidos se pueden colocar en una bolsa Ziplock grande para su envío.

Las bolsas Ziplock que contenían los granos, se colocaron en una caja de cartón, se etiquetaron y fueron enviadas al laboratorio del CATIE. Se proporcionó la dirección del laboratorio a enviar junto con el permiso de exportación y el peso de toda la caja para evitar problemas en aduanas para el país a enviar el cual fue Costa Rica.



Figura 28. Muestra en polvo de almendras de cacao lista para envío a laboratorio
Fuente: propia

3.6 Procesamiento de datos

Los datos recabados en campo como en el secado de muestras se vaciaron en una base de datos en Excel, desde donde se exportaron al Programa INFOSTAT

para sus respectivos análisis estadísticos. Se realizó análisis multivariados, entre ellos: conglomerados, análisis de componentes principales, cluster y correspondencia o correlaciones. La información se presenta en gráficos tipo Biplot, además se obtuvieron gráficos para mostrar distancia entre variables de estudio. Para ello se utilizó distancia Euclídea, donde se logró determinar la correspondencia o correlación entre dichas variables.

Otro tipo de análisis realizados a los datos obtenidos, es de Frecuencias, que se presenta en Tablas de frecuencias, para determinar el peso de cada indicador o variable bajo estudio con respecto a la muestra general.

CAPÍTULO IV

4.1 Análisis y discusión de resultados

4.1.1 Análisis de indicadores principales

4.1.1.1 Altura en área de plantación de cacao

En el siguiente cuadro se presentan los resultados de frecuencias obtenidos para el indicador “altura sobre el nivel del mar” a la que se encuentran las parcelas bajo estudio. La altura sobre el nivel del mar tiene repercusiones importantes en la adaptación y el desarrollo de las plantaciones de cacao o de cualquier otro cultivo, pudiendo limitar su potencial productivo o favorecer la aparición o incidencia de plagas y enfermedades.

Cuadro 6. Frecuencias de altura de las parcelas bajo estudio

Variable	Clase	LI	LS	MC	FA	FR
Altura parcela (m)	1	21.00	141.00	81.00	23	0.18
Altura parcela (m)	2	141.00	261.00	201.00	32	0.24
Altura parcela (m)	3	261.00	381.00	321.00	27	0.21
Altura parcela (m)	4	381.00	501.00	441.00	13	0.10
Altura parcela (m)	5	501.00	621.00	561.00	16	0.12
Altura parcela (m)	6	621.00	741.00	681.00	16	0.12
Altura parcela (m)	7	741.00	861.00	801.00	4	0.03

Fuente: Resultados de investigación

Para efectos de facilitar el análisis de este importante dato, se agruparon en 7 clases, correspondiendo a un intervalo de 120 metros. El 18% de las fincas de la muestra se encuentran por debajo de los 141 metros sobre el nivel del mar (msnm); el 45% de las unidades de producción estudiadas están localizadas entre los 141 a 381 msnm y solamente el 3% supera los 741 msnm hasta alcanzar el máximo de 801. En base a estos resultados se puede afirmar que en su totalidad las fincas cacaoteras bajo estudio se encuentran en el rango adecuado para su establecimiento, que algunos autores señalan se encuentra desde nivel del mar hasta los 1200 msnm IICA (2017). Camacho y Orozco (2020), señalan que el desarrollo del cacao se ve favorecido cuando se establece entre los 0 a 900 msnm. Su desarrollo y producción se ve limitada en zonas altas debido a los cambios que se producen en cuanto a la humedad y temperatura, relacionada con el incremento de la asnm. La altitud sobre el nivel del mar a la cual se encuentran las fincas cacaoteras, tiene efectos en la calidad de cacao, debido a su incidencia en el proceso de fermentación. Los cacaos deficientemente fermentados debido a efectos de la temperatura, la humedad relativa y la asnm (altura sobre el nivel del mar) mayores a 40, son más astringentes (Cubero, Hernández y Rodríguez, 1992).

4.1.1.2 Áreas de plantación de cacao

Cuadro 7. Frecuencia de áreas de plantación de cacao en estudio

Variable	Clase	LI	LS	MC	FA	FR
Área de plantación (Mz)	1	0.50	5.86	3.18	101	0.62
Área de plantación (Mz)	2	5.86	11.21	8.54	21	0.32
Área de plantación (Mz)	3	11.21	16.57	13.89	5	0.02
Área de plantación (Mz)	4	16.57	21.93	19.25	2	0.00

Área de plantación (Mz)	5	21.93	27.29	24.61	2	0.02
Área de plantación (Mz)	6	27.29	32.64	29.96	3	0.02
Área de plantación (Mz)	7	32.64	38.00	35.32	1	0.01

Fuente: Resultados de investigación

En el cuadro siguiente se presentan resultados de frecuencias obtenidos para el indicador “área de plantación de cacao” de las parcelas bajo estudio. El área de las plantaciones de cacao tiene relevancia en el tipo de sistema de producción, en la producción que puede obtener y el desarrollo también en el manejo de las plantaciones de cacao.

Para el análisis de Las áreas de plantaciones con las que cuentan los productores se agruparon en 7 clases obteniendo un intervalo de 5.36 manzanas. El 75% de las fincas representa que hay plantaciones que van desde los 0.5 manzanas hasta las 5.86 manzanas; el 24% se encuentra dentro de los 5.86 a las 32.64 manzanas y solamente el 1% de las fincas supera el 35.32 manzanas. De acuerdo a los resultados se puede decir que la mayoría de fincas bajo estudio pertenecen a pequeños productores, que cada día se van ampliando expectativas de mercados internos y externos, así como el mejoramiento de los métodos de producción y variedades más productivas.

4.1.1.3 Edad de plantación de cacao

En el siguiente cuadro se presentan los resultados obtenidos de frecuencias para el indicador “edad de la plantación de cacao” de las parcelas bajo estudio. La edad de las plantaciones de cacao tiene valor en el manejo del cultivo ya sea por la

aplicación de fertilizantes, por el tipo de poda a realizar, la sombra que se le puede implementar al igual que la producción que se puede obtener.

Cuadro 8. Edades de plantaciones de cacao en estudio

Variable	Clase	LI	LS	MC	FA	FR
Edad de la plantación	1	1.00	8.00	4.50	82	0.62
Edad de la plantación	2	8.00	15.00	11.50	42	0.32
Edad de la plantación	3	15.00	22.00	18.50	3	0.02
Edad de la plantación	4	22.00	29.00	25.50	0	0.00
Edad de la plantación	5	29.00	36.00	32.50	2	0.02
Edad de la plantación	6	36.00	43.00	39.50	2	0.02
Edad de la plantación	7	43.00	50.00	46.50	1	0.01

Fuente: Resultados de investigación

Como efecto el análisis de esta se obtuvieron los datos y se agruparon en 7 clases. El 62% de las fincas de productores se encuentran por debajo de 8 años correspondiendo a un intervalo de 7 años; el 38 % de las fincas se encuentran dentro de las edades de 8 a 43 años y únicamente el 1% supera los 43 a los 50 años de edad hasta alcanzar el máximo de 46.50 años. En base a estos resultados se puede destacar que la mayor parte de las fincas tienen edades en sus plantaciones que se encuentran iniciando la producción por lo que se puede relacionar con el promedio de la producción.

4.1.1.4 Variedades de plantación de cacao

En el cuadro siguiente se presentan los resultados de frecuencias obtenidas para el indicador “variedades comunes de las plantaciones de cacao” de las áreas bajo estudio. Las variedades de las plantaciones de cacao influyen mucho en los objetivos de los productores para el sistema agroforestal que quieran implementar, qué tipo de material vegetativo sea de mayor interés para el productor, si procedente de semilla o un clon

Cuadro 9. Variedades comunes en las parcelas de cacao en estudio

Clase	Variedades	FA	FR
1	Híbridos	28	0.22
2	Trinitario	23	0.18
3	Criollo	10	0.08
4	Acriollado	7	0.05

Fuente: Resultados de investigación

Como efectos del análisis de esta valiosa información se representa las variedades de cacao más comunes encontradas dentro de los cacaotales de las áreas bajo estudio, el cual muestra que la variedad más común y encontrada en las parcelas de los productores visitados, dentro de los cuales se encuentran: los híbridos con un 22 %; seguidamente los trinitarios con un 18%; el cacao criollo con un 8% y por último el acriollado con un 5%. Con base a los resultados obtenidos se puede detallar que “las variedades a usar dependen de la adaptabilidad a las condiciones agroecológicas”. ANACAFE (2004) pág. 7

4.1.1.5 Cantidad de árboles de sombra en la plantación de cacao

En el siguiente cuadro se presentan los resultados obtenidos de frecuencias para el indicador “cantidad de árboles de sombra de la plantación de cacao” de las parcelas en estudio. La cantidad de árboles de sombra tiene repercusión sobre el

sistema agroforestal con el que cuenta al igual que a los doseles de sombra que tenga en dependencia de la edad del cultivo de las plantaciones.

Cuadro 10. Cantidad de árboles de sombra en las parcelas de cacao en estudio

	Clase	Categorías	FA	FR
Cantidad de árboles sombra	1	7 a 10	16	0.12
Cantidad de árboles sombra	2	11 a 20	55	0.41
Cantidad de árboles sombra	3	21 a 30	45	0.34
Cantidad de árboles sombra	4	31 a 40	8	0.06
Cantidad de árboles sombra	5	41 a 50	6	0.04
Cantidad de árboles sombra	6	51 a 60	1	0.01
Cantidad de árboles sombra	7	>61	3	0.02
			134	

Fuente: Resultados de investigación

Como resultado del análisis de esta información importante se representa las cantidades de árboles de sombra por manzana en las plantaciones de cacao en estudio se agruparon en 7 clases; el 53 % de las fincas tienen de 7 a 20 árboles de sombra por manzana seguidamente; el 45 % que tienen de 21 a 60 árboles de sombra y solamente el 2 % que pertenece a las fincas que tienen en las manzanas más de 61 árboles. Se conoce que el cacao es una especie tolerante a la sombra, cuya fisiología y metabolismo se adapta a condiciones de baja luminosidad, es decir, es un cultivo que normalmente requiere ser asociado con otras especies para su desarrollo, tanto en la fase de establecimiento como en la productiva. Diannefair, y otros (2019). Por lo tanto, se puede decir que los productores mantienen la cantidad de árboles de sombra de acorde al sistema de producción con el que tienen establecidos.

4.1.1.6 Nivel de sombra en la plantación de cacao

En el cuadro siguiente se presentan los resultados que se obtuvieron de las frecuencias para el indicador “nivel de sombra de la plantación de cacao” de las

parcelas en estudio. El nivel de sombra en los cacaotales tiene efecto sobre el sistema agroforestal y también con la edad de la planta de cacao por lo que puede tener sombra temporal y sombra permanente con el fin de proteger al cacaotal de plagas y enfermedades.

Cuadro 11. Nivel de sombra en porcentaje de las plantaciones de cacao

Variable	Clase	Categorías	FA	FR
Nivel de sombra (%)	1	10 a 20%	23	0.18
Nivel de sombra (%)	2	21 a 30%	34	0.26
Nivel de sombra (%)	3	31 a 40%	52	0.40
Nivel de sombra (%)	4	41 a 50%	10	0.08
Nivel de sombra (%)	5	51 a 60%	8	0.06
Nivel de sombra (%)	6	61 a 70%	2	0.02
			129	

Fuente: Resultados de investigación

Como resultado del análisis en el porcentaje o nivel de sombras en parcelas de cacao para su mayor comprensión se clasifico en 6 clases, donde se presenta que el 18 % de las fincas cacaoteras de cacao presentan un nivel de sombra entre 10 a 20%; el 66 % de las fincas presentan un nivel de sombra de 21 a 40%, por último, el 18% de las fincas presenta rangos de sombra que van del 41 a 70 % de nivel de sombra. La regulación de sombra se limita a una adecuada selección de especies, al uso de arreglos de plantación que favorezcan la entrada de luz y el manejo de poblaciones mediante raleos. Hay situaciones donde, además de utilizar podas y raleo. Somarriba (2015)

El nivel de sombra va en dependencia de la edad de la plantación o ciclo productivo. Por ejemplo cuando el cultivo se encuentra en etapa de crecimiento que es menor a los 4 años necesita la entrada de luz del 40 al 50 % aproximadamente y cuando la plantación ya está en producción se requiere de una entrada de luz del 60 al 75% lo que quiere decir que el nivel de sombra óptimo para el cultivo oscila de 25 a 40 % de sombra, de acorde a los datos expuestos en la tabla se puede decir

que el 40% de productores y en parte el 26 % de ellos se encuentran dentro de los rangos óptimos en porcentajes de sombra requeridos para el cultivo de cacao.

4.1.1.7 Pendiente en la plantación de cacao

En el siguiente cuadro se detallan los resultados que se obtuvieron de las frecuencias para el indicador “porcentaje de sombra de la plantación de cacao” de las parcelas en estudio. La pendiente en los cacaotales tiene trascendencia sobre manejo del cacaotal. La topografía recomendada es de suelos planos a ligeramente inclinados.

Cuadro 12. Porcentaje de pendiente de plantaciones de cacao en estudio

Variable	Clase	Categorías	FA	FR
Pendiente (%)	1	15 a 20%	38	0.28
Pendiente (%)	2	21 a 30%	64	0.47
Pendiente (%)	3	31 a 45 %	33	0.24
			135	

Fuente: Resultados de investigación

Como resultado del análisis en el porcentaje de pendiente en área productiva de cacao para su entendimiento se clasifico en 6 clases; el primer resultado con 28 % de fincas que tiene de 15 a 20 % de pendiente; el 47 % de productores que tienen rangos de 21 a 30% de pendiente en sus parcelas y se finaliza con el 24 % de fincas que tienen pendientes alrededor de 31 y 45 %.

Según Quiroz y Mestanza (2012) “Los suelos recomendados para cultivar cacao deben ser planos (vegas) o ligeramente inclinados, también suavemente ondulados, los tres tipos de topografía deben ser fértiles y con muy poca erosión”. pág. 2. La topografía para el cultivo de cacao, ya que este se adapta desde los terrenos planos (0%) hasta los moderadamente inclinados que abarca el 35%. Se puede decir que al tener presente datos en la tabla de porcentaje de pendientes en las plantaciones

de cacao la mayoría de los productores tienen sus plantaciones dentro de los rangos óptimos que se requieren.

4.1.1.8 Profundidad de suelo en la plantación de cacao

En el cuadro siguiente se presentan los resultados que se obtuvieron de las frecuencias para el indicador “profundidad de suelo en cm de la plantación de cacao” de las parcelas en estudio. La profundidad de suelo en los cacaotales tiene importancia para la siembra que se realice debido al desarrollo radicular de la planta de cacao y los distintos procesos que se llevan a cabo desde la raíz de las plantas.

Cuadro 13. Profundidad de suelo en centímetros de las plantaciones de cacao en estudio

Variable	Clase	LI	LS	MC	FA	FR
Profundidad de suelo (cm)	1	10.00	25.00	17.50	65	0.52
Profundidad de suelo (cm)	2	25.00	40.00	32.50	36	0.29
Profundidad de suelo (cm)	3	40.00	55.00	47.50	6	0.05
Profundidad de suelo (cm)	4	55.00	70.00	62.50	3	0.02
Profundidad de suelo (cm)	5	70.00	85.00	77.50	1	0.01
Profundidad de suelo (cm)	6	85.00	100.00	92.50	14	0.11

Fuente: Resultados de investigación

De acuerdo al análisis de la información obtenida para el indicador de la profundidad de suelo se dividió en 6 clases, correspondiendo a un intervalo de 15 cm, dentro de los rangos encontrados están; de 10 a 25 cm que representa al 52 % de productores que tienen aproximadamente; el 36 % de los productores tienen alrededor de 25 a 70 % de cm de profundidad; únicamente el 12% de productores se encuentran dentro de los rangos 85 y 100 cm de profundidad de suelo, el 2% de

productores que tienen alrededor de 55 a 70 cm de profundidad y el 1 % que representa a un productor que tiene profundidad de suelo que oscila de 70 a 85 cm.

Con los resultados obtenidos se puede decir que dentro de las características físicas del suelo está la profundidad por lo que proporciona las condiciones para que el sistema radicular del cacao se desarrolle de forma adecuada. Un buen suelo de cacao debe de ser profundo para que permita a la raíz introducirse adecuadamente para asegurar la fijación sólida de la planta y que a la vez permita que la planta pueda absorber agua necesaria y los nutrientes adecuadamente. Según Camacho & Orozco (2020) la profundidad de suelo debe de estar por lo menos 1.5 metros y se puede decir que aproximadamente el 12% de productores tienen suelos aptos en sus plantaciones de cacao.

4.1.1.9 Producción en las plantaciones de cacao

En el cuadro siguiente se presentan los resultados que se obtuvieron de las frecuencias para el indicador “producción promedio de plantación de cacao” de las parcelas en estudio. La producción promedio en los cacaotales tiene relevancia porque hay varios factores que inciden como: edad de la planta, aplicación de productos químicos u orgánicos, material vegetativo, entre otros.

Cuadro 14. Producción promedio de plantaciones de cacao en estudio

Variable	Clase	Categorías	FA	FR
Producción promedio (qq)	1	1 a 10 qq	62	0.48
Producción promedio (qq)	2	11 a 20 qq	48	0.37
Producción promedio (qq)	3	21 a 30 qq	10	0.08
Producción promedio (qq)	4	31 a 40 qq	2	0.02
Producción promedio (qq)	5	41 a 50 qq	2	0.02
Producción promedio (qq)	6	> 51 qq	3	0.02
Producción promedio (qq)	7	Nuevo	2	0.02
			129	

Fuente: Resultados investigación

Como resultado del análisis en el porcentaje de pendiente en área productiva de cacao para su entendimiento se clasifico en 7 clases. Se representa la producción promedio de cada productor en quintales, tomando como muestra 129 productores de los cuales el 48% produce de 1 a 10 quintales anuales en baba de cacao, el 47% de los productores tiene una producción de 11 a 40 quintales; el 2 % de productores que tienen rendimientos que oscilan de 51 quintales a más; solamente el 2 % son productores de cacaotales que están en desarrollo y por lo tanto no se estimó buena producción para este año probablemente el próximo año.

De acuerdo a los resultados obtenidos de las características principales para una buena producción está en la calidad de las plantas, el manejo o practicas agronómicas que se realice, adoptando nuevas tecnologías para obtener mayor productividad en las plantaciones de cacao.

4.1.1.10 Análisis químicos de suelo en las plantaciones de cacao

En el siguiente cuadro se presentan los resultados que se obtuvieron de las frecuencias para el indicador “realización de análisis químico de suelo en las plantaciones de cacao” de las parcelas en estudio. Es importante que se realicen este tipo de análisis ya que está relacionado meramente con la aplicación de fertilizantes o abono y que efecto puede ocasionar en el desarrollo de la planta.

Cuadro 15. Realización de análisis químico de suelo en las plantaciones de cacao en estudio

Variable	Clase	Categoría	FA	FR
Análisis químico de suelo	1	No	70	0.76
Análisis químico de suelo	2	Si	22	0.24
			92	

Fuente: Resultados de investigación

El análisis químico en las plantaciones de cacao no es muy común entre los productores de las zonas cacaoteras de Nicaragua, ya que la mayoría de productores siendo el 76 % no realizan análisis en sus parcelas en cambio el 24% de los productores si realizan los análisis químicos de suelo en sus cacaotales y estos han sido realizados por distintas organizaciones también cooperativas por lo que la mayoría son pequeños productores y no cuentan con los recursos necesarios para poder realizarlos.

Cabe señalar que, de acuerdo a los resultados obtenidos, es importante conocer en qué condiciones se encuentran los suelos, porque es desde ahí donde nace los diferentes planes de aplicación que determinaran que tipo de fertilización se hará, sea orgánica o química todo con el fin de corregir deficiencias que se presenten para garantizar las cantidades de aplicaciones y de que elementos. Estos parámetros son indispensables para el crecimiento, desarrollo y producción de las plantaciones.

4.1.1.11 Aplicación de fertilizantes en las plantaciones de cacao

En el siguiente cuadro se presentan los resultados que se obtuvieron de las frecuencias para el indicador “aplicación de fertilizantes en las plantaciones de cacao” en estudio. Es trascendente obtener datos que permitan realizar análisis también conocer como los productores aplican los fertilizantes en las áreas de los cacaotales.

Cuadro 16. Aplicación de fertilizantes de parcelas de cacao en estudio

Variable	clase	Categorías	FA	FR
Aplicación de fertilizantes	1	no	85	0.63
Aplicación de fertilizantes	2	si	50	0.37

Fuente: Resultados de investigación

Para la aplicación de fertilizantes hay un 63% de los productores que no aplican fertilizantes químicos y el 37 % de los productores si aplican fertilizantes en sus parcelas.

Al obtener datos de investigación el CATIE (2012) sugiere combinar la fertilización con las podas oportunas para regular la sombra, pero advierte que la siembra de árboles leguminosos y la incorporación de las mazorcas de cacao al suelo, “no son suficientes para sostener un balance positivo de nutrientes”. CATIE (2012 La importancia de conocer análisis de suelos de las parcelas es porque permite detallar planes de aplicación de fertilizantes y que es lo que realmente está necesitando la planta, así como en qué condiciones de fertilidad natural se encuentra el suelo.

4.1.1.12 Formulas de Aplicación de fertilizantes en las plantaciones de cacao

En el cuadro siguiente se detallan los resultados que se obtuvieron de las frecuencias para el indicador “fórmulas que aplican de fertilizantes los productores en las plantaciones de cacao” en estudio. Es de relevancia conocer datos que permitan realizar análisis para conocer qué tipo de fórmulas se le está aplicando a las plantas de cacao.

Cuadro 17. Fórmulas que aplican los productores en las parcelas de cacao

Variable	Clase	Categorías	FA	FR
Formulas	1	10-30-10	2	0.04
Formulas	2	12-24-12	1	0.02
Formulas	3	15-15-15	4	0.09
Formulas	4	15-15-15, 30-10-30	1	0.02
Formulas	5	17-5-20	1	0.02
Formulas	6	18-46-0	5	0.11
Formulas	7	18-5-13	1	0.02
Formulas	8	20-18-20	2	0.04
Formulas	9	20-20-20	2	0.04

Formulas	10	20-25-5	1	0.02
Formulas	11	20-5-20	7	0.16
Formulas	12	Ferticacao	3	0.07
Formulas	13	Ferticafe	2	0.04
Formulas	14	Granumax	1	0.02
Formulas	15	Green blanck, Folear plus	1	0.02
Formulas	16	Green plus	1	0.02
Formulas	17	Nitrabox, Hidron, Complex	1	0.02
Formulas	18	Phyllum 0.3%	1	0.02
Formulas	19	UREA	1	0.02
Formulas	20	UREA	1	0.02
Formulas	21	UREA 46% y Boro	1	0.02
Formulas	22	YARA	4	0.09
Formulas	23	YARA-Ganumax	1	0.02

Fuente: Resultados de investigación

Como resultado de los análisis en las fórmulas de aplicación de fertilizantes se puede observar que el 16 % de los productores opta por usar 20-5-20; el 11 % de los productores aplica el 18-46-0; el 11 % de los productores utiliza 15-15-15; el 11% aplica YARA; el 7 % utiliza el ferticacao; el 16 % de los productores aplican fertilizantes como: 10-30-10, 20-18-20, 20-20-20 y Ferticafe y por último el 28 % de los productores optan por: 12-24-12, 15-15-15, 30-10-30, 17-5-20, 18-5-13, 20-25-5, Granumax, Green blanck, Green plus, Nitrabox, Phyllum 0.3%, Urea y Boro.

Antes de iniciar cualquier tipo de fertilización es preciso conocer el nivel de fertilidad natural del suelo. Este diagnóstico se hará por medio de análisis de suelo y análisis foliar. Borrero (2009). Hay que conocer que elementos son los que están realmente necesitando las plántulas de cacao porque es de ahí donde dependen las producciones e los cacaotales y las cosechas.

4.1.1.13 Frecuencia de aplicación de fertilizantes en las plantaciones de cacao

En el siguiente cuadro se presentan los resultados que se obtuvieron de las frecuencias para el indicador “frecuencia de aplicación de fertilizantes” que los productores aplican en las plantaciones de cacao en estudio. Se debe de conocer qué edad tiene la plantación porque es un indicativo para saber que se le puede aplicar y cuantas veces.

Cuadro 18. Frecuencia de aplicación de fertilizantes en las parcelas de cacao de productores

Variable	Clase	Categorías	FA	FR
Frecuencia aplicación fertilizantes	1	1 vez al año	21	0.46
Frecuencia aplicación fertilizantes	2	2 veces al año	19	0.41
Frecuencia aplicación fertilizantes	3	3 veces al año	1	0.02
Frecuencia aplicación fertilizantes	4	Más de 3 veces	5	0.11

Fuente: Resultados de investigación

Como análisis obtenidos en la investigación se presenta la cantidad de veces en las que los productores aplican fertilizantes, el 46 % de los productores aplican al menos 1 vez al año, el 41 % de los productores aplican 2 veces al año, el 11 % de los productores aplican más de dos veces en el año y únicamente el 2 % de productores aplican más de tres veces en el año.

La frecuencia con que aplican fertilizantes los productores va a depender de las etapas en las que se encuentra el cultivo.

4.1.1.14 Aplicación de abono orgánico en las plantaciones de cacao

En el cuadro siguiente se presentan resultados de las frecuencias obtenidas para el indicador “aplicación de abono orgánico “que los productores aplican en las plantaciones de cacao en estudio. Se debe de conocer qué manejo o sistema de producción tiene el productor en su finca si prefiere una agricultura tradicional u orgánica.

Cuadro 19. Aplicaciones de abonos orgánicos en las plantaciones de cacao

Variable	Clase	Categorías	FA	FR
Aplicación abonos orgánico...	1	no	99	0.76
Aplicación de abonos orgánico...	2	si	32	0.24

Fuente: Resultados de investigación

De acuerdo a los análisis de datos obtenidos para la aplicación de abonos orgánicos, el 76 % representa a los productores que no aplican abonos orgánicos en sus plantaciones de cacao y el 24 % detalla a los productores que, si optan por la aplicación de diferentes abonos orgánicos como estiércol de ganado, bocashi e inclusive la misma cascara de la mazorca de cacao en conjunto con otros productos orgánicos.

Hay que destacar que Lutheran World Relief (2009) señala que los productos que son de origen orgánico, favorecen mucho la nutrición del suelo y está beneficia a las raíces de las plantas también mejora la actividad biológica de los suelos. Al tener una buena materia orgánica en los suelos se contribuye a reducir el uso de productos químicos.

4.1.1.15 Frecuencia de aplicación de abono orgánico en las plantaciones de cacao

En el siguiente cuadro se presentan resultados obtenidos de frecuencia para el indicador “frecuencia de aplicación de abono orgánico “con que los productores aplican en las plantaciones de cacao en estudio. Es de importancia que el productor tenga un calendario o cronograma de aplicación de acorde al desarrollo de las plantas en su parcela.

Cuadro 20. Frecuencia de aplicación de abonos orgánico en las parcelas de cacao

Variable	Clase	Categorías	FA	FR
Frecuencia aplicación	1	1 vez al año	15	0.47
Frecuencia aplicación	2	2 veces al año	13	0.41
Frecuencia aplicación	3	Más de 2 veces al año	4	0.13

Fuente: Resultados de investigación

Con los análisis obtenidos se presenta la cantidad de veces en las que los productores aplican abonos orgánicos en sus cacaotales, el 47 % de los productores aplican al menos 1 vez al año abonos orgánicos en las áreas; el 41 % de los productores aplican 2 veces al año y solamente el 13 % de los productores aplican más de dos veces en el año.

4.1.1.16 Afectaciones por Monilia en las plantaciones de cacao

En el cuadro siguiente se presentan la información obtenida de frecuencia para el indicador “afectaciones de Monilia en plantaciones de cacao” para conocer qué tipo de afectación tienen las plantaciones de cacao en estudio de los productores para tomar decisiones medidas de mitigación respecto al manejo que se le dará a la plantación por la afectación.

Cuadro 21. Afectación de Monilia en las parcelas de cacao

Variable	Clase	Categoría	FA	FR
Monilia	1	No	30	0.21

Monilia	2	Poco	2	0.01
Monilia	3	Si	108	0.77

Fuente: Resultados de investigación

Según los datos obtenidos con el análisis la afectación por Monilia es bastante común hoy en día en las plantaciones cacaoteras, se puede observar que la mayoría de productores que representan el 77 % de los productores de las zonas con plantaciones de cacao tienen afectaciones por esta enfermedad en las mazorcas y plantas de cacao, el 21 % de productores no tienen afectaciones y el 1 % es poco afectado por esta enfermedad.

Es vital que se hagan los monitoreos constantes en las áreas de cacao para determinar incidencia de afectación por dicha enfermedad ya que teniendo datos debidamente registrados se podrán tomar medidas para el manejo de la enfermedad y evitar mayores riesgos.

4.1.1.17 Afectaciones por Mazorca negra en las plantaciones de cacao

En el cuadro siguiente se presentan la información obtenida de frecuencia para el indicador “afectaciones de Mazorca negra en plantaciones de cacao” para conocer qué tipo de afectación tienen las plantaciones de cacao en estudio de los productores para las medidas de mitigación a implementar para el manejo de la afectación.

Cuadro 22. Afectaciones por Mazorca negra en las parcelas de cacao

Variable	Clase	Categorías	FA	FA
Mazorca Negra	1	No	34	0.25
Mazorca Negra	2	Poco	1	0.01

Mazorca Negra	3	Si	103	0.75
---------------	---	----	-----	------

Fuente: Resultados de investigación

Con los datos obtenidos a través de los análisis, la afectación por Mazorca negra es común encontrarla hoy en día en las plantaciones cacaoteras, se puede observar que la mayoría de productores que representan el 75 % en sus plantaciones de cacao tienen afectaciones por esta enfermedad, el 25 % de productores no tienen afectaciones y solamente el 1 % es poco afectado por esta enfermedad.

Deben de reforzarse las medidas de manejo de la enfermedad como por ejemplo la regulación de sombra, recolectar y enterrar los frutos afectados, recoger-enterrar y encalar los frutos enfermos, hacer uso de caldos bordeles o sulfocalcico, encalar los suelos, hacer uso de abonos orgánicos y aplicaciones de fungicidas, podas fitosanitarias, entre otras prácticas.

4.2.1 Estadísticas descriptivas por municipio

4.2.1.1 Resultados por municipio

En el cuadro siguiente se presentan la información obtenida de frecuencia para el indicador “resultado por municipio de niveles de cadmio de muestras de cacao” para comprender mejor el resultado se clasifico en 15 clases y las respectivas categorías que corresponde a los municipios donde se realizó el estudio.

Cuadro 23. Resultados por municipio de niveles de cadmio de muestras de cacao en polvo

Clase	Categorías	FA	FR
1	Bonanza	8	0.05
2	Cua-Bocay	5	0.03

3	El Rama	9	0.06
4	La Dalia	10	0.07
5	Matiguas	7	0.05
6	Nueva Guinea	10	0.07
7	Quilali	1	0.01
8	Rancho Grande	18	0.12
9	Rio Blanco	10	0.07
10	Rio San Juan	7	0.05
11	Rosita	11	0.07
12	Rio Blanco	7	0.05
13	San Sebastián de Yali	3	0.02
14	Siuna	26	0.18
15	Waslala	16	0.11

Fuente: Resultados de investigación

Con los datos de análisis obtenidos se puede observar que el primer lugar con 18% está representado por productores del municipio de Siuna; el segundo lugar pertenece al municipio de Rancho Grande con el 12%; el tercer lugar está representado por el 11% del municipio de Waslala; el cuarto lugar lo comparten con el 7%, los municipios de Rosita, Tuma-La Dalia, Rio Blanco y Nueva Guinea (10 productores).

4.2.2 Estadísticas descriptivas por muestra de cadmio

4.2.2.1 Resultados por rangos

En el siguiente cuadro se detallan los resultados obtenidos de frecuencia para el indicador “resultado por rangos de niveles de cadmio de muestras de cacao” y para

comprender mejor el resultado se clasifico en 7 clases y las respectivas categorías que corresponde a los municipios donde se realizó el estudio, obteniendo un intervalo de 0.32 ppm.

Cuadro 24. Resultados por rangos de niveles de cadmio de muestras de cacao en polvo

Clase	LI	LS	MC	FA	FR
1	0.03	0.35	0.19	127	0.85
2	0.35	0.68	0.51	14	0.09
3	0.68	1.00	0.84	5	0.03
4	1.00	1.33	1.16	0	0.00
5	1.33	1.65	1.49	0	0.00
6	1.65	1.98	1.81	1	0.01
7	1.98	2.30	2.14	2	0.01

Fuente: Resultados de investigación

Con los análisis de datos obtenidos se muestra los resultados por rangos de las clases que son los subconjuntos de muestras agrupados del número 1 al 7 para su mayor comprensión, dentro de ellos se muestran los límites inferiores y superiores de los resultados encontrados por los grupos. De igual manera se presenta el cuadrado medio dentro de cada intervalo que fue calculado para representar los demás valores, se puede apreciar que los datos dentro de las clases abarcan desde el intervalo es de 0.32 ppm.

Se presentan los totales por clases, que es la cantidad de veces que se denota el valor dentro de los intervalos obtenidos por muestras también se presentan datos que permiten hacer comparaciones entre las distintas muestras.

Según los datos obtenidos en la tabla el 85% está representado por 127 productores que pertenecen a la clase 1; el 9% está representado por 14 productores que es la clase 2; la clase 3 representa el 3% y son 5 productores. La clase 7 representa 2 productores y es el 1% al igual que la clase 6 que presenta 1 productor.

OIRSA (2020) realizó un monitoreo en Belice, Guatemala, El Salvador, Nicaragua y República Dominicana con el objetivo de determinar los niveles de cadmio en el cacao producido en estos países. De 259 muestras analizadas, el menor valor observado fue de 0.00 mg/kg y el mayor valor fue de 0.73 mg/kg con una media de 0.15 mg/kg, Se concluyó que el cacao producido en estos países de la región del OIRSA por lo que no representa ningún riesgo para la salud humana en cambio en este estudio se encontraron casos de resultados que van desde el 0.5 ppm hasta los que superan el 1.1 ppm.

4.2.2.2 Resumen por municipio

En el siguiente cuadro se detallan los resultados obtenidos de frecuencia para el indicador “Resumen por municipio de niveles de cadmio de muestras de cacao en polvo” y para comprender mejor el resultado se clasifico en 14 números que corresponde a los municipios.

Cuadro 25. Resumen por municipio de niveles de cadmio de muestras de cacao en polvo

Clase	Municipio	Promedio	Mínimo	Máximo
1	Tuma-La Dalia	0.1656	0.033	0.290
2	Rancho Grande	0.1504	0.028	0.380
3	Waslala	0.1266	0.066	0.260
4	Rio Blanco	0.2364	0.088	0.530
5	Cuá-Bocay	0.2267	0.100	0.660
6	Matiguás	0.3229	0.110	0.680
7	Quilali	0.4000		
8	San Sebastián de Yali	0.2900	0.230	0.350
9	Siuna	0.4404	0.110	2.300
10	Bonanza	0.3300	0.130	0.450
11	Rosita	0.3896	0.076	2.200

12	El Rama	0.1508	0.097	0.280
13	Nueva Guinea	0.1704	0.082	0.320
14	Rio San Juan	0.1463	0.094	0.220

Fuente: Resultados de investigación

El promedio de concentración de Cadmio en cacao, resulto ser de 0.230 ppm; con un mínimo de 0.028 ppm y máximo de 2.3 ppm.

Con un estudio realizado en Costa Rica (Parménides & Torres, 2020), se permitió determinar que parte de la producción de cacao se encuentra localizada en un entorno donde los órganos raíz y hoja pueden bioacumular este metal y transferirlo a la mazorca donde se detectó concentraciones de cadmio en granos, en un rango de 0 a 8,70 mg/kg. Estos resultados en comparación con los obtenidos en el presente estudio (Nicaragua), nos muestra que las máximas concentraciones se encuentran superadas en 400% en el caso de Costa Rica. Aun así, es necesario considerar la implementación de medidas de mitigación para reducir estos niveles de cadmio.

4.2.3 Prueba Kruskal Wallis

En el siguiente cuadro se detallan los resultados obtenidos de frecuencia para el indicador “prueba de kruskal wallis” para analizar la variable cadmio en los 14 municipios y para comprender mejor el resultado se clasifico cada uno con la cantidad de muestras que corresponde por cada uno de los municipios.

Cuadro 26. Prueba de Kruskal Wallis

Variable	Municipio	N	Medias	D.E	Medianas	H	P
Cadmio	1	10	0.17	0.09	0.15	37.68	0.0003
Cadmio	2	18	0.15	0.11	0.14		
Cadmio	3	16	0.13	0.05	0.12		

Cadmio	4	17	0.24	0.11	0.22		
Cadmio	5	6	0.23	0.21	0.16		
Cadmio	6	7	0.32	0.23	0.19		
Cadmio	7	1	0.40	0.00	0.40		
Cadmio	8	3	0.29	0.06	0.29		
Cadmio	9	26	0.44	0.53	0.24		
Cadmio	10	8	0.33	0.19	0.29		
Cadmio	11	11	0.39	0.61	0.22		
Cadmio	12	9	0.15	0.05	0.13		
Cadmio	13	10	0.17	0.09	0.15		
Cadmio	14	7	0.15	0.04	0.14		

Fuente: Resultados de investigación

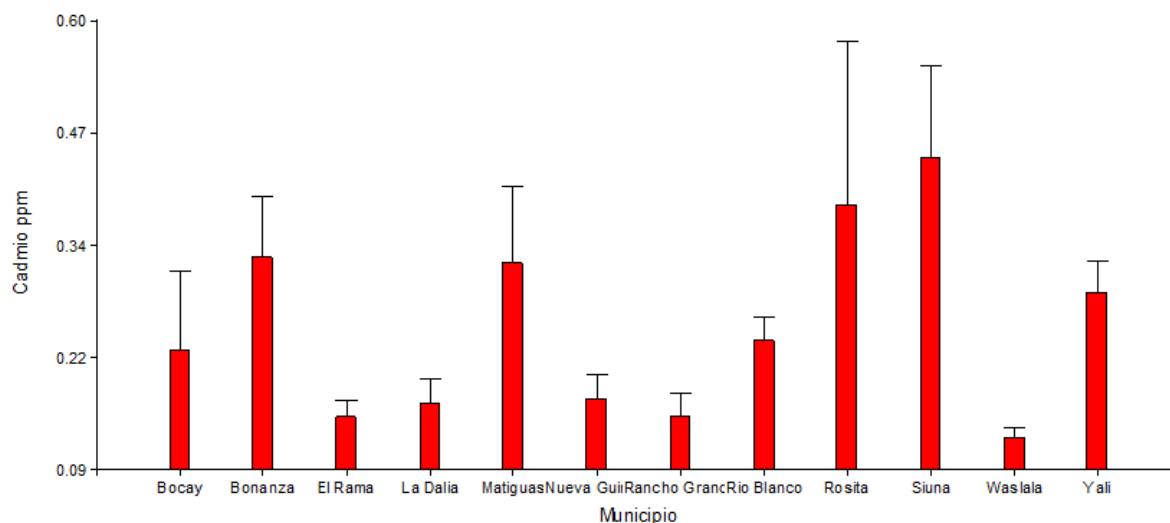
En la prueba de Kruskal Wallis, se presentan los 14 datos de cadmio que están representados por los municipios donde se realizó el muestreo y la cantidad de productores que se visitaron dentro de cada municipio que abarcan de 26 productores por zona hasta 1 productor, se presentan los datos con diferencias significativas unas con otras.

4.1.3 Análisis de frecuencias

4.1.3.1 Para datos atípicos de contenido de cadmio

En el siguiente grafico se presentan los resultados obtenidos de frecuencia para el indicador “datos atípicos de contenido de cadmio por municipios” para analizar la variable cadmio en los 14 municipios y para comprender mejor los resultados que se obtuvieron.

Gráfico 1. Datos atípicos de contenido de cadmio por municipios



Fuente: Resultados de investigación

En el grafico anterior se presenta los municipios y también los resultados de cadmio por municipio en una escala que va de 0.09 ppm al 0.60 ppm (partes por millón). Hay resultados que son satisfactorios para las cooperativas, productores y fincas por lo que los niveles de cadmio encontrados están por debajo de los permitidos.

En el caso de Ecuador en una investigación realizada por Wong (2017) también se obtuvieron resultados que fueron satisfactorios, ya que, en todas las muestras, los niveles de Cadmio estuvieron por debajo de los límites permisibles oscilando entre 0,2 a 0,4 partes por millón (ppm), teniendo como límite 0,5 partes por millón (ppm), cumpliendo así con la normativa ambiental vigente.

En el cuadro siguiente se presentan los datos atípicos de cadmio, divididos en 3 clases que son el resumen de los productores que fueron muestreados en total. El primer lugar con el 96% lo que representa la clase 1 con 137 productores que se encuentran dentro de los rangos 0.03-0.79 ppm, la clase 2 con el 1% que son 2

productores que se encuentran entre los rangos 0.79-1.54 ppm y finalmente la clase 3 con el 2% que son 3 productores que están dentro de los rangos 1.54-2.30 ppm.

Cuadro 27. Resumen de datos de cadmio por total de muestras

Variable	Clase	LI	LS	MC	FA	FR
Cadmio	1	0.03	0.79	0.41	137	0.96
	2	0.79	1.54	1.16	2	0.01
	3	1.54	2.30	1.92	3	0.02

Fuente: Resultados de investigación

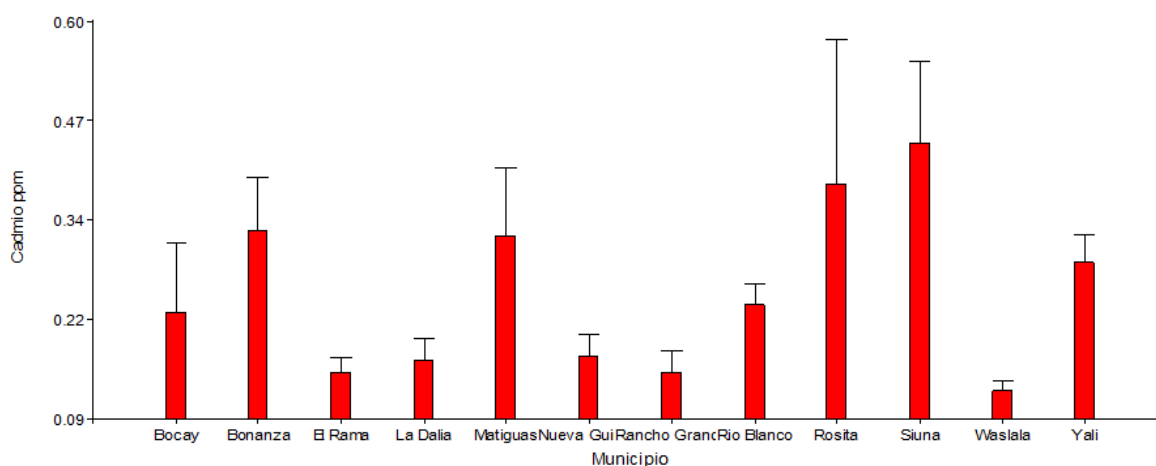
Los datos que están dentro de los 0.79 hasta los 2.30 puede deberse a las condiciones donde se encuentre estas parcelas de cacao u otro factor de manejo. Por ejemplo, puede deberse a que donde están ubicadas son zonas donde se practica la minería y extracción de metales o bien que se encuentren cerca de los ríos

Al obtener datos que son elevados a los niveles permitidos por la Unión Europea, se hace necesario buscar medidas de mitigación para reducir esas concentraciones de cadmio que de alguna manera perjudican a la plantación, al productor y al país.

4.1.3.2 Para datos atípicos de contenido de cadmio

En el siguiente grafico se presentan los resultados obtenidos de frecuencia para el indicador “datos atípicos de contenido de cadmio por municipios” para analizar la variable cadmio en los 14 municipios que forman parte de la investigación y comprender mejor los resultados que se obtuvieron.

Gráfico 2. Datos atípicos de contenido de cadmio por municipios: Siuna



Fuente: Resultados de investigación

En el gráfico anterior se presenta los municipios y también los resultados de cadmio por municipio en una escala que va de 0.09 al 0.60 ppm (partes por millón). En Ecuador en un estudio a nivel nacional realizado por Argüello en el año 2019, encontraron que el 40% de las muestras de almendras de cacao de 560 sitios excedieron el valor de 0,6 mg kg⁻¹ de cadmio aceptado actualmente por exportadores en Nicaragua se han encontrado parcelas de cacao con niveles que superan los 0.6 ppm.

En el cuadro siguiente se presentan la frecuencia para el resumen de datos de cadmio por los totales de muestras que se realizaron en el municipio de Siuna, dividiendo en 4 clases, con un intervalo de 0.55 ppm

Cuadro 28. Resumen de datos de cadmio por total de muestras en el municipio de Siuna

Municipio	Variable	Clase	LI	LS	MC	FA	FR
Siuna	Cadmio ppm	1	0.11	0.66	0.38	21	0.81
		2	0.66	1.21	0.93	3	0.12
		3	1.21	1.75	1.48	0	0
		4	1.75	2.30	2.03	2	0.08

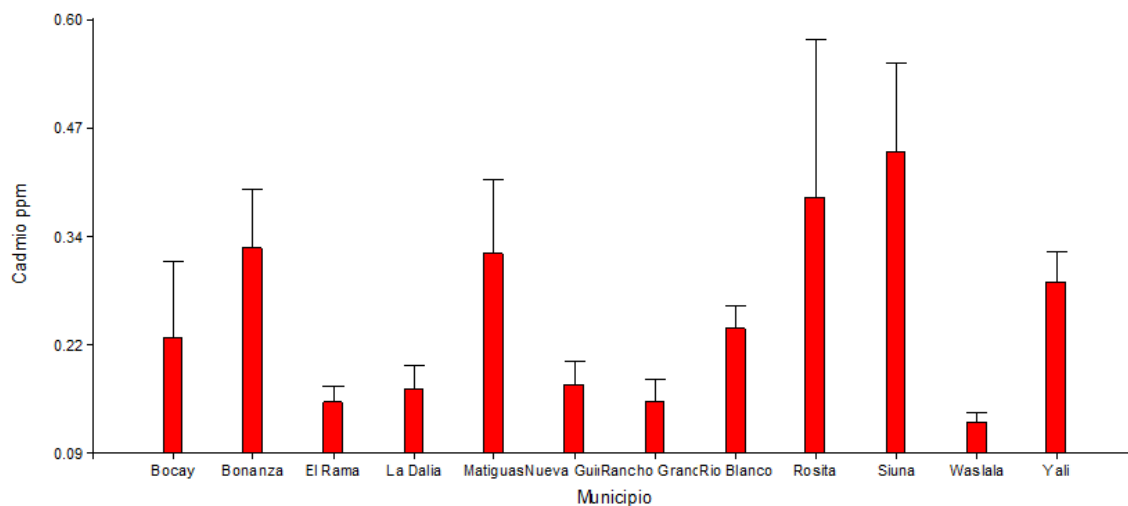
Fuente: Resultados de investigación

Con el análisis de resultados se presentan los datos atípicos de cadmio presente en 4 clases que son el resumen de los productores que fueron muestreados en total (26 productores) en el municipio de Siuna. El primer lugar con el 81% lo que representa la clase 1 con 21 productores que se encuentran dentro de los rangos 0.11-0.66; la clase 2 con el 1% que son 3 productores que se encuentran entre los rangos 0.66-1.21; la clase 3 no tiene productores que se encuentren en esos rangos y finalmente la clase 4 con el 8% que son 2 productores que están dentro de los rangos 1.75-2.3.

4.1.3.3 Para datos atípicos de contenido de cadmio

En el siguiente grafico se presentan los resultados obtenidos de frecuencia para el indicador “datos atípicos de contenido de cadmio por municipios” para analizar la variable cadmio en los municipios que forman parte del estudio.

Gráfico 3. Datos atípicos de contenido de cadmio por municipios: Rosita



Fuente: Resultados de investigación

En el grafico anterior se presenta los municipios y también los resultados d cadmio por municipio en una escala que va de 0.09 al 0.60 ppm (partes por millón).

En Colombia Niño (2015) realizó un estudio de laboratorio y la cuantificación dio a conocer de igual manera que el método más confiable es voltamperometría con electrodo de mercurio, obteniéndose concentraciones entre 1535 y 1585 ppb para E.E.T.8 y entre 2848 y 2968 ppb para C.C.N.5, concentraciones que superaron los niveles máximos permisibles (1500 ppb para cacao en polvo), establecido por la FAO/OMS en este tipo de alimentos.

En el cuadro siguiente se presentan la frecuencia para el resumen de datos de cadmio para los totales de muestras que se realizaron en el municipio de Rosita, dividiendo en 3 clases, con un intervalo de 0.71 ppm

Cuadro 29. Resumen de datos de cadmio por total de muestras en el municipio de Rosita

Municipio	Variable	Clase	LI	LS	MC	FA	FR
Rosita	Cadmio ppm	1	0.08	0.78	0.43	10	0.91
		2	0.78	1.49	1.14	0	0
		3	1.49	2.20	1.85	1	0.09

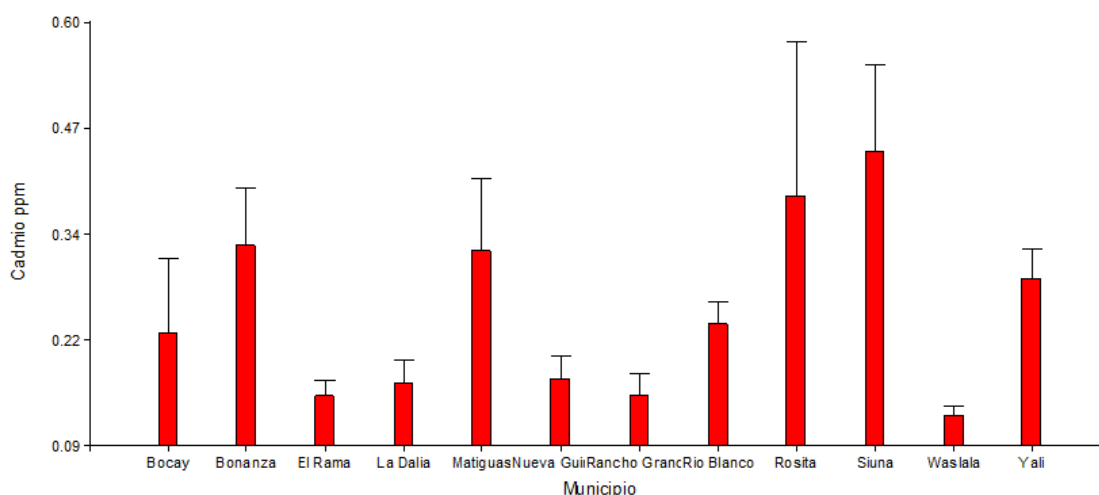
Fuente: Resultados investigación

En los datos obtenidos se exponen los datos atípicos de cadmio presente en 4 clases que son el resumen de los productores que fueron muestreados en total en el municipio de Rosita y los datos totales obtenidos que fueron 11 productores. El primer lugar con el 91% lo que representa la clase 1 con 10 productores que se encuentran dentro de los rangos 0.08-0.78, la clase 2 no tiene productores que se encuentren entre los rangos 0.78-1.49, por último, la clase 3 con el 9% que fue un productor que está dentro de los rangos 1.49-2.20

4.1.3.4 Para datos atípicos de contenido de cadmio

En el siguiente grafico se presenta la información obtenida de frecuencia para el indicador “datos atípicos de contenido de cadmio por municipios” para analizar la variable cadmio en los diferentes municipios que forman parte del estudio.

Gráfico 4. Datos atípicos de contenido de cadmio por municipios: Bonanza



Fuente: Resultados de investigación

En el grafico anterior se presenta los municipios y también los resultados de cadmio por municipio en una escala que va de 0.09 al 0.60 ppm (partes por millón). En Perú Del Águila en el 2017 llevó a cabo una investigación que permitió determinar los niveles de cadmio y plomo en granos frescos, secos y licor de cacao. En granos frescos de Pucallpa se encontró los niveles más altos de cadmio (0,08 mg/Kg) y en secos (0,11 mg/Kg). En la marca Oro de ACOPAGRO se encontró el nivel más alto de cadmio (0,11 mg/Kg).

En el siguiente cuadro se detalla la frecuencia para el resumen de datos de cadmio en los totales de muestras que se realizaron en el municipio de Bonanza, dividiendo en 3 clases, con un intervalo de 0.19 ppm

Cuadro 30. Resumen de datos de cadmio por total de muestras en el municipio de Bonanza

Municipio	Variable	Clase	LI	LS	MC	FA	FR
Bonanza	Cadmio ppm	1	0.13	0.32	0.23	5	0.63
		2	0.32	0.51	0.42	2	0.25
		3	0.51	0.70	0.61	1	0.13

Fuente: Resultados de investigación

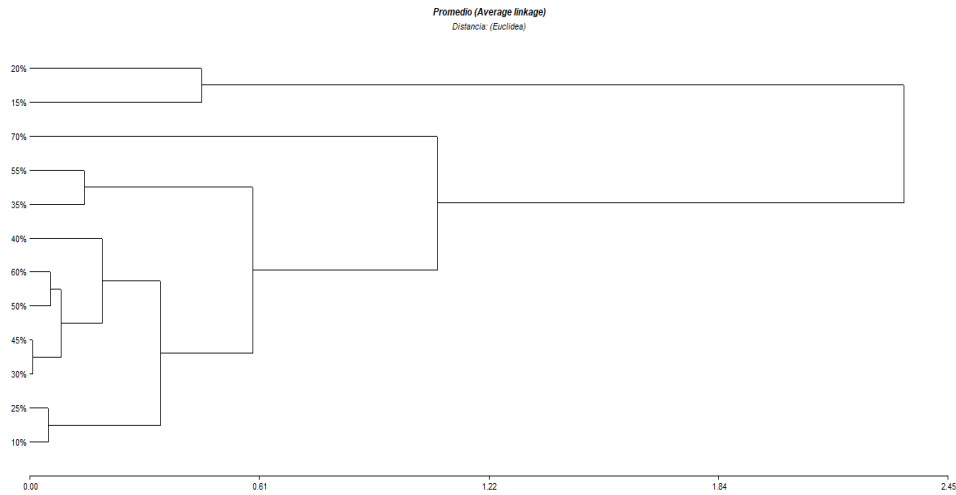
En la información obtenida del análisis de resultados se exponen los datos atípicos de cadmio presente en 3 clases que son el resumen de los productores que fueron muestreados en el municipio de Bonanza y los datos totales obtenidos que fueron 8 productores. El primer lugar con el 63% dentro del rango 0.13-0.32 ppm; la clase 2 en el rango de 0.32-0.51 ppm, representando el 25% y para concluir la clase 3 con el 13%, con concentraciones dentro del rango de 0.51-0.70 ppm.

4.1.4 Análisis de conglomerados

Permite agrupar los datos que son similares y que se muestra la correlación entre los parámetros agrotecnicos como lo es la sombra con los niveles de cadmio obtenidos de las muestras analizadas, con el fin de tener una aproximación de un posible origen del Cadmio en el suelo sea de manera antrópica o natural.

En el siguiente gráfico se presenta la información obtenida de frecuencia para el indicador “Análisis de conglomerado de relación de porcentaje de sombra con los datos de cadmio” para analizar la variable cadmio en relación con los porcentajes de sombra obtenidos.

Gráfico 5. Análisis de conglomerado de relación de porcentaje de sombra con los datos de cadmio



Fuente: Resultados de investigación

En el análisis de conglomerados de porcentaje de sombra y niveles de cadmio, se presentan en el gráfico en 3 agrupaciones la primera que va del 10 – 55 %, el grupo 2 el 70 % y el tercer grupo la vinculación entre 15 y 20%, denominando que el 70 % es el que tiene más niveles de cadmio pero son concentraciones mínimas que no tienen ningún tipo de afectación.

Capítulo V

5.1 Conclusiones

- ✓ . Con esta investigación se obtuvieron datos los cuales arrojan resultados indicando que las diferentes parcelas no presentan las condiciones idóneas para obtener buena producción, pudiendo estas inferir en la absorción de cadmio a través del suelo y diferentes fuentes hídricas, permitiendo evaluar la calidad de la producción cacaotera en el país.
- ✓ Las condiciones agroecológicas presentes en las diferentes zonas muestreadas no cumplen los requisitos para el cultivo de cacao según literaturas citadas y resultados evaluados en campo.
- ✓ El manejo agro técnico influye en la producción y calidad del material debido a falta de conocimientos y recursos por parte de los productores y apoyo de las entidades, por lo cual se valoró la falta de tecnificación de productores.
- ✓ Los niveles de cadmio en cacao no se relacionan con el manejo agro técnico del cacao, de lo contrario este podría estar relacionado con actividades antropogénicas como la minería artesanal dada en diferentes zonas cacaoteras del país, ya que este metal se obtuvo mayores concentraciones en zonas donde se dan explotaciones mineras del país debido a la contaminación del suelo y recursos hídricos.
- ✓ Concluyendo con el trabajo de investigación que se llevó a cabo se logró obtener resultados satisfactorios para los diferentes sectores involucrados en el sector cacaotero e investigativo, así mismo también a la universidad como parte fundamental de esta investigación, siendo este uno de los pocos trabajos realizados a nivel nacional con respecto al sector cacaotero y su calidad, beneficios y perjuicios a la salud humana y al sector exportación.

5.2 Recomendaciones

- El mal uso y manejo de los suelos es un punto determinante del problema cadmio en cacao, por lo cual sería importante generar un estudio de suelo así mismo también de recursos hídricos en estas zonas para evaluar sus condiciones al menos en cuanto a este mineral que podría estar afectando al sector cacaotero y la economía del país.
- Este estudio se debería generalizar a nivel nacional incluyendo todo el sector cacaotero para obtener un dato más real y actualizado en cuanto a cadmio en el cacao nicaragüense, esto ayudaría a incluir socios en acopios de cacao aumentando la fiabilidad del producto y aumentar las exportaciones, así incentivando a los productores a mejorar y aumentar su producción.
- Ampliar la muestra para que el resultado de estudio sea más exacto y generalizado en las fincas debido a que no todos los puntos de una parcela cuentan con las mismas características agroecológicas.
- Tras la obtención resultados en el análisis de muestra de ciertos datos que están por encima de los niveles permitidos de cadmio por la UE es esencial que se les dé prioridad a esas zonas de estudio (fincas) para implementar medidas de mitigación para reducir los niveles de cadmio.

5.3 Referencias y bibliografía

Bibliografía

- Adriano, D. C. (2001). *Trace Elements in Terrestrial Environments. Biogeochemistry, Bioavailability, and Risks of Metals*. New York : Springer, New York, NY. Obtenido de <https://doi.org/10.1007/978-0-387-21510-5>
- Aguilar, J. D. (2003). Contaminación de los suelos tras el vertido tóxico de Aznalcóllar. *Universidad de Granada-Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía. España .*
- Ali, G. S. (2000). Influence of cadmium and zinc on growth and photosynthesis of *Bacopa monniera*. *Biologia Plantarum*, 599-601.
- Alloway, B. S. (1999). Anthropogenic additions of cadmium to soils. En *Cadmium in Soils and Plants* (eds. *Kluwer Academic Publishers. Dordrecht, The Netherlands.*, 97-123 .
- ANACAFE. (Julio de 2004). *Cultivo de cacao. Programa de diversificación de ingresos en la empresa cafetalera .* Obtenido de ANACAFE: <http://infocafes.com/portal/wp-content/uploads/2016/05/Cultivo-de-Cacao.pdf>
- APEN. (04 de Octubre de 2017). Obtenido de <https://apen.org.ni/nicaragua-produce-mas-mejor-cacao-fino-exportacion/>
- Argüello, D. C. (2019). Soil properties and agronomic factors affecting cadmium concentrations in cacao beans : A nationwide survey in Ecuador. . *Science of the Total Environment*, 120-127.
- Artavia, C. R. (enero de 2012). *www.infoagro.go.cr*. Obtenido de [www.infoagro.go.cr](http://www.infoagro.go.cr/InfoRegiones/Publicaciones/HojasDivulgativas/Poda_formacion_cacao_injertado.pdf): http://www.infoagro.go.cr/InfoRegiones/Publicaciones/HojasDivulgativas/Poda_formacion_cacao_injertado.pdf
- Arvelo Sánchez M., G. L. (2017). *Manual Técnico del Cultivo de Cacao. Buenas Prácticas para América Latina .* Obtenido de IICA-Representación Costa Rica : [file:///D:/Descargas/BVE17089191e%20\(10\).pdf](file:///D:/Descargas/BVE17089191e%20(10).pdf)
- Astolfi, S. Z. (2005). Effect of cadmium on H(+)ATPase activity of plasma membrane vesicles isolated from roots of different S-supplied maize (*Zea mays* L.) plants. . *Plant Science* 1, 361-368.
- Beltran, E., Hernández, K., & Rodríguez, A. (MAYO de 2017). *DETERMINACIÓN DE CADMIO EN CHOCOLATE DE MESA COMERCIALIZADO EN LA ZONA METROPOLITANA DE SAN SALVADOR .* Obtenido de UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR. FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA. ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA E INGENIERÍA DE ALIMENTOS: [file:///D:/Descargas/TESIS%20CADMIO%20EN%20CHOCOLATE-EL%20SALVADOR-2017%20\(1\).pdf](file:///D:/Descargas/TESIS%20CADMIO%20EN%20CHOCOLATE-EL%20SALVADOR-2017%20(1).pdf)
- Benavides, M. G. (2005). Cadmium toxicity in plants. B. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 21-34.
- Bernard, A. (2008). Cadmium and its adverse effects on human health. *Indian J Med Res* , 128-557.

- Bianucci, E. (17 de Diciembre de 2013). *INTA*. Obtenido de Biodisponibilidad y toxicidad del metal pesado cadmio en la asociación simbiótica maní-rizobios:
<https://inta.gob.ar/documentos/biodisponibilidad-y-toxicidad-del-metal-pesado-cadmio-en-la-asociacion-simbiotica-mani-rizobios>
- bioenciclopedia. (2016). *www.bioenciclopedia.com*. Obtenido de [ww.bioenciclopedia.com](http://www.bioenciclopedia.com):
<https://www.bioenciclopedia.com/ardilla/>
- Borrero, C. A. (septiembre de 2009). *cadena cacao.info*. Obtenido de cadena cacao.info:
<http://cadena cacao.info/>
- Brito, E. G. (Julio de 2018). *www.mag.go.cr*. Obtenido de www.mag.go.cr:
http://www.mag.go.cr/rev_agr/v43n02_167.pdf
- Cacao movil guia #5. (2021). *Cacao Movil*. Obtenido de Cacao Movil: www.cacaomovil.com
- Cacao movil guia #8. (2021). *www.cacaomovil.com*. Obtenido de www.cacaomovil.com:
www.cacaomovil.com
- Camacho, Á., & Orozco, L. (2020). *Aprendiendo e Innovando sobre el Manejo Sostenible del Cultivo de Cacao en Sistemas Agroforestales*. Obtenido de Cacao móvil :
<https://www.cacaomovil.com/site/about-us>
- Camacho, Á., & Orozco, L. (2020). *CACAO MOVIL. Selección de sitios para la producción del cacao en un sistema agroforestal*. Nicaragua. Obtenido de
<https://www.cacaomovil.com/site/guide?id=12&articleId=16>
- Capó Martí, M. A. (2007). *Principios de ecotoxicología: diagnóstico, tratamiento y gestión del medio ambiente*. Tebar.
- Castillero, O. (2020). Los 15 tipos de investigación (y características). *Psicología y mente*. Obtenido de Los 15 tipos de investigación (y características).
- CATIE. (2012). *www.catie.ac.cr*. Obtenido de www.catie.ac.cr: <https://catie.ac.cr/nicaragua/es>
- Chaney, R. (2012). *Food Safety Issues for Mineral and Organic Fertilizers. Advances in Agronomy*. Elsevier Inc.
- De La Cruz, J., Ortiz, V. M., & Coronel, O. A. (2012). *FAO*. Obtenido de www.fao.org:
<http://www.fao.org/3/au995s/au995s.pdf>
- Deheuvels, O. R. (2014). Biodiversity is affected by changes in management intensity of cocoa-based agroforests. *Agroforestry Systems*, 1081–1099.
- Del Aguila, E. (2017). *DETERMINACIÓN DE CADMIO Y PLOMO EN GRANOS DE CACAO FRESCOS, SECOS Y EN LICOR DE CACAO (Theobroma cacao)*. Obtenido de UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA. FACULTAD DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS:
[file:///D:/Descargas/TESIS%20CADMIO%20Y%20PLOMO%20EN%20GRANOS%20DE%20CAO-2017-DEL%20AGUILA%20\(1\).pdf](file:///D:/Descargas/TESIS%20CADMIO%20Y%20PLOMO%20EN%20GRANOS%20DE%20CAO-2017-DEL%20AGUILA%20(1).pdf)

- Diannefair, D. h., Gutiérrez, R. E., Báez, A. N., Klamer, d. A., Arduino, B. M., & Belmonte, p. H. (2019). *Poda y Manejo de Luz en el Cultivo de Cacao y Otros Frutales*. Colombia.
- Engormix. (junio de 2006). www.engormix.com. Obtenido de www.engormix.com: www.engormix.com
- Enríquez, G. A. (1979). *MONILIASIS DEL CACAO* . MAG.
- Enriquez, G., & Alfredo. (s.f.). *El Cultivo Del Cacao*. San José: UNIVERSIDAD ESTATAL A DISTANCIA,.
- Escardó, & Linés, A. (Febrero de 2010). Clima y cambio climático. *RAM (Revista del Aficionado a la Meteorología)*, 1. Obtenido de <https://www.divulgameteo.es/fotos/lecturas/Clima-CC-Lin%C3%A9s.pdf>
- ESPANICA, s. coop. mad., comercio justo. (2018). *Zonas Geograficas*. Obtenido de ESPANICA: <https://espanica.org/nicaragua/zonas-geograficas/>
- Fergusson, J. E. (1990). The heavy elements: chemistry, environmental impact, and health effects. *Journal of Minerals and Materials Characterization and Engineering*, 211-212.
- Fodor, A. S.-N. (1995). The effects of cadmium on the fluidity and H+ATPase activity of plasma membrane from sunflower and wheat roots. *Journal of Plant Physiology*, 787-792.
- Galvão, L. A. (1987). *Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud. Organización Panamericana de la Salud. Metepec*; Obtenido de <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/eco/004663.pdf>
- Goldbol, D. H. (1985). Effect of zinc, cadmium and mercury on root elongation on *Picea abies* (Karst.) seedlings and the significance of these metals to forest die-back. . *Environmental Pollution* , 375-381.
- Gouia, H. G. (2000). Effects of cadmium on activity of nitrate reductase and on other enzymes of nitrate assimilation pathway in bean. *Plant Physiology and Biochemistry*, 629-638.
- Gramlich, A. T. (2018). Soil cadmium uptake by cocoa in Honduras. . *Science of The Total Environment* , 370-378.
- Hernández, C., & Carpio, N. (2019). Introducción a los tipos de muestreo. *Alerta. Revista científica del Instituto Nacional de salud*.
- INETER. (2011). *CARACTERÍSTICAS DEL CLIMA EN NICARAGUA INSTITUTO NICARAGÜENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES DIRECCIÓN GENERAL DE METEOROLOGÍA*. Obtenido de DOCPLAYER : <https://docplayer.es/13016487-Characterísticas-del-clima-en-nicaragua-instituto-nicaraguense-de-estudios-territoriales-direccion-general-de-meteorologia.html>
- Jiménez, C. (11 de Enero de 2015). *SCIELO. Corporación Universitaria Lasallista, Caldas-Antioquia, Colombia. Aseguramiento de la Calidad Compañía Nacional de Chocolates, Rionegro, Antioquia*. Obtenido de Estado legal mundial del cadmio en cacao (Theobroma cacao): fantasía o realidad: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1909-04552015000100009

- Johnson, Bonilla, J. M., Julio, C., & Agüero, C. L. (10 de Septiembre de 2008). *CENIDA-UNA*.
Obtenido de <https://cenida.una.edu.ni/relectronicos/RENF01J71.pdf>
- Londoño, L., Londoño, P., & Muñoz, F. (2016). LOS RIESGOS DE LOS METALES PESADOS.
Bioteología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, 145-153.
- Lutheran World Relief. (2009). Manual de cultivo . *Cacao organico* , 7.
- Maksymiec, W. W. (2007). Variation in oxidative stress and photochemical activity in *Arabidopsis thaliana* leaves subjected to cadmium and excess copper in the presence or absence of jasmonate and ascorbate. . *Chemosphere*, 421-427.
- MARESNACE. (Noviembre, 2010). *Diagnostico del sector cacao de Nicaragua*. Managua, Nicaragua
- McLaughlin, M. S. (1999). Cadmium in Soils and Plants. *Kluwer Academic Publishers. Dordrecht, The Netherlands*.
- Meter A., A. R. (Octubre de 2019). *Bioersity International*. Obtenido de Cadmio en el cacao de América Latina y el Caribe – Análisis de la investigación y soluciones potenciales para la mitigación: [file:///D:/Descargas/CADMIO-CACAO-ESTRATEGIAS%20MITIGACI%C3%93N-Meter%20et%20al-2019%20\(1\).pdf](file:///D:/Descargas/CADMIO-CACAO-ESTRATEGIAS%20MITIGACI%C3%93N-Meter%20et%20al-2019%20(1).pdf)
- Niño, I. (2015). *CUANTIFICACIÓN DE CADMIO EN CACAO PROVENIENTE DEL OCCIDENTE DE BOYACÁ POR LA TECNICA ANALITICA DE VOLTAMPEROMETRÍA* . Obtenido de UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA. FACULTAD DE CIENCIAS. ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS. PROGRAMA QUÍMICA DE ALIMENTOS:
<file:///D:/Descargas/TESIS-CUANTIFICACI%C3%93N%20DE%20CADMIO%20EN%20CACAO-2015-ECUADOR.pdf>
- OIRSA. (Julio de 2020). *oirsa.org* . Obtenido de https://www.oirsa.org/contenido/2020/Determinaci%C3%B3n%20niveles%20de%20cadmio%20en%20cacao%2010_7_20.pdf
- OMS. (2019). *Organización Mundial de la Salud* . Obtenido de Programa Internacional de las Sustancias Químicas, Cadmio : https://www.who.int/ipcs/assessment/public_health/cadmium/es/
- Paredes, A. M. (2003). *Manual de Cultivo del Cacao*. Obtenido de Ministerio de Agricultura, Programa para el desarrollo de la Amazonia, PROAMAZONIA:
<https://repositorio.midagri.gob.pe/bitstream/MIDAGRI/372/1/cacao%20-%20copia.pdf>
- Parménides, F., & Torres, J. (2020). Determinación de concentraciones de cadmio en plantaciones de *Theobroma cacao* L. en Costa Rica. *Tecnología en marcha* , 122-137.
- Peréz García, P. E., & Azcona Cruz, M. I. (2012). Los efectos del cadmio en la salud . *Revista de Especialidades Médico-Quirúrgicas* , 199-205.

- Pinto, A., & De Varennes, A. P. (2004). Influence of organic matter on the uptake of cadmium, zinc,. *Science of the Total Environment*, 326:239-274. Obtenido de Science of the Total Environment.
- Poschenrieder C., G. B. (1989). Influence of cadmium on water relations, stomatal resistance, and abscisic acid content in expanding bean leaves. *Plant Physiology*, 1365-1371.
- Quiroz, J., & Mestanza, S. (Enero de 2012). *Programa Nacional del cacao. Establecimiento y manejo de una plantación de cacao* . Obtenido de INFOCAFES : http://infocafes.com/portal/wp-content/uploads/2016/12/boletin_146_establecimiento_y_manejo__de_una_plantaci%C3%B3n_de_cacao.pdf
- Quiroz, V. J., & Mestanza, S. (2012). Establecimiento y Manejo de una Plantación de Cacao. *Programa Nacional de Cacao, ESTACIÓN EXPERIMENTAL LITORAL DEL SUR(146)*, 2. Obtenido de http://infocafes.com/portal/wp-content/uploads/2016/12/boletin_146_establecimiento_y_manejo__de_una_plantaci%C3%B3n_de_cacao.pdf
- Quivira, R. S. (2016). *www.expertoanimal.com*. Obtenido de www.expertoanimal.com:
- Roberts, T. L. (2014). Cadmium and phosphorous fertilizers: The issues and the science. *Procedia Engineering*, 52-59.
- Rodriguez, M., Martínez, N., Romero, M., Del Río, L., & Sandalio, L. (2008). Toxicidad del Cadmio en Plantas . *Ecosistemas. Revista científica y tecnica de ecología y medio ambiente* , 139-146.
- Ruiz, A. (Abril de 2018). *Competitividad comercial del cacao nicaragüense (Theobroma cacao L.) en el mercado centroamericano, 2005 -2015*. Obtenido de CENIDA. UNA. FACULTAD DE DESARROLLO RURAL : <https://cenida.una.edu.ni/Tesis/tne70r934c.pdf>
- Sanchez, G. (Junio de 2016). *Universidad Complutense* . Obtenido de Ecoxitología del Cadmio. Riesgo para la salud de la utilización de suelos ricos en cadmio : <http://147.96.70.122/Web/TFG/TFG/Memoria/GARA%20SANCHEZ%20BARRON.pdf>
- Sanchez, V., Zambrano, J., & Iglesias, C. (2019). *La cadena de valor del cacao en América Latina y el Caribe* . Obtenido de FONTAGRO. ESPOL. INIAP : https://www.fontagro.org/new/uploads/adjuntos/Informe_CACAO_linea_base.pdf
- Sandalio, L. D.-P. (2001). Cadmium-induced changes in the growth and oxidative metabolism of pea plants . *Journal of Experimental Botany*, 2115-2126.
- Sanità di Toppi, L. G. (1999). Response to cadmium in higher plants. . *Environmental and Experimental Botany*, 105-130.
- Shanyin, H., Zhenli, H., Yang, X., & Baligar, V. (2 de Septiembre de 2015). *USDA* . Obtenido de Biogeoquímica de suelos, fisiología vegetal y fitorremediación de suelos contaminados con

- cadmio.:
<https://www.ars.usda.gov/research/publications/publication/?seqNo115=313500>
- Singh, P. T. (2003). Cadmium toxicity induced changes in plant water relations and oxidative metabolism of *Brassica juncea* L. plants . *Journal of Environmental Biology*, 107-112.
- Somarriba, E. (2015). *www.catie.ac.cr*. Obtenido de *www.catie.ac.cr*:
<https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/6032?show=full&locale-attribute=fr>
- Vayona, & Diana. (3 de Julio de 2017). *Agrodiario/Periodico Agricola Digital*. Obtenido de *www.agrodiario.hn*: <http://www.agrodiario.hn/web/2017/07/el-ambiente-y-su-efecto-en-la-planta-de-cacao/>
- VIANICA. (2021). Explore Nicaragua en línea. Clima . *VIANICA.COM*,
<https://vianica.com/sp/particularidades/feedback>.
- Wong, A. (2017). *DETERMINACIÓN DE CADMIO (Cd) EN SUELO DE CULTIVO PARA CACAO CCN51 MEDIANTE ANÁLISIS DE ESPECTROSCOPÍA DE ABSORCIÓN ATÓMICA* . Obtenido de UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL. FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES. ESCUELA DE INGENIERÍA AMBIENTAL : <file:///D:/Descargas/TESIS-CADMIO-SUELO-CACAO%20CCN51-ANDRES-WONG-ECUADOR.pdf>

Anexos

Formulario de Encuesta

Muestreo de Cadmio en Fincas Productoras de Cacao

Estimado (a) productor (a), con objetivo de fortalecer la calidad de la producción de cacao en nuestro país, Lutheran Worl Relief en conjunto con MOCCA, Nica-France y la UNAN Managua, está realizando estudio sobre concentraciones de Cadmio en almendras de cacao. Este documento nos sirve para recabar estadísticas concretas y trazabilidad de cada muestra. En este estudio la información que usted pueda darnos es muy valiosa, por lo cual le estamos agradecidos.



UNIVERSIDAD
NACIONAL
AUTÓNOMA DE
NICARAGUA,
MANAGUA

UNAN - MANAGUA

Nombre del productor.

Tu respuesta

Dirección de correo electrónico.

Tu respuesta

Número de teléfono (incluir telefónica)

Tu respuesta

Ubicación de la finca (Comunidad, Municipio)

Tu respuesta

Nombre de la finca

Tu respuesta

Geo-referenciación del lote de cacao

Tu respuesta

¿A qué altitud se encuentra? (en msnm)

Tu respuesta

¿Cuál es precipitación media anual?

Tu respuesta

¿Cuál es el rango (mínimo - medio - máximo) de temperaturas en esta zona? (en °C)

Tu respuesta

¿Qué área comprende la plantación de cacao?

Tu respuesta

¿Qué edad tiene la plantación de cacao?

Tu respuesta

¿Qué variedades hay cultivadas?

Tu respuesta

¿Qué distancia de siembra hay entre plantas? (en metros)

Tu respuesta

¿Qué distancia de siembra hay entre surcos? (en metros)

Tu respuesta

¿Hay riego? ¿De qué tipo?

Tu respuesta

¿Qué cantidad de árboles de sombra?

Menos de 10 Arboles * Manzana

10 a 20 Arboles * Manzana

Otro:

¿Qué nivel de sombra está presente?

Tu respuesta

¿Cuál es la pendiente predominante por lote?

Plano

Menos de 20%

Entre 20% y 30%

Más de 30%

Otro:

¿Cuál es la profundidad de suelo promedio por lote? (en cm)

Tu respuesta

¿Qué producción promedio por manzana obtuvo en los últimos tres años?

Tu respuesta

En su experiencia ¿Cuántas mazorcas ocupa como promedio para producir una libra de cacao en baba?

Tu respuesta

¿Realiza análisis químicos de suelo?

Sí
No

¿Usted aplica fertilizantes sintéticos?

Sí
No

¿Qué formulas aplica?

Tu respuesta

¿Cuántas onzas aplica por planta?

Tu respuesta

¿Con que frecuencia aplica fertilizante sintético?

Una Vez al Año
Dos Veces al año
Más de Dos Veces
Otro:

¿Aplica abonos orgánicos?

Si
No

¿Qué tipo de abono orgánico utiliza?

Tu respuesta

¿Con que frecuencia aplica abonos orgánicos?

Una Vez al Año
Dos Veces al Año
Más de Dos Veces al Año
Otro:

¿Qué cantidad de abono orgánico aplica por árbol?

Tu respuesta

¿Qué enfermedades son las más comunes en su cacaotal?

Monilla
Mazorca Negra
Pudrición Parda
Otro:

¿Qué estrategia sigue para el manejo de las enfermedades?

Regulación de Sombra
Recolección y Enterrado de Frutos Afectados
Recolección, Enterrado y Encalado de Frutos Enfermos
Uso de Caldos
Uso de Purines
Uso de Encalado de Suelos
Fungicidas Sintéticos
Otro:

Comentarios

Tu respuesta

<https://forms.gle/TeCYpYrUiMAhRX>

Tablas de variables

Variable	Clase	Categorías	FA	FR
Cantidad arboles de sombra..	1	10	9	0.07
Cantidad arboles de sombra..	2	10 a 20	2	0.01
Cantidad arboles de sombra..	3	12	1	0.01
Cantidad arboles de sombra..	4	15	31	0.23
Cantidad arboles de sombra..	5	16	2	0.01
Cantidad arboles de sombra..	6	18	1	0.01
Cantidad arboles de sombra..	7	20	18	0.13
Cantidad arboles de sombra..	8	22	2	0.01
Cantidad arboles de sombra..	9	25	16	0.12
Cantidad arboles de sombra..	10	30	27	0.20
Cantidad arboles de sombra..	11	35	2	0.01
Cantidad arboles de sombra..	12	40	6	0.04
Cantidad arboles de sombra..	13	45	2	0.01
Cantidad arboles de sombra..	14	5	1	0.01
Cantidad arboles de sombra..	15	50	4	0.03
Cantidad arboles de sombra..	16	60	1	0.01
Cantidad arboles de sombra..	17	7	3	0.02
Cantidad arboles de sombra..	18	70	1	0.01
Cantidad arboles de sombra..	19	8	3	0.02
Cantidad arboles de sombra..	20	80	1	0.01
Cantidad arboles de sombra..	21	>40	1	0.01

Variable	Clase	Categorías	FA	FR
Nivel de sombra (%)	1	10%	6	0.05
Nivel de sombra (%)	2	15%	6	0.05
Nivel de sombra (%)	3	20%	11	0.09
Nivel de sombra (%)	4	25%	11	0.09
Nivel de sombra (%)	5	30%	23	0.18
Nivel de sombra (%)	6	35%	5	0.04
Nivel de sombra (%)	7	40%	47	0.36
Nivel de sombra (%)	8	45%	1	0.01
Nivel de sombra (%)	9	50%	9	0.07
Nivel de sombra (%)	10	55%	2	0.02
Nivel de sombra (%)	11	60%	6	0.05
Nivel de sombra (%)	12	70%	2	0.02

Variable	Clase	Categorías	FA	FR
Pendiente (%)	1	15%	7	0.05
Pendiente (%)	2	17%	1	0.01
Pendiente (%)	3	18%	1	0.01
Pendiente (%)	4	20%	29	0.21
Pendiente (%)	5	25%	43	0.32
Pendiente (%)	6	30%	21	0.16
Pendiente (%)	7	35%	4	0.03
Pendiente (%)	8	40%	1	0.01
Pendiente (%)	9	45%	1	0.01
Pendiente (%)	10	Plano	27	0.20

Variedades	1 Acriollado	7 0.05
Variedades	2 Acriollado y Trinitario	1 0.01
Variedades	3 Acriollado, Criollo, Clone..	1 0.01
Variedades	4 Catie	1 0.01
Variedades	5 Catie, Híbridos	1 0.01
Variedades	6 Catie, Trinitario, Criollo..	1 0.01
Variedades	7 Clones	2 0.02
Variedades	8 Clones Catie, Trinitario	1 0.01
Variedades	9 Clones ICS-95, ICS-39, TCH..	1 0.01
Variedades	10 Clones, ICS-95, ICS-1, UFC..	1 0.01
Variedades	11 Criollo	10 0.08
Variedades	12 Criollo, Catie, PMCT	1 0.01
Variedades	13 Criollo, Clones Catie	1 0.01
Variedades	14 Criollo, Trinitario y Fora..	1 0.01
Variedades	15 Criollo, trinitario e Hibr..	1 0.01
Variedades	16 Criollos e Híbridos	4 0.03
Variedades	17 Criollos, Injerto, Pacoyit..	1 0.01
Variedades	18 EET 96, EET 95, ICS 95, IC..	1 0.01
Variedades	19 Forastero	3 0.02
Variedades	20 Forasteros y Trinitarios	2 0.02
Variedades	21 Forasteros, Trinitarios y ..	5 0.04
Variedades	22 Híbrido, Trinitario, Foras..	1 0.01
Variedades	23 Híbridos	28 0.22
Variedades	24 Híbridos, Forastero, Trini..	1 0.01
Variedades	25 Híbridos, Trinitario y For..	1 0.01
Variedades	26 Híbridos, Trinitarios, Inj..	1 0.01
Variedades	27 ICS 95	1 0.01
Variedades	28 ICS-95 y CCN-51	1 0.01
Variedades	29 ICS-95, CATIE R4, CATIE R6..	1 0.01
Variedades	30 ICS-95, CATIE R4, CATIE R6..	1 0.01
Variedades	31 ICS-95, ICS-39, IMC-67, UF..	1 0.01
Variedades	32 IMC-65, UF-613, Criollos	1 0.01
Variedades	33 Mejorada	1 0.01
Variedades	34 Policlonal	2 0.02
Variedades	35 R-6, ICS-95, IMC-67	1 0.01
Variedades	36 Trinitario	23 0.18
Variedades	37 Trinitarios e Híbridos	4 0.03
Variedades	38 Trinitarios y Criollos	6 0.05

Variable	Clase	Categorías	FA	FR
Producción promedio (qq)	1	1.00	1	0.01
Producción promedio (qq)	2	1.50	1	0.01
Producción promedio (qq)	3	10.00	10	0.08
Producción promedio (qq)	4	12.00	10	0.08
Producción promedio (qq)	5	120.00	1	0.01
Producción promedio (qq)	6	13.00	5	0.04
Producción promedio (qq)	7	14.00	3	0.02
Producción promedio (qq)	8	15.00	7	0.05
Producción promedio (qq)	9	16.00	5	0.04
Producción promedio (qq)	10	17.00	2	0.02
Producción promedio (qq)	11	18.00	8	0.06
Producción promedio (qq)	12	2.00	4	0.03
Producción promedio (qq)	13	20.00	8	0.06
Producción promedio (qq)	14	24.00	1	0.01
Producción promedio (qq)	15	25.00	6	0.05
Producción promedio (qq)	16	26.00	1	0.01
Producción promedio (qq)	17	3.00	1	0.01
Producción promedio (qq)	18	30.00	2	0.02
Producción promedio (qq)	19	33.00	1	0.01
Producción promedio (qq)	20	35.00	1	0.01
Producción promedio (qq)	21	4.00	5	0.04
Producción promedio (qq)	22	4.50	1	0.01
Producción promedio (qq)	23	4.80	1	0.01
Producción promedio (qq)	24	45.00	1	0.01
Producción promedio (qq)	25	5.00	8	0.06
Producción promedio (qq)	26	5.50	2	0.02
Producción promedio (qq)	27	50.00	1	0.01
Producción promedio (qq)	28	51.00	1	0.01
Producción promedio (qq)	29	6.00	7	0.05
Producción promedio (qq)	30	60.00	1	0.01
Producción promedio (qq)	31	7.00	5	0.04
Producción promedio (qq)	32	8.00	12	0.09
Producción promedio (qq)	33	9.00	4	0.03
Producción promedio (qq)	34	Nuevo	2	0.02

Certificado de resultado de análisis de muestra para los productores

PRIMORIS

YOUR RELIABILITY IN FOOD ANALYSIS

COSTA RICA

Lab number: 21/004654

Page: 1/2

Date: 14/10/2021

Certificate of analysis 21/004654

Rikolto VECO Mesoamerica
Jorge Flores Mendoza
Altamira de Este, SINSA, Casa numero
560
MANAGUA
Nicaragua

Client provided information:

Sample type: **cocoa - beans**
Reference: **Nic-B-016 Cooperativa: RÍOS DE AGUA VIVA Productor: Janeth Martinez**

Lot No.:

Producer:		Sampling date:	
Origin:	Nicaragua	Sampling by:	
Destination:		Place of sampling:	Colonia Agricola N°1
Sequence:		Processing:	
Purchase order:		Brix/Conc.Factor:	
Brand:		Destination info:	

Sample and Reporting information:

Confirmation date:	06/08/2021	Seal:	Packed
Date 1st report:	26/08/2021	State upon reception:	ok
Revision:	1 14/10/2021	Weight (g):	26
Period analysis:	06/08/2021 - 25/08/2021	Unit count:	1
Control:		Packaging:	
Maximum limit:	EU-ML	Transport by:	DHL

Edible part

ZMCD_02_D - cadmium - accredited					Completed <input checked="" type="checkbox"/>
Substance	Accr.	Result	Max. Limit EU-ML	Unit	U
cadmium	A	0,14	(a)	mg/kg	19%

Frander Carballo

Head of laboratory



YOUR RELIABILITY
IN FOOD ANALYSIS



SUPPORT
SPEED
ANALYSIS
KNOWLEDGE

Analysed substances (including Reporting Limit RL)

ZMCD_02_D - cadmium - accredited							
Substance & Accr.	RL	Substance & Accr.	RL	Substance & Accr.	RL	Substance & Accr.	RL
cadmium (A)	0,01 mg/kg						

Remarks:

- The results mentioned above are only related to the sample as received by the laboratory.
- PRIMORIS cannot be held responsible for the validity of the results in case that information is provided by the client which can affect the validity of these results.
- Limits of communication of all compounds per method are available in the client-section of www.primoris-lab.com
- PRIMORIS can not be held responsible for any errors in the legal regulation mentioned in this report. These are made available solely for the purpose of information and refer to the products as specified in the applicable legislation.
- (a): tolerance not assignable, see relevant legislation.
- (c): sample type - pesticide combination not allowed, see corresponding legislation
- (d): no MRL required
- This certificate of analysis may not be reproduced, except in entire form with a written permission of the management.
- This certificate was produced electronically and is valid without manual signature. Name and function of the responsible of this document was provided on the basis of a secure and personalized login procedure. Additional manually signed copies of this document can be produced on individual demand.
- feed results are not corrected to a 12% moisture content
- When trace values are reported (until 1/3th of the original reporting limit), the result value is semi-quantitative and non-accredited.
- U: the expanded measurement uncertainty U (by multiplying the measurement uncertainty with factor 2 what produces a 95% reliability interval) is expressed as % of the analysis result x. Result to be read as $x \pm U$.
- The expanded measurement uncertainty MU is mentioned next to each found compound.
- Ref. N° ECA RECA 017-2021- See recognition in: exoneracion@eca.or.cr
- Primoris Costa Rica S.A permiso de funcionamiento CN-ARS-A2--0299-2018, vigente del 2 de abril de 2018 hasta el 2 de abril de 2023.
- This certificate is generated under the authority and accreditation (BELAC 057-TEST/ISO17025) of "PRIMORIS Holding", Technologiepark 90, B-9052 Zwijnaarde - Gent, Belgium
- A: compound under accreditation

Report history

0	Original Report	Original Report
---	-----------------	-----------------