

UNIVERSIDAD DE HUANUCO
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA AMBIENTAL



TESIS

**“EVALUACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE CADMIO EN EL
SUELO Y FRUTOS DE UNA PLANTACIÓN DE CACAO (Theobroma
cacao L.) EN AUCAYACU, DISTRITO DE JOSÉ CRESPO Y
CASTILLO - HUÁNUCO 2020”**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
AMBIENTAL**

AUTOR: Chavez Sudario, Yunior Ruben

ASESOR: Calvo Trujillo, Heberto

HUÁNUCO – PERÚ

2020

U

TIPO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:

- Tesis (X)
- Trabajo de Suficiencia Profesional()
- Trabajo de Investigación ()
- Trabajo Académico ()

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN: Modelación, análisis y control de la contaminación ambiental

AÑO DE LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN (2018-2019)

CAMPO DE CONOCIMIENTO OCDE:

Área: Ingeniería, Tecnología

Sub área: Ingeniería ambiental

Disciplina: Ingeniería ambiental y geológica

D

DATOS DEL PROGRAMA:

Nombre del Grado/Título a recibir: Título

Profesional de Ingeniero ambiental

Código del Programa: P09

Tipo de Financiamiento:

- Propio (X)
- UDH ()
- Fondos Concursables ()

DATOS DEL AUTOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 47015504

DATOS DEL ASESOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 22464839

Grado/Título: Ingeniero Agrónomo

Código ORCID: 0000-0003-2475-1362

DATOS DE LOS JURADOS:

N°	APELLIDOS Y NOMBRES	GRADO	DNI	Código ORCID
1	Calixto Vargas, Simeón Edmundo	Maestro en administración de la educación	22471306	0000-0002-5114-4114
2	Riveros Agüero, Elmer	Maestro en administración y gerencia en salud	28298517	0000-0003-3729-5423
3	Bonifacio Munguia, Jonathan Oscar	Maestro en medio ambiente y desarrollo sostenible, mención en gestión ambiental	46378040	0000-0002-3013-8532

H



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

Facultad de Ingeniería

E.A.P. DE INGENIERÍA AMBIENTAL

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO (A) AMBIENTAL

En la ciudad de Huánuco, siendo las 10:30 horas del día 13 del mes de marzo del año 2020, en el Auditorio de la Facultad de Ingeniería, en cumplimiento de lo señalado en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco, se reunieron el **Jurado Calificador** integrado por los docentes:

Mg. Simeón Edmundo Calixto Vargas (Presidente)

Mg. Elmer Riveros Agüero (Secretario)

Mg. Jonathan Oscar Bonifacio Munguía (Vocal)

Nombrados mediante la Resolución N° 194-2020-0-FI-UDH, para evaluar la Tesis intitulada:

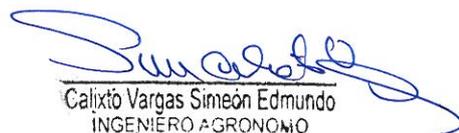
"EVALUACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE CADMIO EN EL SUELO Y FRUTOS DE UNA PLANTACIÓN DE CACAO (Theobroma cacao L.) EN AUCAYACU, DISTRITO DE JOSÉ CRESPO Y CASTILLO - HUÁNUCO 2020"

presentada por el (la) Bachiller Junior Ruben, CHAVEZ SUOARIO, para optar el Título Profesional de Ingeniero (a) Ambiental

Dicho acto de sustentación se desarrolló en dos etapas: exposición y absolución de preguntas: procediéndose luego a la evaluación por parte de los miembros del Jurado.

Habiendo absuelto las objeciones que le fueron formuladas por los miembros del Jurado y de conformidad con las respectivas disposiciones reglamentarias, procedieron a deliberar y calificar, declarándolo (a) aprobado por unanimidad con el calificativo cuantitativo de 16 y cualitativo de bueno (Art. 47)

Siendo las 11:15 horas del día 13 del mes de marzo del año 2020, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.


Calixto Vargas Simeón Edmundo
INGENIERO AGRÓNOMO
Reg. CIP N° 32739
Presidente


Secretario


Vocal

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mis queridos padres, que se sacrificaron día a día para cumplir con uno de mis objetivos profesionales, culminar mi carrera profesional.

A ellos les dedico esta tesis, porque gracias a ellos fue posible lograr la culminación de esta tesis, con mucho cariño y admiración, les dedico en manera de agradecimiento por todo el esfuerzo y dedicación que me brindaron para lograr este objetivo.

AGRADECIMIENTO

A mis padres y hermanos, que siempre estuvieron presente en todo momento de mi formación profesional, que gracias al impulso y a los consejos que me brindaron, pude culminar con una etapa de mi vida profesional.

A la Escuela Académica Profesional de Ingeniería Ambiental, de la universidad de Huánuco, Así como a los docentes que me formaron profesionalmente.

ÍNDICE

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTO	III
ÍNDICE	IV
ÍNDICE DE TABLAS	VII
ÍNDICE DE GRÁFICOS	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS	IX
RESUMEN	X
SUMMARY	XI
INTRODUCCIÓN	12
CAPÍTULO I	14
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	14
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	14
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	17
1.2.1. Problema general	17
1.2.2. Problemas Específicos	17
1.3. OBJETIVO GENERAL	17
1.4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	17
1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	18
1.6. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN	19
1.7. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN.....	19
CAPÍTULO II	21
MARCO TEÓRICO	21
2.1. ANTECEDENTES	21
2.1.1. Antecedentes internacionales	21
2.1.2. Antecedentes nacionales	23
2.1.3. Antecedentes locales	24
2.2. BASES TEÓRICAS.....	26
2.2.1. El cacao	26
2.2.2. La importancia del cacao en el Perú	31
2.2.3. Metales pesados en suelos agrícolas	33
2.2.4. El Cadmio (Cd).....	34
2.2.5. Otros factores que incrementan los metales pesados.....	37

2.2.6.	El cacao y el cadmio	38
2.2.7.	La afectación en el comercio internacional por la presencia de cadmio en el cacao	39
2.2.8.	Contenido máximo admisible de metales pesados en productos nutricionales en humanos según la unión Europa.....	40
2.2.9.	Método que se usa para la medición del cadmio (Cd)	41
2.3.	DEFINICIONES CONCEPTUALES	43
2.4.	HIPÓTESIS.....	45
2.4.1.	Hipótesis general.....	45
2.4.2.	Hipótesis específicas.....	46
2.5.	VARIABLES	46
2.5.1.	Variable dependiente	46
2.5.2.	Variable independiente.....	46
2.6.	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	47
CAPÍTULO III		48
MÉTODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN		48
3.1.	TIPO DE INVESTIGACIÓN	48
3.1.1.	Enfoque.....	48
3.1.2.	Alcance o nivel	49
3.1.3.	Diseño	49
3.2.	POBLACIÓN Y MUESTRA	50
3.2.1.	Población	50
3.2.2.	Muestra	51
3.3.	TÉCNICAS E INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS... ..	51
3.3.1.	Técnicas bibliográficas	51
3.3.2.	Monitoreo, Técnicas de campo	51
3.3.3.	Procedimiento de toma de muestras.....	52
3.3.4.	Instrumentos.....	57
3.4.	TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	57
3.4.1.	Procesamiento de información.....	57
3.4.2.	Técnicas de presentación de datos.....	57
3.4.3.	Interpretación de datos y resultados	58

3.5. ÁMBITO GEOGRÁFICO TEMPORAL Y PERIODO DE LA INVESTIGACIÓN.....	58
3.5.1. Ámbito Geográfico.....	58
3.5.2. Periodo de la investigación	59
CAPÍTULO IV.....	60
RESULTADOS.....	60
4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS	60
4.1.1. Análisis de suelo en laboratorio.....	60
4.1.2. Resultados de la concentración de cadmio (Cd) en el suelo del cultivo de cacao.....	64
4.1.3. Resultados de la concentración de cadmio (Cd) en el fruto (granos) de cacao.	65
4.2. CONTRASTACIÓN Y PRUEBA DE HIPÓTESIS.....	67
4.2.1. Para la hipótesis general.....	68
CAPÍTULO V.....	69
DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	69
5.1. CONCENTRACIÓN DE CADMIO EN EL SUELO.....	69
5.2. CONCENTRACIÓN DE CADMIO EL FRUTO (granos) DE CACAO	70
CONCLUSIONES	72
RECOMENDACIONES.....	73
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	74
ANEXOS.....	78

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Vértices UTM–WGS-84 de ubicación del lugar donde se llevará a cabo la investigación experimental.	20
Tabla 2 Grupos de Cacao y su Distribución Geográfica.	28
Tabla 3 Distribución de Cultivares de Cacao en el Perú al 2011 (Cuatro Grupos Genéticos)/ (Hectáreas).	29
Tabla 4 Estándares de calidad ambiental para suelo agrícola, parámetro cadmio (Cd).	34
Tabla 5 Contenido máximo admisible para cadmio en productos nutricionales en humanos según la unión Europa.	40
Tabla 6 Propuestas de niveles máximos para el cadmio en el chocolate y productos derivados de cacao.	40
Tabla 7 Métodos más utilizados para los análisis de cadmio disponible en el suelo.	41
Tabla 8 Operacionalización de variables.	47
Tabla 9 Vértices UTM–WGS-84 de ubicación del lugar donde se llevará a cabo la investigación experimental.	51
Tabla 10 Profundidad de muestreo según uso de suelo.	53
Tabla 11 Recipientes, temperatura de preservación y tiempo de conservación de muestras ambientales para los análisis correspondientes.	54
Tabla 12 Resultados del análisis físico – químico del suelo	61
Tabla 13 Análisis mecánico de las muestras del suelo cacaotero.	62
Tabla 14 Componentes disponibles en el suelo cacaotero.	62
Tabla 15 PH de suelo cacaotero.	63
Tabla 16 Resultados de laboratorio de las muestras de suelo del cultivo de cacao.	64
Tabla 17 Cd disponible en una Ha, de cultivo de cacao.	65
Tabla 18 Concentración de cadmio en las muestras recolectadas.	66

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 Comparación del cadmio disponible con el ECA para suelos agrícolas.	64
Gráfico 2 Comparación del cadmio disponible con el ECA para suelos agrícolas.	67

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Diseño cuasi experimental de la investigación.	50
Figura 2 Realización de hoyos para la toma de muestra de suelo.....	53
Figura 3 Recolección de muestras.....	54
Figura 4 Embolsado de las muestras.....	55

RESUMEN

Esta tesis titulada “Evaluación de la concentración de Cadmio en el suelo y frutos de una plantación de cacao (*Theobroma cacao L.*) en Aucayacu, distrito de José Crespo y Castillo - Huánuco 2020”. Fue realizado con la finalidad de evaluar la concentración de cadmio en el suelo y frutos (granos de cacao) de una plantación de cacao, de la zona de Aucayacu; buscando a la vez demostrar la presencia de este metal pesado, en uno de los productos más importantes de la región Huánuco; y del Perú.

Por lo que la presente investigación tuvo como objetivo general: Evaluar la concentración de cadmio en el suelo y frutos de una plantación de cacao (*Theobroma cacao L.*) en Aucayacu, distrito de José Crespo y Castillo - Huánuco 2020.

Para esta investigación, se realizó el muestreo en la zona establecida, donde se recolectaron 5 muestras de suelo y de frutos en (mazorcas), las cuales fueron trasladadas al laboratorio de la UNAS, para sus respectivos análisis.

Los resultados fueron; Para suelo: El suelo cacaotero, de la zona de Aucayacu presenta un pH, de 5.19, lo cual refiere que es muy ácido, en cuanto a la concentración de cadmio en el suelo fue de 0.21 ppm, estos resultados fueron comparados con el ECA, indicando que no sobrepasa el ECA; para suelos agrícolas. Si bien no sobrepasan el ECA (1.4 ppm), respectivo; demuestra la presencia de Cd en el suelo del cultivo de cacao (*Theobroma cacao L.*).

Para Fruto (granos de cacao): La concentración de cadmio disponible en los granos de cacao (*Theobroma cacao L.*), de una plantación de la zona de Aucayacu, fue de 0.638 ppm, estos resultados fueron comparados con el LMP, respectivo, indicando que sobrepasa el LMP (0.50 ppm).

Palabras claves: Cacao, Cadmio, Concentración, LMP, ECA, ppm, Suelo.

SUMMARY

This thesis entitled "Evaluation of the concentration of Cadmium in the soil and fruits of a cocoa plantation (*Theobroma cacao L.*) In the Aucayacu, district of José Crespo y Castillo - Huánuco 2020". It was carried out with the purpose of evaluating the concentration of cadmium in the soil and fruits (cocoa beans) of a cocoa plantation, in the Aucayacu area; looking at the same time to demonstrate the presence of this heavy metal, in one of the most important products of the Huánuco region; and from Peru.

The objective of this research was to evaluate the concentration of cadmium in the soil and fruits of a cocoa plantation (*Theobroma cacao L.*) in Aucayacu, district of José Crespo y Castillo - Huánuco 2020.

For this investigation, sampling was carried out in the established area, where 5 soil and fruit samples were collected in (ears), which were transferred to the UNAS laboratory, for their respective analyzes.

The results were; For soil: The cocoa soil, in the Aucayacu area has a pH of 5.19, which indicates that it is very acidic, in terms of the concentration of cadmium in the soil was 0.21 ppm, these results were compared with the ECA, indicating that it does not exceed the RCT; for agricultural soils. Although they do not exceed the ECA (1.4 ppm), respectively; demonstrates the presence of Cd in the soil of the cocoa crop (*Theobroma cacao L.*).

For Fruit (cocoa beans): The concentration of cadmium available in cocoa beans (*Theobroma cacao L.*), from a plantation in the Aucayacu area, was 0.638 ppm, these results were compared with the respective LMP, indicating that exceeds the LMP (0.50 ppm).

Keywords: Cocoa, Cadmium, Concentration, LMP, ECA, ppm, Soil.

INTRODUCCIÓN

El cacao es el producto bandera de gran importancia económica para nuestro país, El Perú ha sido designado por la Organización Internacional del Cacao (ICCO) como un país que produce y exporta cacao fino y de aroma, logrando producir el 36% de la producción mundial de este tipo. En el 2012, el cacao fue declarado como Patrimonio Nacional, reconociéndolo así como uno de los cultivos más importantes del Perú, y en octubre del 2013, fue declarado producto bandera. Tantalean, E. (2017).

El cacao orgánico representa uno de los principales cultivos de la provincia de Leoncio Prado - Huánuco. El mercado principal es el extranjero, las exportación son hacia Holanda, Francia, Suiza, Bélgica, Alemania, Italia, Japón, Estados Unidos y otros. Estos países exigen ciertas condiciones para el ingreso y comercialización de cacao en su territorio, entre ellos está la presencia de metales pesados; por lo que el mercado europeo presenta observaciones por la presencia del cadmio, en el producto de cacao.

“El cacao es un alimento rico en vitaminas, minerales y fibra. Además, cuenta con propiedades nutricionales y terapéuticas, que son aprovechadas para la elaboración de diferentes productos” MINAGRI-DGPA-DEEIA. (2016).

Por lo que existe gran preocupación a nivel mundial, por toda la cadena de productores, exportadores, importadores y consumidores; a causa de la presencia de Cadmio en las semillas del cacao y en su transmisión directa al chocolate; pues este metal pesado, tiende a acumularse en el organismo y es responsable de enfermedades por su carácter tóxico, acumulativo de alta permanencia y se moviliza a través del agua y aire. Wong, A. (2017).

El cadmio es un metal pesado, muy toxico que suelen acumularse en los organismos; y Según la Agencia para Sustancias Tóxicas y Registro de enfermedades; ATSDR (2014); al ingerir alimentos o tomar agua con niveles de cadmio muy altos genera irritación grave al estómago, a consecuencia de esto genera vómitos, diarrea y en ciertas ocasiones crónicas la muerte.

Ingestión de niveles o concentraciones bajas de cadmio, durante período prolongado de tiempo, generalmente produce acumulación de (Cd) en los riñones, y si se alcanza niveles altos por acumulación, se producirá daño al riñón. Además una exposición continua a niveles bajos de cadmio durante un período prolongado, genera fragilidad en los huesos de manera que se pueden quebrar fácilmente. ATSDR (2014).

De ahí la importancia de este trabajo de investigación, ya que repercute en el gran problema, de la presencia de cadmio en el cacao peruano.

En el capítulo I, incluye la descripción del problema, formulación del problema, objetivos de la investigación, justificación, limitaciones y viabilidad de la investigación.

En el capítulo II, se presenta el marco teórico; antecedentes internacionales, nacionales y locales, principales bases teóricas, definición conceptual y la formulación de las hipótesis, variables y su Operacionalización.

El capítulo III, presenta la metodología de la investigación, incluye el tipo, enfoque, alcance o nivel y el diseño de la investigación; la población, muestra, técnicas e instrumentos de recolección de datos, para el procesamiento y análisis de la información y el periodo de la investigación.

En el capítulo IV, se encuentran los resultados de la investigación y la contrastación de hipótesis.

En el capítulo V, se realizó la discusión de los resultados con los antecedentes planteados en la investigación.

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La presencia de cadmio (Cd) en el suelo, es perjudicial ya que el cadmio, es un metal pesado que se tiende a acumular en los granos de cacao, siendo así un peligro para la salud de los consumidores del cacao y de todos los subproductos producidos a base del cacao, por lo que la presencia de cadmio tiene efectos negativos en la salud humana... Rankin (2018).

“El cadmio tiene efectos agudos y crónicos sobre la salud y el medio ambiente, puesto que una vez liberado al medio ambiente, no se degrada en la naturaleza” (Wyszkowska *et al.*, 2013). Citado por Tantalean, E. (2017).

“Su tasa de transferencia es dependiente al tipo de suelo, planta, pH del suelo, contenido de humus, disponibilidad de la materia orgánica, tratamiento del suelo con fertilizantes, la mineralogía, y la presencia de otros elementos como el zinc” (PNUMA, 2008) citado por Rodríguez, H. (2017).

Por su lado, Lenntech BV (2019) indica los efectos del Cadmio sobre la salud: El (Cd) es transportado hacia el hígado por la sangre. El cadmio acumulado en los riñones, causa daños al mecanismo de filtración, por lo que afecta a los riñones.

Otros efectos en la salud a causa del Cd:

- Diarreas, dolor de estómago y vómitos severos.
- Fractura de huesos.
- Fallos en la reproducción y posibilidad incluso de infertilidad.

- Daño al sistema nervioso central.
- Daño al sistema inmune.
- Posible daño en el ADN o desarrollo de cáncer.
- Desordenes psicológicos.

Lenntech BV. (2019) indica los efectos ambientales del Cadmio: Los suelos ácidos incrementan la absorben de cadmio por las plantas; lo cual es un daño crítico para animales herbívoros. El Cadmio se acumula en sus cuerpos, puntualmente a aquellas que se alimentan de plantas diferentes. Las vacas tienden a acumular grandes cantidades de Cd, en sus riñones debido a su alimentación. Las lombrices altamente esenciales para el suelo, pueden morir a muy bajas concentraciones de este metal pesado porque son extremadamente sensibles al envenenamiento por (Cd). Cuando el nivel de Cd en el suelo es alta influye también en la existencia de los microorganismos del suelo, logrando así amenazar a todo el ecosistema del suelo.

Ante esta problemática la Unión Europea (UE), puso en rigor el 1 de enero del 2019, la norma que considera como contenido máximo de cadmio en diversos productos de cacao en un rango de 0.10 a 0.80 mg/kg (OMC). En el Perú, no existe consideraciones sobre el nivel de cadmio en cacao o chocolate (Villavicencio, J., 2018).

Existe gran preocupación en el comercio del cacao a nivel mundial, donde los productores, exportadores, importadores y consumidores son perjudicados, debido a la existencia de (Cd) en semillas de CACAO y en su trasmisión directa al chocolate, porque es tóxico para la salud (Villavicencio., 2018).

Se le considera al Cacao peruano como Patrimonio Natural de la Nación; fue reconocido en Londres 2015, como el mejor chocolate de leche del mundo; además fue acreedor de premios como 'Mejor producto orgánico', 'Mejor fabricante de chocolate', 'Mejor comerciante' y 'Mejor

país productor de cacao'. Siendo esto calificado por el The International Chocolate Awards. (Villavicencio., 2018).

“El Perú está clasificado en segundo lugar de los países productores y exportadores de cacao fino después de Ecuador, según el Convenio Internacional del Cacao 2010 de la ICCO”. MINAGRI-DGPA-DEEIA (2016).

Entonces el cultivo de cacao en el Perú en la actualidad es de gran importancia; existen 144 232 hectáreas de cultivos de cacao, lográndose estos números gracias a programas que promueven el cultivo de cacao en nuestra selva peruana. Asimismo, la calidad del cacao nacional ha ido evolucionando, por lo que fueron reconocidos en eventos internacionales. Sin embargo, en estos últimos años, la existencia de cadmio y plomo en el cacao y sus derivados, genera gran preocupación, en los países productores e importadores, también así generando gran preocupación en los organismos encargados de la regulación internacional como la OMS... Del Águila (2017).

El cacao (*Theobroma cacao L.*) cultivado orgánicamente es de las principales actividades socio- económicas en las regiones de Huánuco y Ucayali, Perú. El mayor mercado es el europeo (Inglaterra, Francia, Bélgica) y Estados Unidos (Huamaní., *et al.*, 2012).

Por lo que se debe de tener en cuenta, el problema existente de la existencia de metales pesados en el cacao, ya que es un cultivo de gran importancia para el Perú, “siendo además un alimento de alto consumo, por lo que genera gran preocupación ya que afectaría la salud del consumidor, causando así rechazo del producto en el mercado internacional” Tantalean (2017).

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. Problema general

¿Cuál será la concentración de cadmio, en el suelo y frutos de una plantación de cacao (*Theobroma cacao L.*) en Aucayacu, distrito de José Crespo y Castillo – Huánuco 2020?

1.2.2. Problemas Específicos

¿Cuál será la concentración de cadmio, en el suelo de una plantación de cacao (*Theobroma cacao L.*) en Aucayacu, distrito de José Crespo y Castillo – Huánuco 2020?

¿Cuál será la concentración de cadmio, en el fruto (granos) de una plantación de cacao (*Theobroma cacao L.*) en Aucayacu distrito de José Crespo y Castillo – Huánuco 2020?

1.3. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la concentración de cadmio, en el suelo y frutos de una plantación de cacao (*Theobroma cacao L.*) en Aucayacu, distrito de José Crespo y Castillo - Huánuco 2020?

1.4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Determinar si la concentración de cadmio, en el suelo de una plantación de cacao (*Theobroma cacao L.*) en Aucayacu, distrito de José Crespo y Castillo, sobrepasa el ECA, respectivo.

Determinar si la concentración de cadmio, en el fruto (granos) de una plantación de cacao (*Theobroma cacao L.*) en Aucayacu, distrito de José Crespo y Castillo, sobrepasa el LMP, respectivo.

1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

En la provincia y distrito no existen estudios específicos de la evaluación de la concentración de cadmio en cultivos de cacao, por lo que es muy importante esta investigación para determinar la concentración de este metal pesado en el cacao, ya que presenta una amenaza para la salud de las personas.

Si bien es de vital importancia determinar el contenido de cadmio presente en este alimento, ya que este metal repercute en la salud humana y en el medio ambiente, clasificándose como toxicológico y ecotoxicológico. Por este motivo, se hace necesaria la realización de estudios que aporten datos preliminares acerca de las concentraciones de cadmio, resultados que influirán directa o indirectamente en el sector productivo... Niño, I. (2015).

El consumo de productos a base de cacao se produce a nivel internacional, generando así una preocupación mundial por la presencia de cadmio (cd) en el cacao, por lo que las investigaciones de este tema serán de importancia teórica.

En tema de la biodiversidad, el cacao es de gran importancia por tal motivo debe ser estudiado y valorado en nuestro país; el Perú tiene un 60% de todas las variedades de Cacao del mundo. Somos el mayor nicho de Cacao de origen; somos de cacao de gran finura, con sabor y aroma incomparables; que debe ser cuidado y protegido. (Villavicencio, J., 2018).

“El cacao (*Theobroma cacao* L.) Cultivado orgánicamente, es una de las principales actividades socio - económicas en las regiones de Huánuco y Ucayali, Perú...” (Huamaní, H., *et al.*, 2012).

1.6. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

Los costos económicos son elevados para realizar los análisis de laboratorio respectivos.

Las limitaciones están dadas por la falta de laboratorios implementados para el análisis de metales pesados, en la ciudad de Huánuco.

El lugar donde se llevará a cabo la investigación, monitoreo y recojo de muestras para su respectivo análisis de laboratorio, se encuentra a 4 horas de distancia de la ciudad de Huánuco.

1.7. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

Se espera que con los resultados obtenidos, se pueda contribuir de forma teórica generando nuevos conocimientos de investigación, como también servir de soporte para otras investigaciones que se puedan dar sobre el tema, así como busca demostrar la realidad de nuestro producto (cacao) y su relación con el tema de, contenido del cadmio en el cacao.

- El objeto de esta investigación, es de importancia e interés de nivel local, provincial, regional, nacional. Por qué se relaciona con la problemática mundial, concerniente a la presencia de cadmio en el cacao.
- Se contó con el entusiasmo y el interés personal como investigador, para llevar acabo el trabajo de investigación.
- Disponibilidad de tiempo como tesista, para llevar acabo el trabajo de investigación.
- Se contó con el asesoramiento de un Docente de la universidad, quien estuvo presente en las diferentes acciones que se desarrolló en la investigación.

- Cuya investigación se realizó en la zona, del Distrito de José creso castillo, Provincia Leoncio prado, Departamento Huánuco, cuya posición en unidades UTM son las siguientes:

Tabla 1 Vértices UTM–WGS-84 de ubicación del lugar donde se llevará a cabo la investigación experimental.

VERTICE	ESTE	NORTE
A	380560.00	9012698.00
B	380615.00	9012753.00
C	380742.00	9012702.00
D	380663.00	9012637.00

Fuente: Elaboración propia a partir de GOOGLE EARTH PRO.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES

2.1.1. Antecedentes internacionales

Rodríguez, (2017) tesis titulada “Dinámica del cadmio en suelos con niveles altos del elemento, en zonas productoras de cacao de Nilo y Yacopí” en la universidad nacional de Colombia, para optar el título de Magister en Ciencias Agrarias, Bogotá – Colombia. Resume que: El cadmio (Cd) es un metal pesado altamente tóxico, que produce efectos nocivos en suelos, plantas, microorganismos y seres humanos. En América Latina se reportaron la presencia de (Cd) en granos de cacao, que son superiores a los niveles permitidos por la norma internacional en productos transformados. En la investigación se buscó conocer la cantidad de cadmio en sistemas productivos de cacao de Nilo y Yacopí, se caracterizaron los niveles de este en suelo, hojarasca, hoja y almendra de cacao. Se realizó un muestreo exploratorio, para establecer las propiedades químicas del suelo, con los contenidos en planta. La concentración más alta de (Cd) se encontró en Yacopí. La segunda etapa, que consistió el muestreo en fincas, donde se determinó el cadmio a 2 profundidades del suelo (0-30 y 60-100 cm). Los resultados de las 2 etapas mostraron altos niveles de cadmio en suelo y planta. En los suelos con los contenidos más altos de Cd total, este se encuentra principalmente asociado a carbonatos.

Wong, A. (2017) tesis titulada, “Determinación de Cd en suelo de cultivo para cacao CCN-51 (cacao clonado de origen ecuatoriano) mediante análisis de espectroscopia de absorción Atómica”, para optar el título profesional de Ingeniero Ambiental, en la Universidad de Guayaquil – Ecuador. Resume que: El

presente trabajo tiene por objeto determinar el nivel de Cadmio en el suelo de cultivo de cacao tipo CCN-51 (cacao clonado de origen ecuatoriano), en una pequeña parcela en la Provincia del Guayas. Donde se establecieron 5 puntos de muestreo, de los cuales se tomaron 2 muestras por punto, una a 15 cm y otra a 50 cm. Luego las muestras se analizaron en un laboratorio para determinar el nivel de cadmio presente, los resultados obtenidos se compararon con la normativa ambiental vigente, dichos resultados fueron satisfactorios, porque en las muestras, los niveles de Cd estaban por debajo de los límites permisibles, estos oscilaban de 0,2 a 0,4 partes por millón (ppm), teniendo como límite 0,5 partes por millón (ppm), por los que cumplen con la normativa ambiental vigente, establecida en el Acuerdo Ministerial 097-A, Norma de Calidad Ambiental del Recurso Suelo y Criterios de Remediación para suelos contaminados.

Niño, I. (2015) tesis titulada “Cuantificación de cadmio en cacao proveniente del occidente de Boyacá por la técnica analítica de voltamperometría”, proyecto de grado para optar al título de químico de alimentos, en la universidad pedagógica y tecnológica de Colombia”, Tunja – Colombia. Resume que: En este estudio se cuantifico el contenido de cadmio en cacao de dos especies la EET-8 (estación experimental tenesis 8) y CCN-51 (cacao clonado de origen ecuatoriano), provenientes del occidente de Boyacá. Se utilizó el método de voltamperometría para el análisis respectivo. Se comparó con el método de absorción atómica, con finalidad de verificar e identificar el método que tiene un mejor nivel de confianza. La cuantificación indica que voltamperometría con electrodo de mercurio es el método más confiable, obteniéndose concentraciones entre 1535 y 1585 ppb para EET-8 y entre 2848 y 2968 ppb para CCN-51 (cacao clonado de origen ecuatoriano), concentraciones que superaron los niveles máximos permisibles (1500 ppb para caco en polvo), establecido por la FAO/OMS en este tipo de alimentos.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Fernández, (2018) tesis titulada “Contenido de Cd en suelos cacaoteros bajo 3 sistemas de manejo del cultivo en San Alejandro Distrito de Irazola - Provincia de Padre Abad – Departamento de Ucayali”, para optar el título profesional de Ingeniero Agrónomo, en la universidad nacional de Ucayali, Pucallpa – Perú. Resume que: El objetivo de la investigación fue la determinación del nivel de cadmio presente en suelos cacaoteros, bajo 3 sistemas de manejo del cultivo. El trabajo fue realizado en conjunto con la Asociación de Cacaoteros Tecnificados de Padre Abad (ACATPA) que se encuentran ubicados, en la localidad de San Alejandro, Padre Abad, Ucayali. Se empleó el diseño de bloques completamente al azar, con tres tratamientos (que es la interacción de sistemas x profundidades), 3 sistemas de manejo de cacao, que comprenden S1= sistema convencional; S2= sistemas orgánicos; S3= sistema tradicional y tres profundidades de muestreo de suelo, que son p1=0-10cm; p2=10-20cm y p3=20- 40cm. En los 3 sistemas de manejo de cultivo de cacao evaluado, se encontró que, a menor profundidad de muestreo de suelo, existe mayor contenido de cadmio. Asimismo, los niveles de (Cd) hallados en el suelo por sistema de manejo de cultivo de cacao que fueron evaluados (S1=0,39 ppm, S2=0,52 ppm y S3=0,54 ppm) nos muestran, que superan al valor máximo permisible; esto según Cooperativa Agraria Industrial Naranjillo (2014). Los niveles de cadmio presentes estadísticamente significativos ($\alpha=0.05$), fueron hallados en los primeros 10cm del suelo, independientemente del sistema de manejo de cultivo de cacao evaluado. Se concluye que, en el suelo de los 3 sistemas de manejo de cultivo de cacao que fueron evaluados, el sistema orgánico y tradicional, fueron los que presentaron mayor contenido de cadmio total, con valores s2=0,52ppm y s3=0,54ppm respectivamente, siendo superior al valor máximo permisible mencionado por Cooperativa Agraria

Industrial Naranjillo (2014). De los datos adicionales evaluados se concluye que existe una Correlación negativa entre pH y cadmio (-0,11); porque cuando hay menos niveles de pH (ácidos) hay mayor contenido de cadmio en el suelo.

Gardini et al. (2016) en la investigación titulada “Metales pesados en suelos de plantaciones de cacao (*Theobroma cacao* L.) En tres regiones del Perú; en la Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima – Perú. El objetivo del presente estudio fue determinar los contenidos totales de metales pesados (Cd, Ni, Pb, Fe, Cu, Zn, Mn) en los suelos de plantaciones de cacao en las principales áreas de producción del Perú: Zona Norte (Tumbes, Piura, Cajamarca y Amazonas); Zona central (San Martín, Huánuco y Junín); Zona Sur (Cuzco). Los suelos en el estudio presentan adecuadas condiciones físicas y químicas para el cultivo de cacao. Los valores de metales pesados se encontraron por debajo de lo considerado como fitotóxico. En la zona norte los valores de cobre y cadmio fueron mayores. La conclusión a la que se llegó fue, que la mayor concentración de cadmio en el suelo se da en los primeros 5 a 10 cm de profundidad; El cadmio ha sido el metal menos frecuente en los suelos muestreados. Valores nulos de $0.00 \mu\text{g g}^{-1}$ se encontraron en Cajamarca (San Ignacio), San Martín (El Dorado y Tocache), Huánuco y Cuzco y el mayor valor de $0.53 \pm 0.02 \mu\text{g g}^{-1}$ se encontró en Piura (Morropón).

2.1.3. Antecedentes locales

Del Águila, (2017) en su tesis titulada “Determinación de cadmio y plomo en granos de cacao, frescos, secos y en licor de cacao (*Theobroma cacao*)”, para optar el título profesional de Ingeniero en Industrias Alimentarias, en la UNAS, Tingo María – Perú. Resume que: La investigación fue realizada para determinar el nivel de cadmio y plomo, presentes en granos frescos, secos y en licor de cacao (*Theobroma cacao*), planta muy importante en

la economía de la Amazonia peruana. Se evaluó el nivel de cadmio y plomo mediante Espectrofotometría de Absorción Atómica. Asimismo, se realizó el análisis estadístico mediante el DCA, también se empleó la prueba de Tukey ($p < 0,05$). Se concluyó que en los granos frescos de cacao provenientes de Pucallpa se observó la concentración más alta de Cd de (0,08 mg/Kg) y en los secos (0,11 mg/Kg).

Tantalean, (2017) en su tesis titulada “Distribución del contenido de cadmio en los diferentes órganos del cacao CCN-51 en suelo aluvial y residual”, para optar el título profesional de Ingeniero Agrónomo, en la UNAS, Tingo María – Perú. Resume que: La investigación tuvo por objetivo, la determinación de la concentración de (Cd) en los diferentes órganos del cultivo de cacao CCN-51 (cacao clonado de origen ecuatoriano), en un suelo residual y aluvial, ubicados en la región de Huánuco y San Martín. Se realizaron calicatas para el respectivo muestreo, se analizó el contenido de cd en suelos por sus horizontes. También se sacaron muestras de plantas de cacao, como: muestras de raíz, ramas, hojas, almendras y cascarras. Para la determinación de cadmio disponible en las muestras, se trabajó con la metodología digestión por vía seca, utilizando el ácido clorhídrico, siendo la metodología usada por el Laboratorio de Suelos de la Facultad de Agronomía (UNAS). Para la concentración del nivel de (Cd) en cada extracto, fue determinada por absorción atómica. Los resultados fueron: para el cadmio disponible en el suelo residual lo cual fue de 1.71 ppm; para el suelo aluvial el nivel más bajo que se presentó fue de 1.26 ppm, correspondiente al horizonte A; y el más alto fue de 3.68 ppm, correspondiente a la capa C1. El contenido de cd total en suelo residual de Jacintillo, para raíz fue de 1.22 ppm, ramas de 2.29 ppm, hojas de 1.44 ppm, almendras de 0.84 ppm y cáscaras presentó un 0.77 ppm y en los del suelo aluvial de Ramal de Aspuzana fue para raíz 1.14 ppm, ramas 2.97 ppm, hojas 2.84 ppm, almendras 1.08 ppm y y

cáscaras 0.75 ppm. Se concluye que los niveles más altos de contenido de cadmio disponible se presentan en suelos de Ramal de Aspuzana y respecto a los tejidos, el mayor contenido de cadmio se presentan en las ramas.

Huamaní., *et al.* (2012) en la investigación titulada “Presencia de metales pesados en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao L.*) Orgánico; en la Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María – Perú. El objetivo del trabajo fue evaluar los contenidos de cadmio y plomo en los suelos y hojas de cacao en las regiones de Huánuco y Ucayali. Se recolectaron y analizaron en laboratorio las muestras tomadas. Los resultados indican, que los valores promedio de cadmio y plomo disponibles en el suelo fueron 0.53 y 3.02 ppm y en las hojas de cacao 0.21 y 0.58 ppm respectivamente.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. El cacao

El cacao (*Theobroma cacao L.*) esta especie es originaria de los bosques tropicales de América del Sur, el centro de origen del cacao se localiza en la región comprendida entre las cuencas de los ríos Caquetá, Putumayo y Napo: tributarios del río Amazonas. Duran, F. (2010). Citado por MINAGRI-DGPA-DEEIA. (2016).

Los frutos son de tamaño y forma muy variable, generalmente de 30 cm de largo y 10 cm de diámetro. Tiene forma elíptica y son de diferentes colores al madurar (rojo, amarillo, morado y café); tienen entre 20 y 30 semillas que están cubiertas de una pulpa mucilaginosa de color blanco, cuyos cotiledones pueden ser de color blanco y/o violetas (SANDOVAL, 2009). Citado por Del Águila, E. (2017).

2.2.1.1 Clasificación Taxonómica

Condezo (2011). Citado por Del Águila, E. (2017).
Indica la siguiente clasificación taxonómica:

- Reino : Plantae
- División : Magnoliophyta
- Clase : Magnoliopsida
- Orden : Malvales
- Familia : Sterculiaceae
- Género : Theobroma
- Especie : T. cacao

2.2.1.2 Hábitat

Según Niño, (2015). Crece en topografía plana u ondulada. Exige la existencia de cubierta que los proteja de la insolación directa y de la evaporación. La precipitación adecuada debe ser de 1,300 a 2,800 mm por año, con estación seca menor a dos meses y medio. Un clima húmedo, con temperatura media diaria entre 20 y 30 °C, con una mínima de 16 °C. Para un buen desarrollo del cacao el suelo debe ser profundo (1 m como mínimo), además de ser fértiles y estar bien drenadas. Se deben evitar suelos arcillosos, arenosos, muy superficial con presencia de rocas y un nivel freático poco profundo. Suelos: negro rocoso, café-rojizo barroso, aluvial.

2.2.1.3 Variedades de cacao

Gonzales, (2016) Menciona las variedades más cultivadas de cacao:

- Criollo: Este es el más antiguo y procede de la selva norte.
- Forastero: Es la variedad más abundante representando el 90 % de la producción mundial.
- Trinitario: Original de la isla de Trinidad, cruce del criollo y el forastero.

Tabla 2 Grupos de Cacao y su Distribución Geográfica.

GRUPO DE CACAO	DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA
Criollo	América centra, Colombia y Venezuela
Amazonas o Forastero del Alto Amazonas	Perú, Ecuador Colombia, Bolivia y Brasil
Guyanas o Forastero del Bajo Amazonas	Guyanas, Venezuela, Surinam, Guyana Francesa y Brasil
Nacional	Ecuador (zona costera)
Trinitario	Cruce de Forastero Bajo Amazonas y Criollo de Venezuela (Diseminados Africa Occid.)

Fuente: Oswaldo Morales-Armando Borda. "La Alianza Cacao Perú y la cadena productiva del cacao fino de aroma". Citado por MINAGRI-DGPA-DEEIA (2016).

2.2.1.4 Distribución de grupos genéticos en el Perú

De acuerdo a la clasificación propuesta por Lachenaud, en 1997:

- Criollo
- Forastero del Alto Amazonas o Amazonas.
- Forastero del Bajo Amazonas o Guyanas.
- Nacional

Un quinto grupo genético (artificial), corresponde a los cultivares Trinitarios.

En el siguiente cuadro se presenta la distribución de grupos genéticos a nivel nacional, se distribuye de la siguiente manera un 44% de las áreas son correspondientes al cacao fino (variedades criollo y nativos), lo cual presentan 37 119 hectáreas; por lado del cacao común o corriente, muestra que es conformado por los grupos genéticos CCN-51 (hibrido), corresponde al 53,6% de los cultivos; y el grupo Trinitario y Forastero, con el 2,2% (1 855 hectáreas), ambas grupos (corrientes) suman un total de 47 300 hectáreas (56% del total) MINAGRI (2014) Citado por MINAGRI-DGPA-DEEIA (2016).

Tabla 3 Distribución de Cultivares de Cacao en el Perú al 2011 (Cuatro Grupos Genéticos)/ (Hectáreas).

TOTAL NACIONAL		CACAO FINO		CACAO COMÚN O CORRIENTE			
Producción	%	Criollo+ Nativos	%	CCN- 51	%	Trinitario + Forastero	%
84737	100%	37 119	44%	45 445	53,6%	1 855	2,2%

Fuente: Catálogo de Cultivares de Cacao del Perú/MINAGRI/DEVIDA/Junio 2014.
Citado por MINAGRI-DGPA-DEEIA (2016).

En el Perú se introdujo la variedad CCN-51 (cacao clonado de origen ecuatoriano), con el fin de obtener mayor rentabilidad económica. Cabe señalar que la región San Martín presenta mayor área de cultivos de cacao, 28 984 hectáreas (34% del total). El 90% viene a ser plantaciones de variedad CCN-51 (26,086 hectáreas) y un 8% de la variedad Criollo y Nativo (2139 hectáreas). MINAGRI-DGPA-DEEIA (2016).

2.2.1.5 Uso del cacao

Gonzales, (2016). Menciona que El cacao se lo cultiva especialmente por sus granos entre sus usos tenemos:

- Cacao en polvo: Se utiliza para elaborar chocolate y como aromatizante de distintas bebidas, galletas, pasteles, etc.
- Pulpa de cacao: Se utiliza para elaborar bebidas, como gaseosas y licores con café.
- Manteca de cacao: Muy usado en fabricaciones de medicamentos, cosméticos, jabones.
- Jugo de cacao: Para la elaboración de mermeladas y jaleas.

2.2.1.6 Beneficios del cacao como alimento

El consumo del cacao se relaciona con los primeros pueblos de hace 4 mil años, en los actuales territorios de Guatemala y Chiapas. El pueblo Mokaya (2000 a.C.) donde se hacían los primeros trastes de cerámica, para poder disfrutar alimentos y bebidas que se preparaban a base de cacao. Posteriormente, los mayas y los aztecas utilizaron el cacao con fines medicinales y alimenticios. MINAGRI-DGPA-DEEIA. (2016).

“El cacao es un alimento rico en vitaminas, minerales y fibra. Además, cuenta con propiedades nutricionales y terapéuticas, que son aprovechadas para

la elaboración de diferentes productos” MINAGRI-DGPA-DEEIA. (2016).

Estudios actuales indican que el cacao y sus derivados, presenta muchos beneficios para la salud de las personas, esto es debido a que son fuente rica en polifenoles, capaces de modular eventos oxidativos vinculados con aparición de enfermedades cardiovascular y cerebrovasculares (GIL, 2012) Citado por Del Águila, E. (2017).

2.2.2. La importancia del cacao en el Perú

El cacao es el producto bandera de gran importancia económica para nuestro país, permitiendo mejorar la calidad de vida de las familias productoras. El Perú ha sido designado por la Organización Internacional del Cacao (ICCO) como un país que produce y exporta cacao fino y de aroma, logrando producir el 36% de la producción mundial de este tipo. En el 2012, el cacao fue declarado como Patrimonio Nacional, reconociéndolo así como uno de los cultivos más importantes del Perú, y en octubre del 2013, fue declarado producto bandera (BARRUETA, 2013). Citado por Tantalean, E. (2017).

En el mes de febrero de 2012, las exportaciones alcanzo la cifra de 674 toneladas métricas de cacao en grano, como se observa actualmente el Perú, es uno de los mayores exportadores de cacao orgánico hacia: Holanda, Suiza, Bélgica, Francia, Italia, entre otros; estos mercados son muy exigentes en calidad, atributos tecnológicos y medioambientales de las almendras de cacao. Así con relación al contenido de metales pesados con los niveles máximos permisibles que son de 0,5 ppm de cadmio (Cd). (Organización Mundial de la Salud, Organización para las

Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 2014). Citado por Fernández, B. (2018).

Es así que en año 2011, la empresa chocolatera alemana GEPA, advirtió a la Cooperativa Agraria Industrial Naranjillo que solo comprarían cacao en grano con 0,3 ppm de cadmio y en casos extremos puede ser de 0,5 ppm (Cooperativa Agraria Industrial Naranjillo, 2014). Citado por Fernández, B. (2018).

Debido a que los metales pesados causan daños a la salud, estos se acumulan en órganos del cuerpo humano, provocando la aparición de enfermedades, y en muchos casos, la muerte. (Perú Ecológico, 2012).

2.2.2.1 En la provincia Leoncio prado - Huánuco

El cacao orgánico representa uno de los principales cultivos de la provincia de Leoncio Prado - Huánuco. El mercado principal es el extranjero, las exportación son hacia Holanda, Francia, Suiza, Bélgica, Alemania, Italia, Japón, Estados Unidos y otros. Estos países exigen ciertas condiciones para el ingreso y comercialización de cacao en su territorio, entre ellos está la presencia de metales pesados; por lo que el mercado europeo presenta observaciones por la presencia del cadmio, en el producto de cacao ya que estos están superando los límites máximos permisibles.

El cultivo de cacao orgánico representa para la provincia de Leoncio Prado una importante actividad socio - económica, toda vez que gracias a la exportación principalmente al mercado europeo, generando así ingresos económicos para los agricultores. Es por ello que

la presencia de cadmio en los productos exportados, pone en riesgo el mercado internacional.

2.2.3. Metales pesados en suelos agrícolas

“Los metales pesados están presentes en el suelo como componentes naturales del mismo, así también pueden estar presentes a consecuencia de las actividades antropogénicas...” Mahler, (2003). Citado por Wong A, (2017).

La acumulación de los metales pesados en los suelos destinados para la agricultura, es un riesgo crítico para la salud humana, así como también la existencia de los organismos, los efectos negativos de los metales pesados presentes en el suelo, dependen de su concentración (cantidad) además de las propiedades específicas del suelo. En tal sentido, cuando se sobrepasa la capacidad amortiguadora por una carga continua de sustancias contaminantes o bien se presentan cambios en el pH del suelo, los metales pesados suelen liberarse quedando biodisponibles en la solución del suelo, para ser absorbido por las plantas a través de las raíces (Rueda et al., 2011). Citado por Tantalean, E. (2017).

2.2.3.1 Origen de la contaminación del suelo por metales pesados

“Los metales pesados se encuentran presentes en el suelo, bien como componentes naturales o a consecuencia de las actividades antropogénicas y siendo así el momento donde se genera la contaminación ambiental” Cárdenas, A. (2012).

- **Origen natural:** Los metales pesados al meteorizarse, se concentran en los suelos y estas concentraciones naturales pueden llegar a ser tóxicas, debido a que pueden ocasionar acumulación de algún metal en plantas y ocasionar efectos tóxicos para los animales que la consumen...(Sánchez, 2003) citado por Cárdenas, A. (2012).
- **Origen antropogénico:** La concentración natural se incrementa por diversas actividades Humanas, entre ellas destacan la minería, la fundición, la producción energética, la actividad industrial, la producción y uso de plaguicidas, el tratamiento y deposito/vertido de residuos, parque automotor, etc. (Weber y Karczewska, 2004) citado por Cárdenas, A. (2012).

2.2.3.2 Estándares de calidad ambiental para suelos agrícolas

Tabla 4 Estándares de calidad ambiental para suelo agrícola, parámetro cadmio (Cd).

N°	PARÁMETROS	USO DE SUELO SUELO AGRÍCOLA
II	INORGANICOS	
1	Cadmio total (mg/kg MS)(2)	1,4

Fuente: Elaboración propia a partir de los estándares de calidad ambiental para suelo, DECRETO SUPREMO N° 002-2013-MINAM (2013).

MS: Muestra seca a 105 C°

Nota 2: Concentración de metales pesados

2.2.4. El Cadmio (Cd)

Es un elemento divalente, con un peso atómico de 48, masa atómica de 112,41, punto de fusión 320,9 °C y punto de ebullición de 767 °C. Es fácilmente soluble en ácidos minerales, con los que

forma las sales correspondientes y es insoluble en agua, aunque sus sales de cloro y sulfato sí lo son. La incorporación natural de cadmio procede, principalmente, de la actividad volcánica, lixiviación de rocas e incendios forestales. Las fuentes antropogénicas de cadmio varían desde productos de la extracción de zinc, combustión de carbón, escoria de las minas, material catódico de baterías, producción de hierro y acero, fertilizantes y pesticidas. Sanabria, R. (2002).

Cárdenas, (2012). El cadmio se pierde del suelo o resulta inaccesible como consecuencia de la lixiviación, extracción de los cultivos, reacciona con los minerales o elementos del suelo especialmente bajo condiciones de suelo calcáreos. La absorción de cadmio, por parte del cultivo depende críticamente de diferentes factores del suelo, entre los que se podría indicar:

- La acidez del suelo: Su mayor absorción se encuentra fuertemente relacionada con la acidez.
- Contenido de cadmio en el suelo: A mayor contenido de cadmio hay mayor absorción de este elemento por la planta.
- Temperatura del suelo: A mayor temperatura mayor absorción porque hay mayor velocidad de reacciones y mayor solubilidad.
- Unión de minerales del suelo: a mayor unión menor absorción de cadmio.
- Contenido de humus en el suelo: a mayor humus mayor CIC por lo que habría menor cadmio en solución, lo que permite menor absorción.

“El cadmio está presente en la naturaleza como óxidos complejos” Niño, I. (2015).

Robledo, Castaño, A. (2010) indica que el cd (cadmio) es un agente tóxico que se asocia a la contaminación ambiental..., ya que reúne 4 características de un tóxico:

- Efectos adversos para el hombre y el medio ambiente.
- Bioacumulación.
- Persistencia en el medio ambiente.
- “Viaja” grandes distancias con el viento y en los cursos de agua.

2.2.4.1 Efectos del Cadmio en el organismo de las personas

Según la Agencia para Sustancias Tóxicas y Registro de enfermedades (ATSDR) (2014). Al ingerir alimentos o tomar agua con niveles de cadmio muy altos genera irritación grave al estómago, a consecuencia de esto genera vómitos, diarrea y en ciertas ocasiones crónicas la muerte.

Ingestión de niveles o concentraciones bajas de cadmio, durante período prolongado de tiempo, generalmente produce acumulación de (Cd) en los riñones, y si se alcanza niveles altos por acumulación, se producirá daño al riñón. Además una exposición continua a niveles bajos de cadmio durante un período prolongado, genera fragilidad en los huesos de manera que se pueden quebrar fácilmente. ATSDR (2014).

2.2.4.2 Efectos ambientales del Cadmio

Los suelos ácidos incrementan la absorben de cadmio por las plantas; lo cual es un daño crítico para los

animales que se alimentan de ellas. El Cadmio se acumula en sus cuerpos. Por lo que las vacas pueden llegar a tener grandes cantidades de (Cd) en sus riñones debido a su alimentación. Las lombrices y otros animales importantes para el suelo, son muy sensibles al envenenamiento por Cadmio; Pueden morir a muy bajas concentraciones. Cuando las concentraciones de Cd en el suelo son elevadas influye en la existencia de los microorganismos del suelo, logrando así amenazar a todo el ecosistema del suelo. Lenntech BV (2019).

2.2.5. Otros factores que incrementan los metales pesados

- **pH en los suelos:** Al disminuir el pH del suelo, facilita la transferencia del cadmio al vegetal, una forma de producirse es gracias al fenómeno de la lluvia acida, ya que disminuye el nivel del pH del suelo, aumentando así la absorción y la acumulación por parte de las plantas (Cooperativa Agraria Industrial Naranjillo, 2014).

El pH es uno de los parámetros más importantes que influyen en la fertilidad del suelo. Indica si contiene niveles tóxicos de aluminio y plomo, si es bajo el contenido de elementos básicos como el calcio y el magnesio, y si se le puede regular con la adición de sustancias como el óxido de calcio. La disponibilidad de otros nutrientes esenciales para la planta depende de los valores de pH. Conociendo el valor de pH del suelo es posible diagnosticar problemas de nutrientes para un buen desarrollo de las plantas. (Cooperativa Agraria Industrial Naranjillo, 2014).

- **Plaguicidas:** La aplicación de plaguicidas es otro problema de contaminación; se ha establecido que sólo el 0.1% de la cantidad de plaguicidas que se aplica llega a la plaga,

mientras que el restante circula por el ambiente, generando contaminación del suelo, agua y la biota; por lo tanto, por lo que es necesario caracterizar la toxicidad de los plaguicidas, para evaluar el riesgo potencial que está asociado a su uso (Carvalho *et al.*, 1998). Citado por Cárdenas, A. (2012).

- **Fertilizantes:** La utilización de fertilizantes, principalmente sintéticos, representa un potencial de riesgo de contaminación de metales pesados. Cuenta (2012). Citado por Cárdenas, A. (2012).
- **Composición granulométrica o clase textura de los suelos:** La composición granulométrica de los suelos tiene una gran importancia en la retención de los metales debido, fundamentalmente a la capacidad de adsorción de las arcillas. Esto hace que una mayor o menor concentración de arcilla condicione, en gran medida, el contenido de metales en los suelos pudiendo incluso relacionarse los contenidos medios de metales pesados agrupándolos en función de las texturas de los suelos analizados (Bak *et al.*, 1997 y Assadian *et al.*, 1998). Citado por Cárdenas, A. (2012).
- **Absorción y translocación de metales pesados en las plantas:** “Las plantas tienden a absorber, traslocar y acumular nutrientes, es por ello que los metales y metaloides no esenciales para los vegetales son absorbidos, traslocados y acumulados en la planta...” (LASAT, 2000) citado por Cárdenas, A. (2012).

2.2.6. El cacao y el cadmio

Existe gran preocupación a nivel mundial, por toda la cadena de productores, exportadores, importadores y consumidores; a causa de la presencia de Cadmio en las semillas del cacao y en

su transmisión directa al chocolate; pues este metal pesado, tiende a acumularse en el organismo y es responsable de enfermedades por su carácter tóxico, acumulativo de alta permanencia y se moviliza a través del agua y aire. Wong, A. (2017).

Por tal razón, los países importadores requieren mayor calidad del grano de cacao por lo cual estamos frente a contaminantes naturales y fuentes de numerosa procedencia escapan de las manos de los pequeños productores generando así problemas para la salud del consumidor. Gonzales, c. (2016).

2.2.7. La afectación en el comercio internacional por la presencia de cadmio en el cacao

Francisco Mite, M. C. y W. (2010). Citado por Gonzales, c. (2016). Las exportaciones del cacao Ecuatoriano hacia grandes mercados Europeos se ven comprometidas por la contaminación de metales pesados los cuales afectan de una manera otra los cultivos, los metales presentes en forma natural en los suelos son absorbidos ligeramente por la planta de cacao, los mismos que tienden a concentrarlas en sus semillas, tenemos que el cadmio, plomo son tóxicos y carcinogénicos, estos han aumentado debido a actividades realizadas por el hombre donde tenemos la mineralización, quema de basuras, agroquímicos, contaminación de derivados del petróleo, otra manera de contaminación hacia el grano de cacao es la manera de secado del producto cuando se expone los granos en las calles con pavimentos, gases emanados por vehículos.

Las exportaciones del cacao de Ecuador, hacia el mercado Europeo especialmente, se ven amenazadas por diferentes indicios de contaminación por metales pesados, uno de estos es el cadmio (Cd) presente en las semillas de cacao. Dicho producto debe cumplir con los parámetros establecidos por las Normativas

Alimentarias de la Comunidad Europea para someterse al proceso de exportación. Wong A, (2017).

2.2.8. Contenido máximo admisible de metales pesados en productos nutricionales en humanos según la unión Europa

En las siguientes tablas se muestran el contenido máximo admisible de cadmio en algunos productos de cacao y productos derivados del cacao.

Tabla 5 Contenido máximo admisible para cadmio en productos nutricionales en humanos según la unión Europa.

METAL PESADO	UE PRODUCTOS ALIMENTICIOS PPM	UE ALMENDRAS DE CACAO PPM	CODEX ALIMENTARIUS ALMENDRAS DE CACAO PPM
Cadmio (Cd)	1,0	0,50	---

Fuente: Elaboración propia a partir de Dand (1999) citado por Del Águila, E. (2017).

Tabla 6 Propuestas de niveles máximos para el cadmio en el chocolate y productos derivados de cacao.

PRODUCTOS	NIVEL MÁXIMO DE CADMIO mg/Kg
Chocolate con leche, materia seca total de cacao <30%.	0,10 a partir del 1 de enero de 2019
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 a partir del 1 de enero de 2019
Chocolate con un contenido de materia seca total de cacao ≥ 50 %	0,80 a partir del 1 de enero de 2019
Cacao en polvo vendido al consumidor final o como ingrediente en cacao en polvo edulcorado vendido al consumidor final (chocolate para beber)	0,60 a partir del 1 de enero de 2019

Fuente: Unión Europea (2014).

2.2.9. Método que se usa para la medición del cadmio (Cd)

- **Determinación del cadmio disponible en el suelo:** El procedimiento de análisis consta de una serie de etapas que son desarrollados continuamente hasta alcanzar el objetivo. Estas etapas van desde el muestreo hasta la presentación de los resultados. El contenido total de cadmio en el suelo da idea del nivel de contaminación... (GONZÁLES, 2010) citado por Tantalean, E. (2017).

Tabla 7 Métodos más utilizados para los análisis de cadmio disponible en el suelo.

GRUPO	REACTIVO EXTRACTANTE
Agente complejante	EDTA 0.01 – 0.05M a diferentes pH DTPA 0.005M + TEA 0.1M CaCl ₂ 0.01M
Disoluciones tampón	NH ₄ AcO/HAcO 1M tamponado a pH=7 NH ₄ AcO/HAcO 1M tamponado a pH=4.8 CaCl ₂ 0.1M
Disoluciones salinas no tamponadas	CaCl ₂ 0.005M CaCl ₂ 0.01M NaNO ₃ 0.1M NH ₄ NO ₃ 1M

Fuente: GONZÁLES (2010) citado por Tantalean, E. (2017).

2.2.9.1 Metodología de análisis de cadmio disponible en el suelo

De acuerdo al Laboratorio de Análisis de Suelos de la Facultad de Agronomía de la UNAS se procede a trabajar con la siguiente metodología:

Extractante EDTA 0.05M pH7. Según Weterman (1990). Citado por Cárdenas, A. (2012).

- Pesar 5 g de suelo y adicionar a un vaso.
- Luego agregar 20ml de solución Extractante (EDTA 0.05M; Ph7).
- Agitar constantemente por 15 minutos.
- Filtrar con papel filtro N° 40.
- Leer en el EAA (lámpara de Cd 228.8 nm; celda 0.5 nm; patrones de Cadmio: 1 ppm, 2ppm y 3 ppm).

2.2.9.2 Metodología de análisis de cadmio disponible en almendras de cacao

- **Espectrofotómetro de absorción atómica:** Según Tantalean (2017) de acuerdo al Laboratorio de Análisis de Suelo de la Facultad de Agronomía de las unas se procedió a trabajar con la metodología por vía seca:
 - Pesar 2 g de muestra molida y colocarla en un crisol identificado previamente.
 - Colocar los crisoles en la estufa a 105 °C por 24 horas.
 - Sacar las muestras de la estufa y realizar el pesado.
 - Colocar los crisoles en la mufla, a 450 °C por 8 horas.
 - Apagar y dejar que enfríe antes de remover los crisoles.

- Humedecer las muestras calcinadas con agua destilada.
- Agregar lentamente 2 ml de HCl concentrado.
- Colocar los crisoles en plancha eléctrica, calentar lentamente hasta que el HCl se seque.
- Agregar 2 ml de agua destilada y 2 ml de HCl concentrado.
- Calentar lentamente hasta que el líquido agregado seque.
- Agregar 2 ml de HCl concentrado y calentar lentamente a fin de permitir la disolución.
- Transferir el contenido del crisol ayudándose con agua caliente y filtrar a una fiola de 100 ml.
- Lectura en el EAA.

Luego de la toma de muestras de suelo y frutos de la plantación de cacao, estos serán etiquetados y enviados al laboratorio de la UNAS para sus respectivos análisis.

2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES

- **Suelo agrícola:** Suelo dedicado a la producción de cultivos, forrajes y pastos cultivados. Es también aquel suelo con aptitud para el crecimiento de cultivos y el desarrollo de la ganadería. Esto incluye tierras clasificadas como agrícolas, que mantienen un hábitat para especies permanentes y transitorias, además de flora y fauna nativa, como es el caso de las áreas naturales protegidas. MINAM. (2012).

- **Parámetro:** Cualquier elemento o sustancia química del suelo, que define su calidad y que se encuentra regulado por el presente Decreto Supremo MINAM (2012).
- **Contaminante:** Cualquier sustancia química que no pertenece a la naturaleza del suelo o cuya concentración excede la del nivel de fondo susceptible de causar efectos nocivos para la salud de las personas o el ambiente. MINAM (2012).
- **Monitoreo:** Evaluación sistemática de la calidad ambiental del suelo. Para fines de remediación permite determinar la extensión de la contaminación del suelo y verificar la efectividad de la remediación. MINAM (2012).
- **Bioacumulación:** “Es un aumento, del nivel de concentración de un producto químico, en un organismo vivo en un cierto plazo de tiempo, comparada a la concentración de dicho producto químico en el ambiente” (Angelova et al., 2004) Citado en Wong, A, (2017).
- **Cacao CCN 51:** El CCN-51 (cacao clonado de origen ecuatoriano) en junio de 2005 fue declarado como una variedad con alta productividad. En 1965 el agrónomo ambateño Homero Castro Zurita, logró con el denominado cacao clonado CCN-51 que significa Colección Castro Naranjal” ANEOCACAO (asociación nacional de exportadores de cacao e industrializados del Ecuador - 2015).
- **El Estándar de Calidad Ambiental (ECA):** Es un instrumento de gestión ambiental, que se establece para medir el estado de la calidad ambiental en el territorio nacional. El ECA establece los niveles de concentración de elementos o sustancias presentes en

el ambiente que no representan riesgos para la salud y el ambiente. MINAM (2012).

- **Límite Máximo Permisible (LMP):** Es la Medida de concentración de elementos, sustancias, que caracterizan a un efluente o emisión, que al ser excedida causa daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente. Su cumplimiento es exigible legalmente por el ministerio del ambiente y los organismos que conforman el sistema de gestión ambiental. MINAM (2010)
- **Partes por millón (ppm):** Es una unidad de medida con la que se mide la medida concentración. Determina un rango de tolerancia. Se refiere a la cantidad de unidades de una determinada sustancia (agente, etc.) que hay por cada millón de unidades del conjunto (Wikipedia, la enciclopedia libre, 2019).
- **PH (potencial de hidrógeno):** El pH es una medida de acidez o alcalinidad de una disolución...El pH indica la concentración de iones de hidrógeno presentes en determinadas disoluciones. (López. *et al*, 2013)
- **Conductividad eléctrica (CE):** La conductividad eléctrica (símbolo σ) es la medida de la capacidad de un material o sustancia para dejar pasar la corriente eléctrica a través de él. Wikipedia, la enciclopedia libre (2019).

2.4. HIPÓTESIS

2.4.1. Hipótesis general

Ha: La concentración de Cadmio, es manifiesto en el suelo y frutos de una plantación de cacao (*Theobroma cacao L.*) en Aucayacu, distrito de José y Crespo Castillo.

Ho: La concentración de Cadmio, no es manifiesto en el suelo y frutos de una plantación de cacao (*Theobroma cacao L.*) en Aucayacu, distrito de José y Crespo Castillo.

2.4.2. Hipótesis específicas

Ha1: La concentración de Cadmio en el suelo de una plantación de cacao (*Theobroma cacao L.*) en Aucayacu, distrito de José Crespo y Castillo, sobrepasan el ECA, respectivo.

Ho1: La concentración de Cadmio en el suelo de una plantación de cacao (*Theobroma cacao L.*) en Aucayacu, distrito de José Crespo y Castillo, no sobrepasa el ECA, respectivo.

Ha2: La concentración de Cadmio en frutos de una plantación de cacao (*Theobroma cacao L.*) en Aucayacu, distrito de José Crespo y Castillo, sobrepasa el LMP, respectivo.

Ho2: La concentración de Cadmio en frutos de una plantación de cacao (*Theobroma cacao L.*) en Aucayacu, José Crespo y Castillo, no sobrepasan el LMP, respectivo.

2.5. VARIABLES

2.5.1. Variable dependiente

Concentración de cadmio

2.5.2. Variable independiente

Suelo y frutos de una plantación de cacao

2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 8 Operacionalización de variables.

VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD	INSTRUMENTOS
Variable dependiente:		pH	Medida (grado) de acidez	PH - metro
Concentración de cadmio	Parámetros físico químico	Cadmio (Cd) totales	Mg/Kg Ppm	Espectrofotómetro de absorción atómica
		Peso (muestra de suelo y Fruto)	Kg(g)	Balanza
		Cadmio (Cd) totales	Mg/Kg	Extractante EDTA 0.05M pH 7
Variable independiente:		Tamaño(fruto de cacao)	Metros (cm)	Metro
Suelo y frutos de una Plantación de Cacao	Parámetros físico químico	Peso (fruto de cacao)	Kg(g)	Balanza
	Parámetros físico químico	pH	Medida (grado) de acidez	PH - metro
		Cadmio (Cd) totales	Ppm	Espectrofotómetro de absorción atómica

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO III

MÉTODOLÓGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

El presente proyecto de investigación, es del tipo de investigación Descriptivo, ya que describirá y se interpretaran los resultados de laboratorio de los parámetros físicos químicos. De las muestras que serán recolectadas (de una plantación de cacao). La secuencia metodológica es la siguiente: Plan de muestreo, toma de muestras, preparación de las muestras, análisis de laboratorio e interpretación de los resultados. Descriptiva porque se pretende decir la realidad (línea base) del objeto de estudio.

El estudio descriptivo, únicamente pretende medir o recoger información de manera independiente o conjunta sobre los conceptos o las variables a las que se refieren, esto es su objetivo (Hernández., 2010).

3.1.1. Enfoque

El presente proyecto de investigación tiene un enfoque mixto ya que consiste en la integración sistemática de los métodos cuantitativos y cualitativos en un solo estudio... (Hernández., *et al.*, 2014) por qué se recolecto datos para validar la hipótesis planteada con base a medición numérica y el análisis estadístico, en base a los objetivos planteados del trabajo de investigación.

Correlacional porque el trabajo de investigación tuvo como propósito, evaluar las Hipótesis y la relación que existe entre las dos variables, la relación de la variable independiente con la dependiente. (Hernández., 2010).

3.1.2. Alcance o nivel

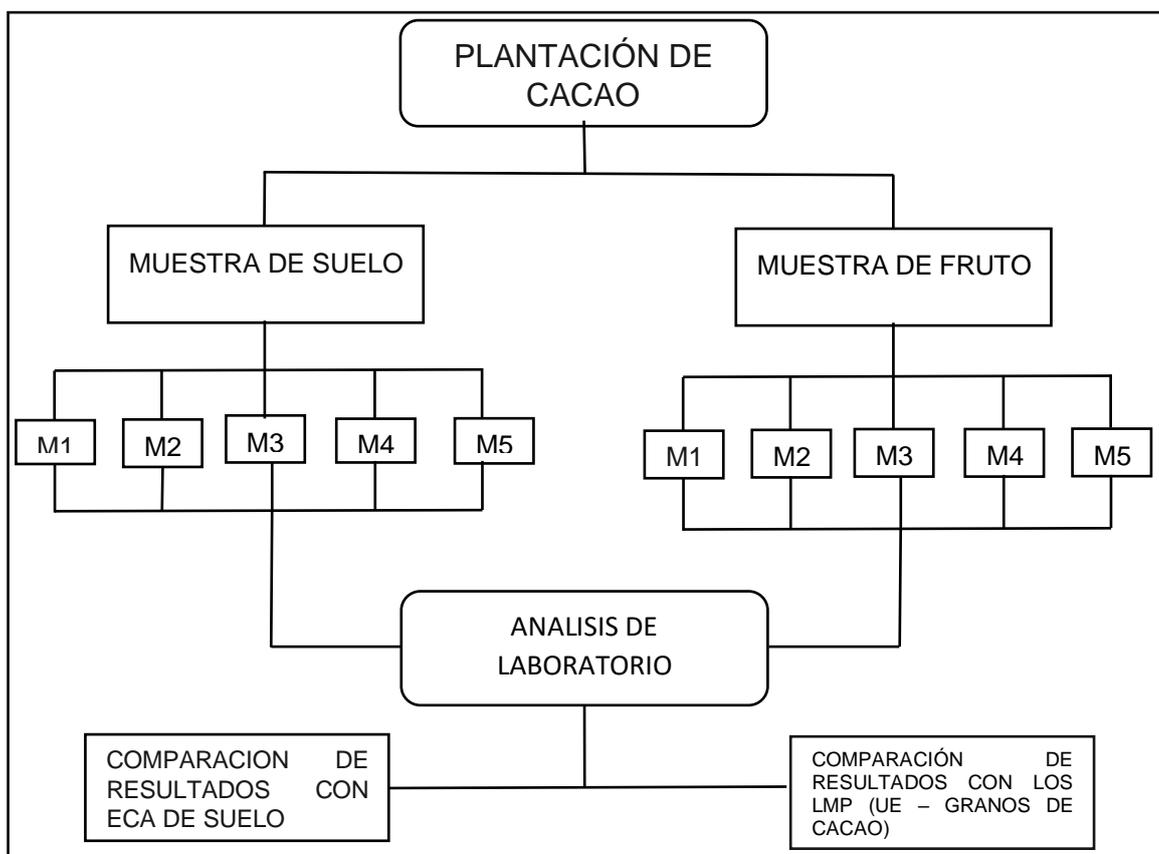
El nivel de investigación es aplicativo, porque se utilizó técnicas y datos establecidos... (Hernández., *et al.*, 2010). La técnica de muestreo (para suelo contaminados/ suelo agrícola) fue la que se usó para la recolección de las muestra, estas fueron enviadas al laboratorio de la UNAS, para su respectivo análisis e interpretación.

3.1.3. Diseño

- **Prospectivo:** Porque se utilizó datos primarios; el investigador recolecto sus propios datos.
- **Transversal:** Se realizó una sola medición de la información (muestreo), sin pretensión de observar su evolución o cambio con el paso del tiempo.
- **Analítico:** Porque el estudio considera la presencia de más de una variable.
- **Sin Intervención:** Ya que el estudio de investigación no considero la modificación de las variables, trata de observación sin intervención.

El proyecto de investigación es de Diseño cuasi – Experimental. Los diseños cuasi – Experimentales tienen el mismo propósito que los estudios experimentales: probar la existencia de una relación causal entre dos o más variables.

Presenta el siguiente Esquema:



Fuente: Elaboración propia

Figura 1 Diseño cuasi experimental de la investigación.

- M: Muestra

Propuesto con base en el RM 085-2014-MINAM

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1. Población

La población que se tomó corresponde a una plantación de cacao (*Theobroma cacao L.*), de 1/2 Ha aproximadamente, seleccionado como muestra el grano de cacao y el suelo, proveniente del distrito de José Crespo Castillo, Aucayacu. Estas muestras fueron analizadas en laboratorio, con la finalidad de determinar la concentración de Cd en las respectivas muestras.

Tabla 9 Vértices UTM–WGS-84 de ubicación del lugar donde se llevará a cabo la investigación experimental.

VERTICE	ESTE	NORTE
A	380560.00	9012698.00
B	380615.00	9012753.00
C	380742.00	9012702.00
D	380663.00	9012637.00

Fuente: Elaboración propia a partir de GOOGLE EARTH PRO.

3.2.2. Muestra

Las muestras que se seleccionarán serán las que se recolectarán en campo los que consiste en 5 muestras de suelo y 5 muestras de frutos (granos), todos pertenecientes a la plantación de cacao (*Theobroma cacao L.*) del distrito de José cresco castillo, Aucayacu.

La muestra elegida es del tipo no probabilístico, ya que la elección de esta se realizó de acuerdo a las características y necesidades de la investigación. Para elegir la muestra, no se utilizó fórmulas de probabilidad, sino que se basa estrictamente en la decisión del investigador. Bernardo, J. (2019).

3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.3.1. Técnicas bibliográficas

- **Fichaje y análisis de contenido:** Se investigó previamente revisando estudios anteriores (antecedentes), con la finalidad de recolectar datos preliminares, que nos ayudaron en el desarrollo y elaboración de esta tesis.

3.3.2. Monitoreo, Técnicas de campo

Planificación del monitoreo para la toma de muestras

La planificación del monitoreo para determinar el cadmio en el suelo y fruto (granos) de una plantación de cacao, ubicado en

el distrito de José Crespo y Castillo, Aucayacu. Incluye los diferentes aspectos que se realizaron los cuales son:

- **Ubicación de la zona de estudio del proyecto de investigación:** La ubicación se realizará previa entrevista en busca del permiso correspondiente, así como su disponibilidad del propietario (agricultor), para el desarrollo del trabajo de investigación en su área de cultivo.
- **Establecimiento de los Puntos de muestreo:** Para el establecimiento de puntos de muestreo, se realizó de acuerdo a las características y necesidades de la investigación, así como también se realizó una visita previa de la zona de estudio, a fin de conocer la accesibilidad al lugar y lo mencionado anteriormente.
- **Materiales y equipos para el muestreo:** Para la toma de muestras, fueron necesarios los siguientes materiales, equipos entre otros.
 - Equipos y materiales: GPS, cámara fotográfica, bolsas de polietileno, bolsa de feria y otros.
 - Indumentaria de protección: Guantes descartables, botas de jebe y otros.
 - Otros: Plumones indelebles, lápices, cinta adhesiva, cinta métrica, pala, balanza manual y formatos (fichas de registro de campo, cadena de custodia y etiquetas).

3.3.3. Procedimiento de toma de muestras

Para el análisis de la toma de muestras se realizó de acuerdo a las necesidades u objetivo de estos.

- **Para la toma de muestra del suelo:** Se realiza hoyos de acuerdo al D.S. N° 002-2013-MINAM (2013).

Tabla 10 Profundidad de muestreo según uso de suelo.

USO DEL SUELO	PROFUNDIDAD DEL MUESTREO (CAPAS)
Suelo agrícola	0 – 30 cm (1)
	30 – 60 cm

Fuente: Elaboración propia a partir de , D.S. N° 002-2013-MINAM (2013).

- (1) : profundidad de aradura

En lo cual para este estudio se tomaron 5 muestras de 1 kg aproximadamente, de hoyos de 0 – 30 cm de profundidad, considerando de preferencia que los hoyos se hicieron bajo la proyección de la copa del árbol de cacao.



Fuente: Elaboración propia, a partir del trabajo de campo.

Figura 2 Realización de hoyos para la toma de muestra de suelo.

Las muestras fueron recolectadas en bolsas de polietileno, tal como se indica en la tabla 11, luego estos fueron debidamente rotulados.

Tabla 11 *Recipientes, temperatura de preservación y tiempo de conservación de muestras ambientales para los análisis correspondientes.*

PARÁMETRO	TIPO DE RECIPIENTE	TEMPERATURA DE PRESERVACIÓN	TIEMPO MÁXIMO DE CONSERVACIÓN
Metales Pesados y Metaloides	Bolsas de polietileno denso	Sin Restricciones.	Sin Restricciones.

Fuente: Elaboración propia apartir de , D.S. N° 002-2013-MINAM (2013).



Fuente: Elaboración propia a partir del trabajo de campo.

Figura 3 Recolección de muestras.

Finalizada la toma de muestra de suelo, se etiqueto y se acondiciono en una bolsa de feria ya que tiene que estar aislada, hasta la entrega al laboratorio de suelos de la UNAS.



Fuente: Elaboración propia a partir del trabajo de campo.

Figura 4 Embolsado de las muestras.

- **Para la toma de muestra de los frutos:** Se tomó muestras del mismo lugar donde se realizó el muestreo de suelo, fueron 5 muestras tomadas las cuales fueron de acuerdo a las necesidades y características de la investigación.

La toma de frutos de cacao fueron recolectados en mazorcas del cultivo, de la zona del distrito de José Crespo castillo, Aucayacu, en este caso fueron almacenados en una bolsa de feria, esto fue para asegurar la integridad de las muestras durante el transporte de las mazorcas al laboratorio de la UNAS; donde se extraerán las almendras para su respectivo análisis.

El peso del fruto de cacao en mazorca fue de 500 g aproximadamente en promedio, los granos de cacao tienen un tamaño de 2 - 3 cm, con peso de granos fresco aproximado de 3 g.

Considerar que las muestras recolectada se guardara en una bolsa de polietileno con cierre hermética (para suelos) con su etiqueta correspondiente.

- **Rotulado y Etiquetado:** Para el rotulado y etiquetado de las muestras, se empleó etiquetas autoadhesivas, donde se detalló lo siguiente:
 - Nombre del Solicitante.
 - Código del punto de muestreo.
 - Descripción de la Ubicación del Punto de Muestreo (Localidad, distrito, Provincia Departamento).
 - N° de punto de muestreo.
 - N° de Muestra.
 - Fecha y Hora del muestreo.
 - Fecha y Hora de llegada al Laboratorio.
 - Nombre del responsable de la toma de muestras.
- **Almacenamiento y Transporte de Muestras:** Para el almacenamiento y transporte de las muestras se consideró lo siguiente:
 - Las muestras estuvieron almacenarse dentro de una bolsa de feria, como se señaló anteriormente, aisladas de la luz solar.
 - Las bolsas de polietileno (que contenía las muestras de suelo) estuvieron selladas con la debida precaución para evitar roturas y derrames durante el transporte.
 - Las muestras fueron transportadas inmediatamente al laboratorio, después de la obtención de estas, para evitar cualquier inconveniente.

El paso final de nuestro monitoreo y toma de muestras de suelo y de frutos de un cultivo de cacao, incluyen los análisis de las muestras en el Laboratorio, el procesamiento y la revisión de datos del análisis, donde todas las muestras serán llevadas al laboratorio de la UNAS, para los análisis correspondiente.

3.3.4. Instrumentos

Los instrumentos necesarios para la recopilación y el procesamiento de datos, fueron los siguientes:

- Registro de campo
- Etiquetas para muestreo
- Ficha de muestreo de suelo
- ECA y LMP
- Programa estadístico
- Otros

3.4. TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

3.4.1. Procesamiento de información

La información numérica obtenida se procesó estadísticamente, con la ayuda del programa Excel.

Para la contrastación de hipótesis de esta investigación, se presentó de manera descriptiva.

3.4.2. Técnicas de presentación de datos

Los datos del siguiente trabajo de investigación serán procesados y presentados de forma cuantitativa.

Datos cuantitativos que se presentan en gráficos estadísticos de análisis debidamente tabuladas, para presentar los datos obtenidos en el trabajo de investigación, se realizó con la ayuda del programa Excel.

También se presentarán un breve resumen de análisis e interpretación, en forma descriptiva de los cuadros estadísticos que se presentan y otros párrafos descriptivos que fueron plasmados.

3.4.3. Interpretación de datos y resultados

- **Análisis de resultados:** Permitió el análisis de los resultados que nos fueron brindados por el laboratorio de la UNAS, estos resultados del análisis de las muestras en laboratorio sobre la concentración de cadmio en ellas, fueron evaluadas comparándose con las normativas vigentes del ECA de (suelo) y Niveles máximos permisibles (para granos de cacao).

Con los resultados se elaboraron los gráficos estadísticos en formato Excel; con sus respectivas descripciones, los cuales fueron sometidos a una discusión de resultados, con los antecedentes plasmados en esta investigación.

3.5. ÁMBITO GEOGRÁFICO TEMPORAL Y PERIODO DE LA INVESTIGACIÓN

3.5.1. Ámbito Geográfico

La investigación se llevará a cabo en la zona de Aucayacu, a 8 minutos del centro de la ciudad, se encuentra dentro del distrito de José Crespo y Castillo, de octubre del 2019 a febrero de 2020.

Ubicación política

- Región : Huánuco
- Provincia : Leoncio Prado
- Distrito : José Crespo y Castillo
- Lugar : Aucayacu

Coordenadas UTM - WGS - 84

- Este : 380666.00
- Norte : 9012709.00
- Altitud : 564 msnm

3.5.2. Periodo de la investigación

Periodo de trabajos de campo

El periodo de campo para el recojo de información inicial, primaria y secundaria ha tenido una duración de 30 días.

Periodo de trabajos de gabinete

Se considera como periodo de gabinete, a los trabajos que se tienen que realizar en el procesamiento de los datos obtenidos en campo; y la redacción del informe final de la investigación, esta tendrá un aproximado de 30 días.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

En este capítulo se muestran los resultados del análisis en laboratorio de la concentración de cadmio de las muestras obtenidas, del suelo y frutos de una plantación de cacao (*Theobroma cacao L.*) ubicado en zona, Aucayacu distrito de José Crespo y Castillo. Estos resultados de análisis procesadas, nos fueron facilitadas por el laboratorio de la UNAS.

Los resultados se presentan en promedios plasmadas en tablas, así como sus respectivos gráficos e interpretaciones. En función a los objetivos de la investigación.

4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS

4.1.1. Análisis de suelo en laboratorio

Los resultados que se presentaran a continuación fueron brindados por el laboratorio de la UNAS, de acuerdo a nuestros objetivos de la investigación, por lo cual se realizó el análisis físico químico, de las muestras obtenidas de suelo de una plantación de cacao, de la zona de Aucayacu, distrito de José Crespo y Castillo.

Tabla 12 Resultados del análisis físico – químico del suelo

ANÁLISIS DE SUELO; PROCEDENCIA: AUCAYACU - JOSE CRESPO Y CASTILLO - LEONCIO PRADO -HUANUCO																						
N°	DATOS			Análisis Mecánico				pH	M.O.	N	P	K	Cd	CAMBIABLES C mol(+)/kg							CICe	% Sat Al
				Arena	Arcilla	Limo	Textura							CIC	Ca	Mg	k	Na	Al	H		
	Cód.	CULTIVO	REF	%	%	%		01:01	%	%	ppm	ppm	ppm									
1	S0398	Cacao	SM1	41	18	41	Franco	5.19	1.73	0.09	6.24	99.71	0.20	---	2.63	0.84	---	---	0.80	0.10	4.36	18.33
2	S0399	Cacao	SM2	41	18	41	Franco	5.18	1.73	0.09	6.23	99.69	0.21	---	2.61	0.83	---	---	0.80	0.10	4.36	18.33
3	Promedio	Cacao	---	41	18	41	Franco	5.19	1.73	0.09	6.24	99.70	0.21	---	2.62	0.84	---	---	0.80	0.10	4.36	18.33

Fuente: Elaboración propia, a partir de los resultados de laboratorio.

La tabla 12; muestra los resultados del análisis físico – químico del suelo, de un cultivo de cacao (*Theobroma cacao L.*), clon CCN51, de la zona, del distrito de Aucayacu, José Crespo y Castillo.

Tabla 13 Análisis mecánico de las muestras del suelo cacaotero.

ANÁLISIS MECÁNICO				
Suelo	Arena	Arcilla	Limo	Textura
cacaotero	%	%	%	Franco
	41	18	41	

Fuente: Elaboración propia, a partir de los resultados de laboratorio.

La tabla 13, muestra que la textura de suelo es franco, las propiedades de este tipo de suelo son: para permeabilidad media, para retención de agua media, aireación buena, nutrientes medio – alto, tamaño de partículas finas; indicándonos que es un suelo óptimo para la agricultura; los cuales son aptos para el cultivo de cacao.

Tabla 14 Componentes disponibles en el suelo cacaotero.

SUELO CACAOTERO													
M.O.	N	p	k	CAMBIABLES C mol(+)/kg							CICe	% Sat AI	
%	%	ppm	ppm	CIC	Ca	Mg	K	Na	Al	H			
1.73	0.09	6.24	99.71	---	2.63	0.84	---	---	0.80	0.10	4.36	18.33	
1.73	0.09	6.23	99.69	---	2.61	0.83	---	---	0.80	0.10	4.36	18.33	
1.73	0.09	6.24	99.70	---	2.62	0.84	---	---	0.80	0.10	4.36	18.33	

Fuente: Elaboración propia, a partir de los resultados de laboratorio.

El valor óptimo del contenido de materia orgánica para el cultivo de cacao es >2% (Cárdenas, 2012); observamos que el suelo muestreado de la zona de Aucayacu, presentan un promedio de 1.73%, indicándonos que tiene un valor medio.

El % de Nitrógeno (N) es 0.09, la cual indica un nivel de disponibilidad pobre; para Fosforo (P) en ppm 6.24, la cual indica que es un suelo con un nivel de disponibilidad muy bajo; Potasio (K) en ppm 99.71, la cual indica un nivel medio de disponibilidad; de acuerdo a la FAO (2013).

La capacidad de intercambio catiónico recomendado por CÁRDENAS (2012); es mayor de 7 Cmol (+)/kg; en la tabla nos indica el valor de 4.36 Cmol (+)/kg; valor muy inferiores a lo recomendado.

Asimismo, los valores de acidez cambiante son bajos lo cual se correlaciona con un porcentaje de saturación de aluminio bajo de 18.33 %; lo cual no se acerca al nivel de recomendado de 30% (CÁRDENAS, 2012).

PH del suelo

Tabla 15 PH de suelo cacaotero.

SUB MUESTRAS	pH	TIPO SUELO	OBSERVACIONES
SM1	5.19		Suelos con pH, menores a 5.5, son: Fuerte a Extremadamente ácido posible toxicidad de Aluminio (Al) y del Manganese (Mn).
SM2	5.18	Muy acido	Posibles deficiencias de fósforo (P), Calcio (Ca), Magnesio (Mg) y Molibdeno (Mo). Es necesario encalar para la mayoría de los cultivos.
Promedio	5.19		

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 15, muestra el promedio del pH índico 5.19, por lo que es menor a 5,5; indicando que es muy acido. Los metales pesados suelen liberarse quedando biodisponibles en la solución del suelo, para ser absorbido por las plantas a través de las raíces.

“Al disminuir el pH del suelo, facilita la transferencia del cadmio al vegetal; aumentando así la absorción y la acumulación por parte de las plantas (Cooperativa Agraria Industrial Naranjillo, 2014)”

4.1.2. Resultados de la concentración de cadmio (Cd) en el suelo del cultivo de cacao.

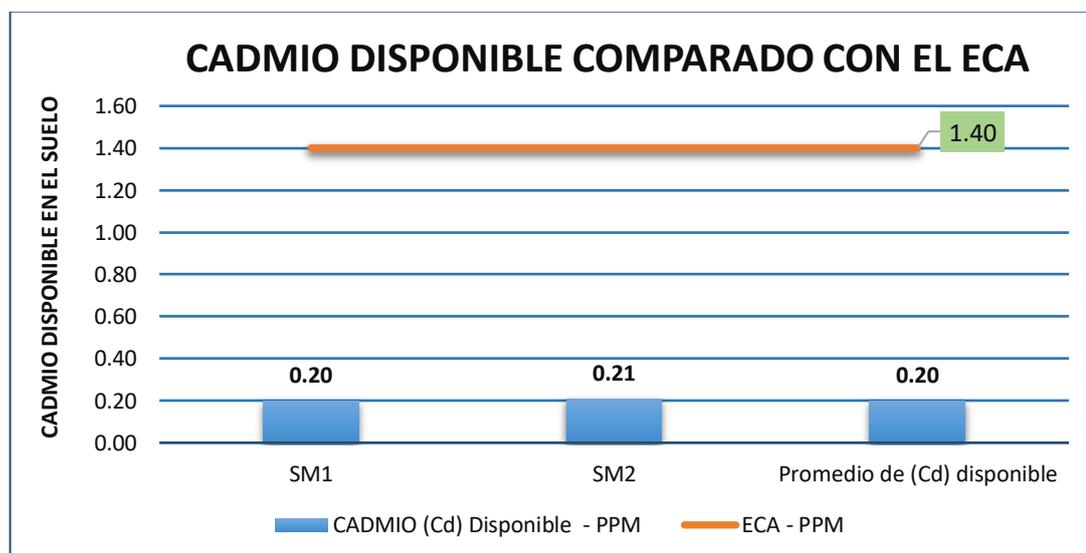
Las 5 muestras recolectadas en campo, se mezclaron en el laboratorio para obtener 2 sub muestras, estas fueron analizadas para determinar la concentración de cadmio disponible, dándonos como resultado lo siguiente:

Tabla 16 Resultados de laboratorio de las muestras de suelo del cultivo de cacao.

SUB MUESTRAS	PROFUNDIDAD (CM)	CADMIO (Cd) - ppm	ECA – ppm
SM1	0 - 30	0.20	
SM2	0 - 30	0.21	1.4
Promedio	-	0.21	

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 16, nos muestra los resultados de laboratorio, del suelo de un cultivo de cacao, en el cual nos muestra la concentración de cadmio disponible en el suelo que fue de 0.21 ppm, estos resultados fueron comparados con el ECA, para suelos agrícolas el cual es 1,4 ppm; indicando que no sobrepasa el ECA.



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 1 Comparación del cadmio disponible con el ECA para suelos agrícolas.

El Gráfico 1, muestra la concentración de Cd, comparado con el ECA para suelos agrícolas, mostrando que no lo sobrepasa.

- ppm = mg/kg. Las muestras recolectadas fueron de ½ hectárea de cultivo de cacao. Por consiguiente, se realiza la siguiente ecuación:

Tabla 17 Cd disponible en una Ha, de cultivo de cacao.

Cd, disponible en 1 ha (Hectárea) de cultivo de cacao, de la zona de Aucayacu	
0.21 mg/kg de cadmio disponible en el suelo	1/2 ha de cultivo de cacao
0.30 m espesor de arado	50 * 100 = 5000 m ²
0.30 m * 5000 m ² = 1500 m ³	
Densidad del suelo: 1 m ³ = 1.2 ton	
1500 m ³ * 1.2 ton/m ³ = 1800 ton	
1800 ton * 1000 kg/ton = 1800000 kg	
0.21 mg/kg * 1800000 = 378000 mg de cadmio	
378000 mg / 1000 mg = 378 g * 1kg /1000 g = 0.378 kg	
0.378 kg de cadmio/ 1/2 ha	
0.378 kg * 2 = 0.756 Kg de Cd/ha	

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 17, muestra la ecuación del contenido disponible aproximado de Cd en 1 ha, de cultivo de cacao, en la zona del distrito de José Crespo y Castillo; Aucayacu. Siendo un total aproximado de: 0.756 Kg de Cd/ha.

4.1.3. Resultados de la concentración de cadmio (Cd) en el fruto (granos) de cacao.

Las muestras recolectadas en campo de los frutos de cacao, se recolecto en mazorcas, los cuales se pesaron y se midieron, al igual que los granos; Los resultados fueron:

El peso del fruto de cacao en mazorca fue de 500 g aproximadamente en promedio, los granos de cacao tienen un

tamaño de 2 - 3 cm, con peso de granos fresco aproximado de 3 g.

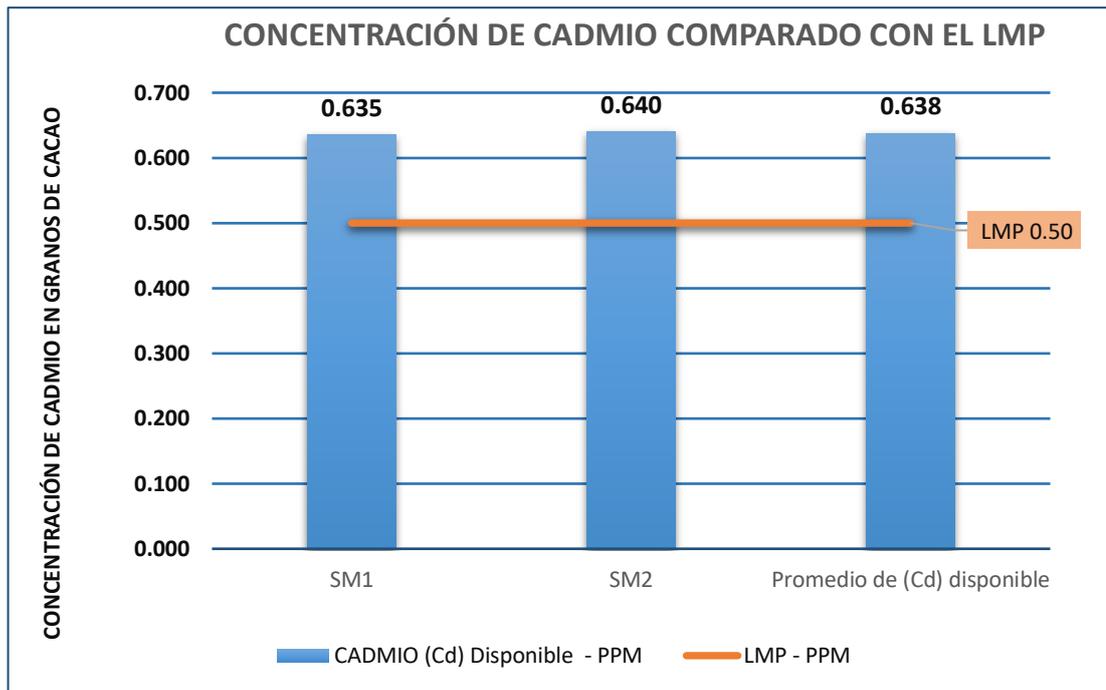
- Los granos frescos del cacao, se mezclaron en el laboratorio para obtener 2 sub muestras, los cuales fueron analizados para determinar la concentración de cadmio en ellas, dándonos como resultado lo siguiente:

Tabla 18 Concentración de cadmio en las muestras recolectadas.

DATOS DE MUESTRA				Cd (ppm)	LMP - ppm
N°	Código	Tipo de muestra	REF		
1	ME0399	Grano de cacao	SM1	0.635	
2	ME0400	Grano de cacao	SM2	0.640	0.50
3	Promedio	Grano de cacao	---	0.638	

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 19, nos muestra los resultados de laboratorio, sobre la concentración del cadmio en los granos del cacao, obteniendo como el promedio de nuestros resultados 0.638 ppm, que sobrepasa al LMP, impuesto por la UE (union europea), que es de 0.50 para almendras de cacao.



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 2 Comparación del cadmio disponible con el ECA para suelos agrícolas.

El gráfico 2, muestra que la concentración de cadmio con promedio de 0.638 ppm, disponible en nuestras muestras analizadas de los suelos cacaoteros de zona de José Crespo y Castillo, sobrepasan el LMP, de la UE, para granos de cacao, que es 0.50 ppm.

4.2. CONTRASTACIÓN Y PRUEBA DE HIPÓTESIS

Para la contrastación de hipótesis, no se utilizó ningún tipo de prueba estadística, porque la investigación realizada no fue probabilística. Fue descriptiva, se utilizó los resultados obtenidos en laboratorio para ser contrastado con los Estándares de calidad ambiental (ECA) de suelos del MINAM y Límite máximo permisibles (LMP) de los contenidos máximos admisibles de cadmio cd de la Unión Europea.

4.2.1. Para la hipótesis general

Ha: La concentración de Cadmio, es manifiesto en el suelo y frutos de una plantación de cacao (*Theobroma cacao L.*) en Aucayacu, distrito de José y Crespo Castillo.

H0: La concentración de Cadmio, no es manifiesto en el suelo y frutos de una plantación de cacao (*Theobroma cacao L.*) en Aucayacu, distrito de José y Crespo Castillo.

Tomando en consideración las hipótesis propuestas, y los resultados de las muestras observadas en laboratorio, los valores obtenidos fueron:

Suelos: La concentración de cadmio en el suelo cacaotero, de la zona de Aucayacu, fue de 0.21 ppm, estos resultados fueron comparados con el ECA, indicando que no sobrepasa el ECA. Si bien no sobrepasan el ECA (1.4 ppm, para suelos agrícolas), respectivo; se manifiesta la presencia de Cd en el suelo del cultivo de cacao (*Theobroma cacao L.*)

Fruto (granos de cacao): La concentración de cadmio disponible en los granos de cacao (*Theobroma cacao L.*), de una plantación de la zona de Aucayacu, fue de 0.638 ppm, estos resultados fueron comparados con el LMP, respectivo, indicando que sobrepasa el LMP (0.50 ppm, granos de cacao). Por lo que demuestra la presencia de Cd, en los frutos.

De acuerdo a los descrito anteriormente y a los resultados hallados en la investigación, se acepta la hipótesis **Ha** y se rechaza la **H0**; ya que se manifiesta el cadmio (Cd), en el suelo y frutos de una plantación de cacao (*Theobroma cacao L.*) de la zona de Aucayacu, distrito de José Crespo y Castillo. (véase gráfico 2, 3 y Anexo X).

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Según los resultados procesados de los análisis, para determinar la concentración de Cadmio en los suelos y frutos de cacao, elaborados por el laboratorio de la UNAS; y de acuerdo a objetivos de la investigación se analizó lo siguiente:

5.1. CONCENTRACIÓN DE CADMIO EN EL SUELO

En nuestra investigación se obtuvo el valor (promedio) de 0.20 ppm, respecto a la concentración de cadmio en el suelo, de una plantación de cacao CCN - 51, en la zona de Aucayacu, de 0 -30 cm de profundidad, lo cual no sobrepasando el ECA (1.4 ppm), para suelo agrícola, de acuerdo al DS N° 002-2013- MINAM (2013).

- Al respecto Wong (2017), en Guayaquil – Ecuador; la determinación de Cd que realizó en suelo de cultivo de cacao CCN-51; a 15 (cm) de profundidad; obtuvo valores que oscilaban de 0,2 a 0,4 partes por millón (ppm).
- Por su parte Rodríguez (2017), en Yacopí, Bogotá – Colombia; en su investigación, el contenido de cadmio total en suelos productoras de cacao, medidos de 0 -30 (cm) de profundidad, fue Cd total (0.76 ppm).
- Fernández (2018), Pucallpa – Perú; el contenido de cadmio en los suelos cacaoteros de San Alejandro, fue de 0,52 ppm, hallados en los primeros 10 cm de suelo.
- Tantalean (2017), Tingo María – Perú, Los resultados de su investigación fueron: para el cadmio disponible en el suelo, donde para suelo residual fue de 1.71 ppm, correspondiente al horizonte

A, para el suelo aluvial el nivel más alto fue de 3.68 ppm, correspondiente a la capa C1.

- Huamani., *et al.* (2012), Tingo María – Perú; respecto a la evaluación del contenido de cadmio en su investigación obtuvo el siguientes resultados; cadmio disponible en el suelo fue 0.53.
- Gardini et al. (2016), Lima – Perú; en su investigación para la determinación de cadmio en los suelos de plantaciones de cacao; indicando que el cadmio ha sido el metal menos frecuente en los suelos muestreados. Por lo que indica que obtuvo valores nulos de 0.00 $\mu\text{g g}^{-1}$, para Cadmio; siendo los resultados de Cajamarca, San Martín, Huánuco y Cuzco.

5.2. CONCENTRACIÓN DE CADMIO EL FRUTO (granos) DE CACAO

En la investigación se obtuvo el valor (promedio) de 0.638 ppm, respecto a la concentración de cadmio en los frutos (granos de cacao), de una plantación de cacao CCN - 51, en la zona de Aucayacu, lo cual no sobrepasando el nivel máximo permisible (0.50 ppm), para granos de cacao, de acuerdo a la OMS (Organismo Mundial de la Salud) y UE (Unión Europea).

- Al respecto, Niño (2015), Tunja – Colombia; la concentración que halló en los granos de cacao CCN – 51 (colección castro naranjales 51 - cacao clonado de origen ecuatoriano), fue de 2.848 a 2.968 ppm; superando altamente el LMP; respectivo.
- Por su parte, Tantalean (2017), Tingo María – Perú, los resultados de su investigación para el contenido de Cd total, en almendras perteneciendo a un suelo residual de Jacintillo, fue de 0.84 ppm y en los del suelo aluvial de Ramal de Aspuzana, para almendras fue de 1.08 ppm. Sobrepasando el LMP.

- Del Águila (2017), Tingo María – Perú, indica que en los granos frescos de cacao provenientes de Pucallpa se observó los niveles más altos de Cadmio (0,08 mg/Kg) y en los secos (0,11 mg/Kg).
- Por su parte Rodríguez (2017), en Yacopí, Bogotá – Colombia; en su investigación, para el contenido de cadmio total en almendras de cacao, obtuvo 0.652 ppm.

Siendo 1 ppm = 1 mg/kg; además almendras es lo mismo que decir granos de cacao.

CONCLUSIONES

En el suelo y el fruto de una plantación de cacao (*Theobroma cacao* L.) en la zona de Aucayacu, distrito de José Crespo y Castillo, se halló la existencia de cadmio; llegando a las siguientes conclusiones.

- La concentración de cadmio en el suelo de una plantación de cacao (*Theobroma cacao* L.) en Aucayacu, distrito de José Crespo y Castillo, no sobrepasan el ECA, respectivo para suelos agrícolas que es de (1.4 ppm); mientras que nuestros resultados tuvieron un promedio de 0.21 ppm.
- La concentración de Cadmio en frutos de una plantación de cacao (*Theobroma cacao* L.) en Aucayacu, distrito de José Crespo y Castillo, sobrepasa el LMP, respectivo; establecido por la OMS Y UE; que es de (0.50 ppm); para granos de cacao; mientras que nuestros resultados tuvieron un promedio de 0.638 ppm; sobre pasando así el LMP; impuesto.
- Que el suelo de una plantación de cacao (*Theobroma cacao* L.), de la zona de Aucayacu, tiene un pH de 5.19; refiriendo que es un suelo muy ácido.
- Las plantas en los suelos ácidos, suelen absorber el cadmio en grandes cantidades, además de otros metales pesados.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar estudios complementarios, identificando otros parametros (metales pesados), presentes en el cacao.
- Realizar estudios, en busca de soluciones de la problematica de la presencia de cadmio en el cacao peruano.
- Se recomienda realizar estudios de la presencia de metales pesados en los productos derivados del cacao.
- Se recomienda tartar a los suelos acidos, con cal.
- Se recomienda realizar monitoreos frecuentes, si se adopta un tratamiento a la problematica.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agency for Toxic Substances and Disease Registry. (2012). Resumen de Salud Pública: Cadmio, Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo. ATSDR.
- Anecacao. (2015). Cacao CCN 51 [en línea]: Anecacao. Recuperado de <http://www.anecacao.com/index.php/es/quienessomos/cacaoccn51.html>
- Bernardo, J. (2019). De la tesis titulada, "Determinar los parámetros biológicos de agua para riego de vegetales según normativa vigente, en el Distrito Conchamarca - Ambo, Distritos San Francisco de Cayrán y Amarilis – Huánuco, Región Huánuco – octubre 2018 – febrero 2019", para optar el título profesional de: Ingeniero Ambiental, en la Universidad de Huánuco. Huánuco – Perú.
- Cárdenas, A. (2012). De la tesis titulada, "Presencia de cadmio en algunas parcelas de cacao orgánico en la cooperativa agraria industrial naranjillo - Tingo María - Perú", para optar el título profesional de: Ingeniero Agrónomo, en la UNAS. Tingo María – Perú.
- Cooperativa Agraria Industrial Naranjillo - COOPAIN. (2014). Área de producción. Contenido de cadmio (Cd) suelos cacaoteros, Naranjillo-Huánuco. 2013- 2014.
- Del Aguila, E. (2017). De la tesis titulada, "Determinación de cadmio y plomo en granos de cacao, frescos, secos y en licor de cacao (*Theobroma cacao*)", para optar el título profesional de: Ingeniero en Industrias Alimentarias, en la UNAS. Tingo María – Perú.
- FAO; Ministerio de agricultura y ganadería, gobernación del departamento central (2013), "El manejo del suelo en la producción de hortalizas con buenas prácticas agrícolas"

- Fernández, B. (2018). De la tesis titulada, “Contenido de cadmio (cd) en suelos cacaoteros bajo 3 sistemas de manejo del cultivo en San Alejandro Distrito de Irazola - Provincia de Padre Abad – Departamento de Ucayali”, para optar el título profesional de: Ingeniero Agrónomo, en la Universidad Nacional de Ucayali. Pucallpa – Perú.
- Gardini Enrique, O. M. (2016). Metales pesados en suelos de plantaciones de cacao. *Ecología Aplicada*.
doi:<http://dx.doi.org/10.21704/rea.v15i2.747>
- Gonzales, C. (2016). De la tesis titulada, “Evaluación de la concentración mínima aceptable e identificación de metales pesados presentes en el grano de cacao del Ecuador”, para optar el título profesional de: Bioquímica y Farmacia, en la Universidad Técnica de Machala – Ecuador.
- Hernández, R. Fernández, C. y Baptista, P. (2010). Metodología de la Investigación. México: Interamericana Editores, S.A. de C.V. Quinta edición. 656p.
- Hernandez, S. R., Fernández, C. C. y Baptista L. P. (2014). Metodología de la investigación. México: McGraw-Hill/ Interamericana Editores S.A.
- Huamaní, H., Huauya, M., Mansanilla, L., Florida, N., y Neira, G. (2012). Presencia de metales pesados en cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) orgánico. *Acta Agronómica*. 61(4), p 339-344.
- Lenntech BV. (2019). Cadmio–Cd [en línea]: Lenntech. Recuperado de <https://www.lenntech.es/periodica/elementos/cd.htm>
- MINAGRI-DGPA-DEEIA. (2016). Estudio del CACAO en el Perú y en el Mundo, un análisis de la producción y el comercio. Copyright: Ministerio de Agricultura y Riego, Dirección de Estudios Económicos e Información Agraria. Lima – Perú, 90 p.

Ministerio del Ambiente (2010). DECRETO SUPREMO N° 010-2010- MINAM.

Ministerio del Ambiente (2012). RESOLUCION MINISTERIAL N°307-2012- MINAM.

Ministerio del Ambiente. (2013). DECRETO SUPREMO N° 002-2013-MINAM.

Niño, I. (2015). Proyecto de grado titulada, “Cuantificación de cadmio en cacao proveniente del occidente de Boyacá por la técnica analítica de voltamperometría”, para optar el título profesional de: Químico de Alimentos, en la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Tunja – Colombia.

Perú Ecológico. (2012). Río lima está contaminado con metales pesados, [en línea]: Perú Ecológico. Disponible en ([http://www.noticias.masverdedigital.com/2012/ Perú-rio-lima-esta-cont.](http://www.noticias.masverdedigital.com/2012/Perú-rio-lima-esta-cont.)).

Rankin, S. (2018). Hablemos del cadmio en el cacao andino [en línea]: CIAT. . Recuperado de <https://blog.ciat.cgiar.org/es/hablemos-del-cadmio-en-el-cacao-andino/>

Robledo, L., Castaño, A. (2010). Tesis “validación de la metodología para el análisis de los metales cadmio y plomo en agua tratada por absorción atómica con horno de grafito en el laboratorio de análisis de aguas y alimentos”, de la universidad tecnológica de Pereira.

Rodríguez, H. (2017). De la tesis titulada, “Dinámica del cadmio en suelos con niveles altos del elemento, en zonas productoras de cacao de Nilo y Yacopí, Cundinamarca”, para optar el título profesional de: Magister en Ciencias Agrarias, en la Universidad Nacional de Colombia. Bogotá - Colombia.

Sanabria, R. (2002). De la tesis titulada, “Toxicidad y acumulación de cadmio en poblaciones de diferentes especies de Artemia. Universidad de Valencia – España.

Tantalean, E. (2017). De la tesis titulada, “Distribución del contenido de cadmio en los diferentes órganos del cacao ccn-51 en suelo aluvial y residual”, para optar el título profesional de: Ingeniero Agrónomo, en la Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María - Perú.

Villavicencio, J. (2018). Contenido de cadmio en el cacao: preocupación mundial [en línea]: Revista Naturaleza Interior. Recuperado de <http://www.naturalezainterior.org.pe/index.php/mundoforestal/item/527-contenido-de-cadmio-en-el-cacao-preocupacion-mundial>

Wikipedia, la enciclopedia libre (2 de julio del 2019). Conductividad eléctrica. Recuperado de: https://es.wikipedia.org/wiki/Conductividad_el%C3%A9ctrica

Wikipedia, la enciclopedia libre (2 de julio del 2019). PH. Recuperado de: <https://es.wikipedia.org/wiki/PH>

Wikipedia, la enciclopedia libre (2 de julio del 2019). Partes por millón PPM. Recuperado de: https://es.wikipedia.org/wiki/Partes_por_mill%C3%B3n

Wong, A. (2017). De la tesis titulada, “Determinación de cadmio (cd) en suelo de cultivo para cacao CCN-51 mediante análisis de espectroscopia de absorción atómica”, para optar el título profesional de: Ingeniero Ambiental, en la Universidad de Guayaquil – Ecuador.

ANEXOS

ANEXO I
OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Título: “Evaluación de cadmio en el suelo y frutos de una plantación de cacao (*Theobroma cacao L.*) en Aucayacu, distrito de José Crespo y Castillo – Huánuco 2020”.

Tesista: Chavez Sudario Yuniur Ruben

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD	INSTRUMENTOS
Variable dependiente: Evaluación de Cadmio	La Evaluación de cadmio es un procedimiento de análisis que consta de una serie de etapas que se desarrollan sucesivamente hasta alcanzar el objetivo. Estas etapas que van desde el muestreo hasta la presentación de los resultados, son importantes y resultan determinantes a la hora de garantizar la representatividad y fiabilidad de los resultados. El contenido total de cadmio en el suelo da idea del nivel de contaminación... (GONZÁLES, 2010). Citado por Tantalean, E. (2017).	Para la determinación del cadmio en una plantación de cacao se realizará análisis de laboratorio. De las muestras de suelo y frutos recolectados (en campo). Determinando así la concentración de cadmio respectivos.	Parámetros físico químico	conductividad	μS/cm	
				pH	Medida (grado) de acidez	Monitoreo
				Cadmio (Cd) totales	Mg/Kg Ppm	Observación directa
Variable independiente: Suelo y frutos de una Plantación de Cacao	El cacao (<i>Theobroma cacao L.</i>) cultivado en forma orgánica es una de las principales actividades socio-económicas en las regiones de Huánuco y Ucayali, Perú. Los mayores mercados son el europeo (Francia, Inglaterra, Bélgica) y Estados Unidos. (huamaní, H. Et al, (2012).	Se determinará La concentración de cadmio en el suelo de una plantación de cacao. Para verificar si sobrepasa el ECA correspondiente.	Parámetros físico químico	Peso (muestra de suelo)	Kg(g)	
				pH	Medida (grado) de acidez	Monitoreo de suelo agrícola
				conductividad	μS/cm	
	Teniendo en cuenta que el cacao es un alimento de alto consumo que puede contener cantidades considerables de metales pesados (Cadmio), que afectan la salud del consumidor y causan el rechazo del producto en el mercado internacional...Tantalean, E. (2017).	Se determinará La concentración de cadmio en frutos de una plantación de cacao. Para verificar si sobrepasan el LMP correspondiente.	Parámetros físico químico	Cadmio (Cd) totales	Mg/Kg Ppm	
				Tamaño(fruto de cacao)	Metros (cm)	Monitoreo de frutos (granos) de cacao.
				Peso (fruto de cacao)	Kg(g)	
			pH	Medida (grado) de acidez		
			Cadmio (Cd) totales	Ppm		

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO II MATRIZ DE CONSISTENCIA

Título: “Evaluación de la concentración de cadmio en el suelo y frutos de una plantación de cacao (*Theobroma cacao L.*) en Aucayacu, distrito de José Crespo y Castillo – Huánuco 2020”.

Tesista: Chavez Sudario Yuniur Ruben

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA	POBLACION Y MUESTRA
<p>Problema General:</p> <p>¿Cuál será la concentración de cadmio, en el suelo y frutos de una plantación de cacao (<i>Theobroma cacao L.</i>) en Aucayacu, distrito de José Crespo y Castillo – Huánuco 2020?</p> <p>Problemas secundarios:</p> <p>PE1.- ¿Cuál será la concentración de cadmio, en el suelo de una plantación de cacao (<i>Theobroma cacao L.</i>) en Aucayacu, distrito de José Crespo y Castillo – Huánuco 2020?</p> <p>PE2.- ¿Cuál será la concentración de cadmio, en el fruto (granos) de una plantación de cacao (<i>Theobroma cacao L.</i>) en Aucayacu distrito de José Crespo y Castillo – Huánuco 2020?</p>	<p>General:</p> <p>Evaluar la concentración de cadmio, en el suelo y frutos de una plantación de cacao (<i>Theobroma cacao L.</i>) en Aucayacu, distrito de José Crespo y Castillo - Huánuco 2020?</p> <p>Específicos:</p> <p>Determinar si la concentración de cadmio, en el suelo de una plantación de cacao (<i>Theobroma cacao L.</i>) en Aucayacu, distrito de José Crespo y Castillo, sobrepasa el ECA, respectivo.</p> <p>Determinar si la concentración de cadmio, en el fruto (granos) de una plantación de cacao (<i>Theobroma cacao L.</i>) en Aucayacu, distrito de José Crespo y Castillo, sobrepasa el LMP, respectivo.</p>	<p>Principal:</p> <p>Ha: Existirá Cadmio en el suelo y frutos de una plantación de cacao (<i>Theobroma cacao L.</i>) en Aucayacu, distrito de José y Crespo Castillo.</p> <p>Ho: NO existirá Cadmio en el suelo y frutos de una plantación de cacao (<i>Theobroma cacao L.</i>) en Aucayacu, distrito de José y Crespo Castillo.</p> <p>Secundarios:</p> <p>Ha1: La concentración de Cadmio en el suelo de una plantación de cacao (<i>Theobroma cacao L.</i>) en Aucayacu, distrito de José Crespo y Castillo, sobrepasan el ECA, respectivo.</p> <p>H01: La concentración de Cadmio en el suelo de una plantación de cacao (<i>Theobroma cacao L.</i>) en Aucayacu, distrito de José Crespo y Castillo, no sobrepasa el ECA, respectivo.</p> <p>Ha2: La concentración de Cadmio en frutos de una plantación de cacao (<i>Theobroma cacao L.</i>) en Aucayacu, distrito de José Crespo y Castillo, sobrepasa el LMP, respectivo.</p> <p>H02: La concentración de Cadmio en frutos de una plantación de cacao (<i>Theobroma cacao L.</i>) en Aucayacu, José Crespo y Castillo, no sobrepasan el LMP, respectivo.</p>	<p>Variable dependiente :</p> <p>Concentración de cadmio</p> <p>Variable independiente:</p> <p>Suelo y frutos de una Plantación de Cacao.</p>	<p>Tipo de investigación: Descriptivo</p> <p>Enfoque: Mixto</p> <p>Alcance o nivel: Aplicativo y Descriptivo</p> <p>Diseño de investigación: La investigación es:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Prospectivo: Porque el investigador recolectará sus propios datos. • Transversal: se realiza una sola medición de la información. • Analítico: cuenta con dos variables. • Sin Intervención: No considera la modificación de las variables. <p>Y de Diseño cuasi – Experimental: Los diseños cuasi – Experimentales tienen el mismo propósito que los estudios experimentales: probar la existencia de una relación causan entre dos o más variables.</p>	<p>Población:</p> <p>La población que se tomó corresponde a una plantación de cacao (<i>Theobroma cacao L.</i>), de 1/2 Ha aproximadamente, seleccionado como muestra el grano de cacao y el suelo, proveniente de José Crespo y Castillo, Aucayacu para la determinación de la concentración de cadmio en las respectivas muestras.</p> <p>Muestra:</p> <p>Las muestras se recolectarán en campo los que consiste en 5 muestras de suelo y 5 muestras de frutos (granos), todos pertenecientes a la plantación de cacao (<i>Theobroma cacao L.</i>) de José Crespo y Castillo, Aucayacu. La muestra elegida es del tipo no probabilístico.</p>

**ANEXO III
UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL**

Título del proyecto de investigación: “Evaluación de la concentración de cadmio en el suelo y frutos de una plantación de cacao (*Theobroma cacao* L.) en Aucayacu, distrito de José Crespo y Castillo – Huánuco 2020”
Tesista: Chávez sudario Yuniur Ruben

Ficha N°1: Ficha de registro de datos de campo

Muestreo de suelo

uso de suelo:

DATOS GENERALES	
Nombre del sitio de estudio:	Departamento:
Razón social	Provincia:
Uso principal:	Dirección del predio:
DATOS DEL PUNTO DE MUESTREO	
Coordenadas UTM (x, y):	Operador:
Técnica de muestreo:	Instrumentos usados:
Profundidad final:	Relleno del agujero después del muestreo:
DATOS DE LAS MUESTRAS	
Clave de la muestra:	Número de muestra:
Fecha:	Hora:
Profundidad desde:	Profundidad hasta:
Características organolépticas:	Color: Olor:
Textura:	Medido en campo : si () no ()

Cantidad de la muestra:

Fuente: Elaboración propia

Medidas de conservación:

Tipo de muestra :

**ANEXO IV
UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL**

Título del proyecto de investigación: “Evaluación de la concentración de cadmio en el suelo y frutos de una plantación de cacao (*Theobroma cacao L.*) en Aucayacu, distrito de José Crespo y Castillo – Huánuco 2020”
Tesista: Chávez sudario Yunior Ruben

Ficha N°2: Ficha de registro de datos de campo

Muestreo de fruto de cacao

Fruto de.....

N° DE MUESTRA	CODIGO DE MUESTRA	DESCRIPCIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO	LOCALIDAD	DISTRITO	PROVINCIA	DEPARTAMENTO	FECHA Y HORA DE MUESTRO	T°	PESO	COORDENADAS UTM		OBSERVACIONES
										ESTE	NORTE	

Fuente: Elaboración propia.

**ANEXO V
UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL**

Título del proyecto de investigación: “Evaluación de la concentración de cadmio en el suelo y frutos de una plantación de cacao (*Theobroma cacao L.*) en Aucayacu, distrito de José Crespo y Castillo – Huánuco 2020”

Tesista: Chávez sudario Yunior Ruben

Formato N°1: Formato de etiqueta para muestreo - **Muestreo de:**

IDENTIFICACION:		
CODIGO DE MUESTRA:		
CODIGO DE LAB:		
LUGAR DE MUESTREO:		
FECHA:	HORA:	T°:
LOTE:	MUESTREADO POR:	

ANEXO VI Fichas de campo

ANEXO V
UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL

Título del proyecto de investigación: "Evaluación de la concentración de cadmio en el suelo y frutos de una plantación de cacao (*Theobroma cacao* L.) En el distrito de Aucayacu, José Crespo y Castillo – Huánuco 2020"
Testista: Chávez sudario Yunior Ruben

Formato N°1: Formato de etiqueta para muestreo - **Muestreo de:** Suelo

IDENTIFICACION: Suelo agrícola	
CODIGO DE MUESTRA: MC-01	
CODIGO DE LAB: SO 398	
LUGAR DE MUESTREO: Aucayacu	
Coordenadas UTM (x, y): 380666.00 E, 9012709.00 N	
FECHA: 06/01/20	HORA: 11:05 am
LOTE: 1-	MUESTREADO POR: Yunior Chavez

ANEXO IV
UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL

Título del proyecto de investigación: "Evaluación de la concentración de cadmio en el suelo y frutos de una plantación de cacao (*Theobroma cacao* L.) En el distrito de Aucayacu, José Crespo y Castillo – Huánuco 2020"
Testista: Chávez sudario Yunior Ruben

Ficha N°2: Ficha de registro de datos de campo - **Muestreo de fruto de cacao**

Fruto de: Cacao

N° DE MUESTRA	CODIGO DE MUESTRA	DESCRIPCION DEL PUNTO DE MUESTREO	LOCALIDAD	DISTRITO	PROVINCIA	DEPARTAMENTO	FECHA Y HORA DE MUESTRO	T°	PESO	COORDENADAS UTM		OBSERVACIONES
										ESTE	NORTE	
01	MFC-01	la planta más cercana de cerro de unirse	Aucayacu	José Crespo y Castillo	Leónido Priado	HCO	06-01-20		40g	380666.00	9012709.00	Algodora
02	MFC-02	marcho el suelo							60g			
03	MFC-03								70g			
04	MFC-04								350			
05	MFC-05								400g			

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO III
UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL

Título del proyecto de investigación: "Evaluación de la concentración de cadmio en el suelo y frutos de una plantación de cacao (*Theobroma cacao* L.) En el distrito de Aucayacu, José Crespo y Castillo – Huánuco 2020"
Testista: Chávez sudario Yunior Ruben

Ficha N°1: Ficha de registro de datos de campo - **Muestreo de suelo** - **uso de suelo:** Agrícola

DATOS GENERALES		Departamento: HCO	
Nombre del sitio de estudio: Aucayacu		Provincia: Leónido Priado	
Razón social:		Dirección del predio: Distrito José Crespo y Castillo Aucayacu	
Uso principal: Agrícola - cultivo de cacao		Operador: Yunior	
DATOS DEL PUNTO DE MUESTREO		Instrumentos usados: pala manuales	
Coordenadas UTM (x, y): 380666.00 E, 9012709.00 N.		Relleno del agujero después del muestreo: NO	
Técnica de muestreo:		Número de muestra: 1-5	
Profundidad final: 30 cm		Hora: 11:00 am	
DATOS DE LAS MUESTRAS		Profundidad hasta: 0-30 cm	
Clave de la muestra: MC-01		Color: _____	
Fecha: 06-01-2020		Medido en campo: si () no	
Profundidad desde: 0 - 30 cm			
Características organolépticas: _____			
Textura: _____			
Cantidad de la muestra: 1 Kg			
Medidas de conservación: Aislamiento de la luz solar			
Tipo de muestra: Suelo agrícola			

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO VII



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA



Facultad de Agronomía - Laboratorio de Análisis de Suelos, Aguas y Ecotoxicología

Carretera Central Km 1.21 - Tingo María - WhatsApp 941531359

analisisdesuelos@unase.edu.pe

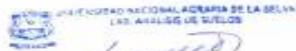
ANALISIS ESPECIAL

SOLICITANTE:		CHAVEZ SUDARIO JUNIOR RUBEN		PROCEDENCIA:		AUCAYACU - JOSE CRESPO Y CASTILLO - LEONCIO PRADO - HUANUCO	
DATOS DE LA MUESTRA				Cd (ppm)			
N°	Código	Tipo de Muestra					
1	ME0399	grano de cacao		0.635			
2	ME0400	grano de cacao		0.640			

MUESTREADO POR EL SOLICITANTE

TINGO MARIA, 20 DE ENERO 2020

RECIBO N° 0605936



Ing. Luis G. Mancilla Minaya
JEFE



ANEXO VIII



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Carretera Central Km 1.21 - Tingo María - CELULAR 941531359

Facultad de Agronomía - Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología

analisisdesuelosunas@hotmail.com



ANÁLISIS DE SUELOS

SOLICITANTE: CHAVEZ SUDARIO JUNIOR RUBEN										PROCEDENCIA: AUCAYACU - JOSE CRESPO Y CASTILLO - LEONCIO PRADO - HUANUCO																	
N°	DATOS			ANÁLISIS MECÁNICO				pH	M.O.	N	P	K	Cd	CIC	CAMBIABLES Cmol(+)/kg						CICe	%	%	%			
				Arena	Arcilla	Limo	Textura								1:1	%	%	disponible	disp	Ca					Mg	K	Na
	CODIGO DEL LAB.	CULTIVO	REF	%	%	%				ppm	ppm	ppm															
1	S0398	CACAO	M1	41	18	41	Franco	5.19	1.73	0.09	6.24	99.71	0.20	----	2.63	0.84	--	--	0.80	0.10	4.36	79.37	20.63	18.33			
2	S0400	CACAO	M2	41	18	41	Franco	5.18	1.73	0.09	6.23	99.69	0.21	----	2.61	0.83	--	--	0.80	0.10	4.36	79.37	20.63	18.33			

MUESTREADO POR EL SOLICITANTE

RECIBO 001 N° 00605939

TINGO MARIA, 13 DE ENERO 2020




 Ing. Luis G. Mancilla Minaya
 JEFE



ANEXO IX

ECA, MINAM (2013) PARA SUELOS AGRICOLAS		
<i>Estándares de calidad ambiental para suelo agrícola, parámetro cadmio (Cd).</i>		
N°	PARÁMETROS	USO DE SUELO SUELO AGRÍCOLA
II	INORGANICOS	
1	Cadmio total (mg/kg MS)(2)	1,4

Fuente: Elaboración propia a partir de los estándares de calidad ambiental para suelo, DECRETO SUPREMO N° 002-2013-MINAM (2013).

MS: Muestra seca a 105 C°

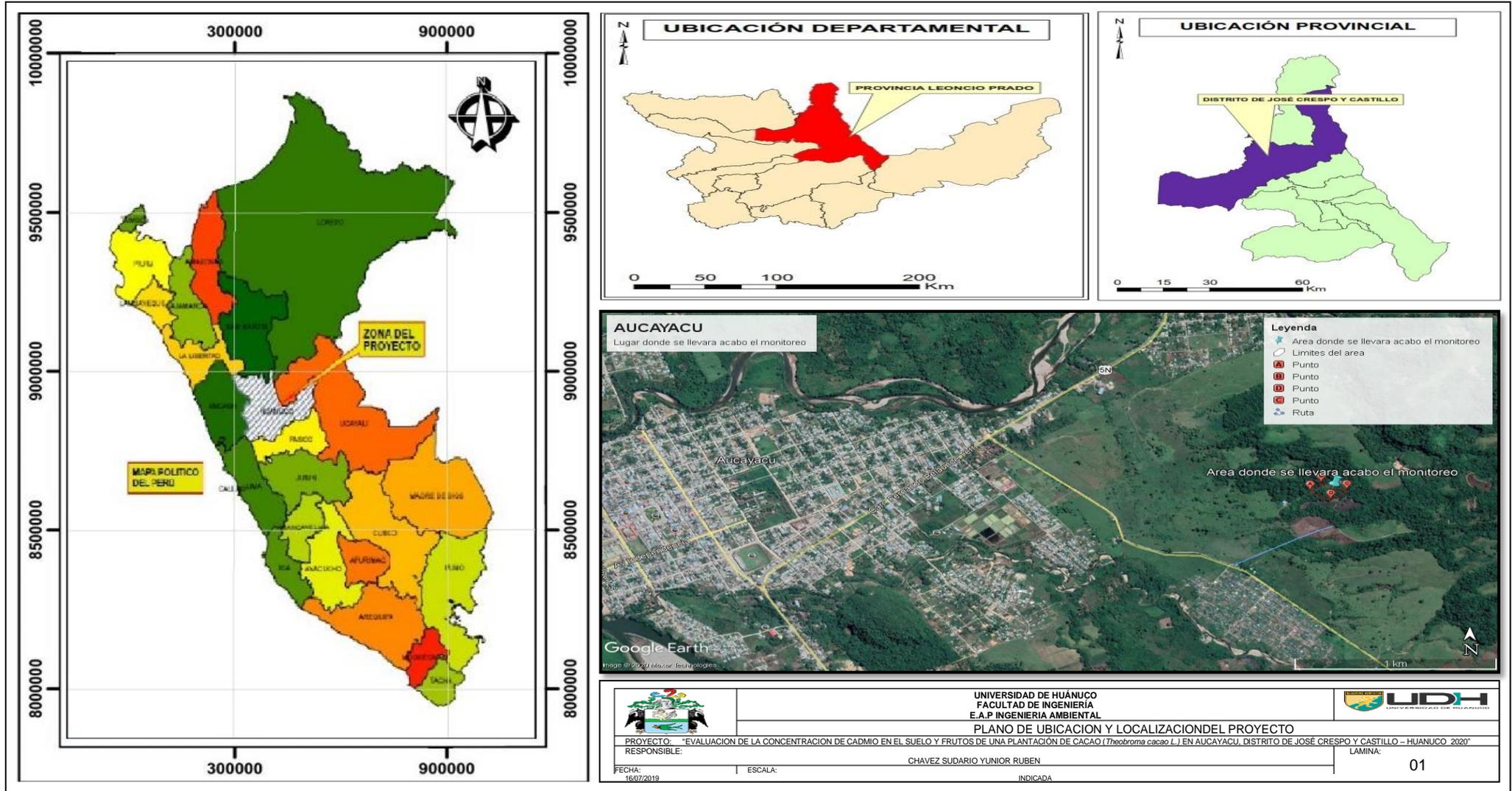
Nota 2: Concentración de metales pesados

Mg/kg = ppm

LMP, DE ACUERDO A LA UNIÓN EUROPEA, PARA GRANOS DE CACAO			
<i>Contenido máximo admisible para cadmio en productos nutricionales en humanos según la unión Europa.</i>			
	UE	UE	CODEX ALIMENTARIUS
METAL PESADO	PRODUCTOS ALIMENTICIOS PPM	ALMENDRAS DE CACAO PPM	ALMENDRAS DE CACAO PPM
Cadmio (Cd)	1,0	0,50	---

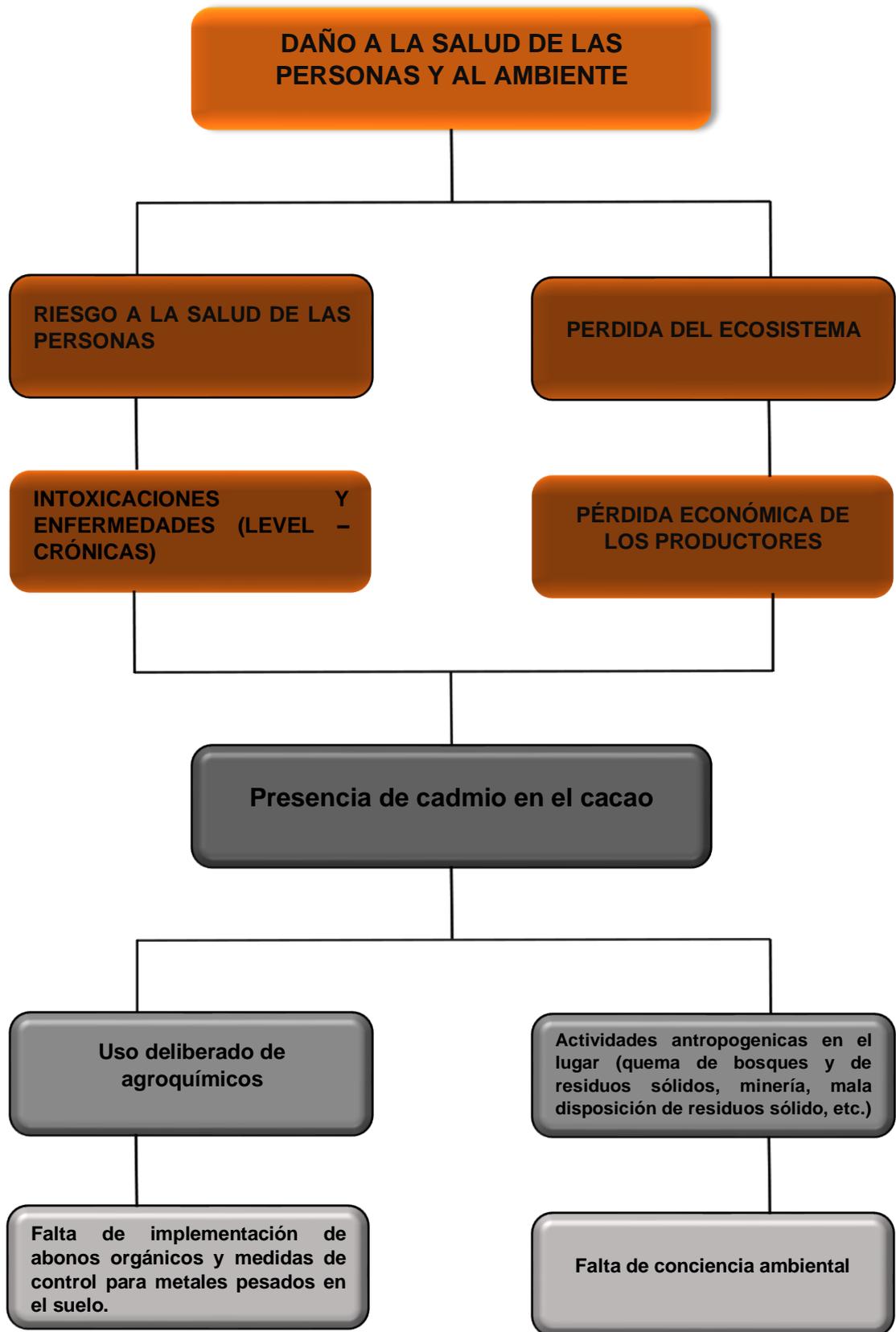
Fuente: Unión Europea (2014).

ANEXO X LOCALIZACION DEL PROYECTO



ANEXO XI

ARBOL DE CAUSAS Y EFECTOS



ANEXO XII

Fotografías del trabajo de campo



Fotografía 1: Ubicación del punto de muestreo.



Fotografía 2: Realización de hoyos para la toma de muestras de suelo.



Fotografía 3: Recopilación y zarandeo de suelo.



Fotografía 4: Zarandeo de suelo para el llenado en bolsas.



Fotografía 5: Llenado de suelo en las bolsas de polietileno etiquetadas.



Fotografía 6: Supervisión del jurado calificador, en la toma de muestras.