UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

ESCUELA DE POSGRADO

==========

"INFLUENCIA DEL MÉTODO DE LIMPIEZA CON FERTILIZACIÓN ORGÁNICA E INORGÁNICA EN LA REMEDIACIÓN DEL CONTENIDO DE CADMIO EN EL SUELO Y GRANOS DE CACAO (*Theobroma cacao* L.) EN UCAYALI, PERÚ"

==========

TESIS PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO EN CIENCIAS EN MEDIO AMBIENTE, GESTIÓN SOSTENIBLE Y RESPONSABILIDAD SOCIAL

MARLON MARÍN GARCÍA

PUCALLPA – PERÚ

2022

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
ESCUELA DE POSGRADO

ANEXO Nº 4

ACTA DE DEFENSA DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACION PARA OBTENCION DEL GRADO DE MAESTRO O MAESTRO EN CIENCIAS

En la Sala de Grados de la Universidad Nacional de Ucayali siendo las 11 horas, del día 28 de ENERO, ante el **Jurado** de Tesis o trabajo de investigación constituido por :

DR. EDGAR JUAN DIAZ ZUÑIGA ..... Presidente

ING. M-SC. TEDY TUESTA TORREJÓN ..... Secretario

ING. M-Sc. PABLO PEDRO VILLEGAS P. ..... Vocal

El aspirante al **GRADO DE MAESTRO O MAESTRO ENCIENCIAS** en: MEDIO AMBIENTE, GESTIÓN SOSTENIBLE Y RESPONSABILIDAD SOCIAL

Mención: .....

Don(ña) MARLON MARIN GARCIA

Procedió al acto de Defensa:

a. Con la exposición de la tesis o trabajo de investigación, titulada:

"INFLUENCIA DEL METODO DE LIMPIEZA CON FERTILIZACIÓN ORGANICA E INORGANICA EN LA REMEDIACIÓN DEL CONTENIDO DE CADMIO EN EL SUELO Y GRANOS DE CACAO (THEOBROMA CACAO L.) EN UCAYALI, PERÚ"

b. Respondiendo las preguntas formuladas por los miembros del Jurado y público asistente.

Concluido el acto de defensa, cada miembro del Jurado procedió a la evaluación del aspirante a Maestro, teniendo presente los criterios siguientes:

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
ESCUELA DE POSGRADO

a) Presentación personal
b) Exposición: el problema a resolver, hipótesis, objetivos, resultados, conclusiones, los aportes, contribución a la ciencia y/o solución a un problema social y Recomendaciones
c) Grado de convicción y sustento bibliográfico utilizados para las respuestas a las interrogantes del Jurado y público asistente
d) Dicción y dominio de escenario

Así mismo, el Jurado plantea a la tesis o trabajo de investigación **las observaciones** siguientes:

MODIFICACIÓN DEL TITULO DE TESIS
ORDENAMIENTO SECUENCIAL DE RESULTADOS
OTROS INDICADOS EN LA SUSTENTACIÓN

Obteniendo en consecuencia el Maestrista la **Nota** de DIECISIETE (17)
Equivalente a MUY BUENO, por lo que se recomienda SU PUBLICACIÓN

(aprobado ó desaprobado)

Los miembros del Jurado, firman el presente **ACTA** en señal de conformidad, en Pucallpa, siendo las 12:30 horas del 28 de ENERO del 2022

PRESIDENTE

SECRETARIO

VOCAL

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
VICERRECTORADO DE INVESTIGACION
DIRECCION GENERAL DE PRODUCCION INTELECTUAL

CONSTANCIA

ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACION

SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND

N°0567-2022

La **Dirección de Producción Intelectual**, hace constar por la presente, que el **Informe final de Tesis, titulado:**

"INFLUENCIA DEL MÉTODO DE LIMPIEZA CON FERTILIZACIÓN ORGÁNICA E INORGÁNICA EN LA REMEDIACIÓN DEL CONTENIDO DE CADMIO EN EL SUELO Y GRANOS DE CACAO (Theobroma cacao L.) EN UCAYALI, PERÚ".

Cuyo(s) autor (es) : **MARÍN GARCÍA, MARLON**

Facultad : **ESCUELA DE POSGRADO**
Escuela Profesional : **MAESTRÍA**
Asesor(a) : **DR. VELASQUEZ RAMIREZ, FREDY HELAR**

Después de realizado el análisis correspondiente en el Sistema Antiplagio URKUND, dicho documento presenta un **porcentaje de similitud de 2%.**
En tal sentido, de acuerdo a los criterios de porcentaje establecidos en el artículo 9 de la DIRECTIVA DE USO DEL SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND, el cual indica que no se debe superar el 10%. Se declara, que el trabajo de investigación: SI Contiene un porcentaje aceptable de similitud, por lo que SI se aprueba su originalidad.

En señal de conformidad y verificación se FIRMA Y SELLA la presente constancia

FECHA 16/02/2022

Dr. ABRAHAM ERMITANIO HUAMAN ALMIRON
Dirección de Producción Intelectual

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

OEByP - REPOSITORIO INSTITUCIONAL

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACION DE TESIS

REPOSITORIO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

Yo, MARLON MARÍN GARCÍA

Autor(a) de la TESIS de maestría titulada:

"INFLUENCIA DEL MÉTODO DE LIMPIEZA CON FERTILIZACIÓN ORGÁNICA E INORGÁNICA EN LA REMEDIACIÓN DEL CONTENIDO DE CADMIO EN EL SUELO Y GRANOS DE CACAO (Theobroma cacao L.) EN UCAYALI, PERÚ".

Sustentada el año: 2022

Con la asesoría de: Dr. FREDY HELAR VELASQUEZ RAMIREZ

En la Escuela de Posgrado, Maestría: MEDIO AMBIENTE GESTION SOSTENIBLE Y RESPONSABILIDAD SOCIAL.

Mención: MEDIO AMBIENTE GESTION SOSTENIBLE Y RESPONSABILIDAD SOCIAL

Autorizo la publicación:

PARCIAL [ ] Significa que se publicará en el repositorio institucional solo La caratula; la dedicatoria y el resumen de la tesis. Esta opción solo es valida **marcar si su tesis o documento presenta material patentable,** para ello deberá presentar el trámite de CATI y/o INDECOPI cuando se lo solicite la DGPI UNU.

TOTAL [X] Significa que todo el contenido de la tesis y/o documento será publicada en el repositorio institucional.

De mi trabajo de investigación en el Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Ucayali (www.repositorio.unu.edu.pe), bajo los siguientes términos:

Primero: Otorgo a la Universidad Nacional de Ucayali **licencia no exclusiva** para reproducir, distribuir, comunicar, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público en general mi tesis (incluido el resumen) a través del Repositorio Institucional de la UNU, en formato digital sin modificar su contenido, en el Perú y en el extranjero; por el tiempo y las veces que considere necesario y libre de remuneraciones.

Segundo: Declaro que la **tesis es una creación de mi autoría** y exclusiva titularidad, por tanto me encuentro facultado a conceder la presente autorización, garantizando que la tesis no infringe derechos de autor de terceras personas, caso contrario, me hago único(a) responsable de investigaciones y observaciones futuras, de acuerdo a lo establecido en el estatuto de la Universidad Nacional de Ucayali y del Ministerio de Educación.

En señal de conformidad firmo la presente autorización.

Fecha: 28 / 01 / 2022

Email: marlonmg1969@gmail.com
Teléfono: 961906711

Firma:
DNI: 21146499

DEDICATORIA

A la memoria de mi inolvidable esposa:Ing. Mercedes Cueva Yumbato, esperando con mucha alegría desde el cielo y observando con beneplácito la culminación de mis estudios para obtener el grado de maestro. A ella le rindo un homenaje póstumo.

A mis hijos: Claudia Mercedes, Nataly Cecilia y Sergio Marín Cueva por su incondicional y entusiasmo apoyo para culminar exitosamente y optar el grado de Maestro.

A mis padres: Tercero Marín Álvarez y Josefa García Huamán por su apoyo moral y material. A ellos mi más profundo y eterno agradecimiento por haberme formado y guiado en la culminación exitosa de mi carrera profesional.

A mis hermanos: Gloria, Jairo, Humberto, Jaime, Arlex, Patricia y Roger Marín García por su apoyo constante e infinita comprensión que siempre me brindaron.

AGRADECIMIENTO

Expreso mi más sincero agradecimiento a las siguientes instituciones y personas que han contribuido en la ejecución de la presente tesis:

- A la Escuela de Post Grado de la Universidad Nacional de Ucayali por brindarme en sus recintos las enseñanzas a través de profesores idóneos de la Maestría en mención de Medio Ambiente: Desarrollo Sostenible y responsabilidad social.
- Al Dr. Fredy Helar Velásquez Ramírez por el valioso asesoramiento y constante apoyo durante toda la etapa de realización del presente trabajo de investigación.
- A todas las personas que de alguna u otra forma ayudaron en la realización del presente proyecto.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en los caseríos: Mar del Plata Km 72 de la carretera Federico Basadre interior 8, con las coordenadas UTM: 489733 E y 9035890 N y Hermosa Selva Km 57 de la carretera Federico Basadre interior 12, con las coordenadas UTM 509690 y 9036009 N. El objetivo general fue determinar la influencia del método de limpieza de parcelas (MLP) en el contenido de Cadmio en suelos y granos de cacao (*Theobroma cacao* L.). La investigación fue de tipo aplicado, de observación, explicativo y experimental de tipo mixto. Para el estudio se utilizó un diseño de bloques completamente al azar (BCR), con 4 bloques y 4 tratamientos. Como unidad experimental se tuvo 1 parcela de media hectárea. Los tratamientos en estudio fueron T1: sin MLP + manejo orgánico, T2: con MLP + orgánico, T3: sin MLP + manejo inorgánico, T4: con MLP + manejo inorgánico. Se tomaron muestras de suelo a 10, 20 y 40 cm y de granos de 16 parcelas en estudio. El Cadmio disponible en el suelo se determinó por el método del extractante y el Cadmio total en los granos por vía húmeda realizando la lectura en el Espectrofotómetro de Absorción Atómica (EAA). Según el análisis de varianza al 0.05, ninguno de los tratamientos influyó en el contenido de Cadmio en los suelos de las parcelas evaluadas en los 10, 20 y 40 cm de profundidad a los 30, 60 y 120 días de evaluación, sin embargo, si se encontró diferencias significativas entre los tratamientos T2, T3 y T4 frente al T1 (testigo) a los 60 días de evaluación lo que indica que el MLP si influye en el contenido de Cadmio en los granos. Así mismo a los 120 días se encontró diferencias entre los bloques, indicando que entre los dos caseríos existe variación en el contenido de Cadmio.

Palabras clave: hiperacumulación, absorción, reciclaje, acumulación.

ABSTRACT

The present research work was carried out in the villages: Mar del Plata Km 72 of the Federico Basadre interior highway 8, with UTM coordinates: 489733 E and 9035890 N and Hermosa Selva Km 57 of the Federico Basadre highway, inside 12 km, with UTM coordinates 509690 and 9036009 N. The general objective was to determine the influence of the plot cleaning method (MLP) on the Cadmiun content in soils and cocoa beans (*Theobroma cacao* L.). The research was of an applied, observational, explanatory and experimental type of mixed type. A completely randomized block design (BCR) was used for the study, with 4 blocks and 4 treatments. As an experimental unit, there was 1 plot of half a hectare. The treatments under study were T1: without MLP + organic management, T2: with MLP + organic, T3: without MLP + inorganic management, T4: with MLP + inorganic management. Soil samples were taken at 10, 20 and 40 cm and of grains from 16 plots under study. The available Pb in the soil was determined by the extractant method and the total Pb in the tissues by the wet way, making the reading in the Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS). According to the analysis of variance at 0.05, none of the treatments influenced the Cadmiun content in the soils of the plots evaluated in the 10, 20 and 40 cm depth at 30, 60 and 120 days of evaluation, however if found significant differences between treatments T2, T3 and T4 versus T1 (control) at 60 days of evaluation, which indicates that the MLP does influence the Cadmiun content in the grains. Likewise, at 120 days, differences were found between the blocks, indicating that between the two villages there is variation in the content of Cadmiun.

Keywords: hyperaccumulation, absorption, recycling, accumulation.

INTRODUCCIÓN

Dentro de la problemática en cuanto a la presencia de los metales pesados en el cultivo del cacao (*Theobroma cacao* L.) existen factores de suma importancia que deben ser considerados para su correcto manejo, uno de ellos es el origen o incorporación de estos elementos al suelo y el otro es el reciclaje natural continuo o constante en los campos de producción, debido a la caída de las hojas (de forma natural) y a la incorporación de abonos orgánicos que contiene grandes cantidades de estos elementos. Generalmente estos abonos están elaborados a base de cáscaras o residuos de cosecha que contienen metales pesados, razón por la cual Gramlich et al. (2017) menciona que las plantas de cacao se ven facilitadas en absorber Cadmio por el reciclaje en campo debido al uso de residuos de cosecha y por la hojarasca.

Estudios demuestran que el reciclaje de metales pesados en los campos de producción de cacao realmente existe, en especial en los trabajos realizados en la región de Ucayali donde se indica que los metales pesados están acumulados en todos los tejidos de la planta, especialmente en las partes áreas como las hojas y frutos (Mite, 2010; citado por Barrueta (2013); Huamaní *et al.,* 2012; Campos y Flores, 2015). Los metales pesados como el Cadmio también pueden incorporarse por adición excesiva de productos químicos al suelo, ya que en la mayoría de estos especialmente en los productos nitrogenados y fosfatados existen metales pesados, y en cuanto a los abonos orgánicos también es posible encontrar estos elementos (Acosta *et al*., 2003; Rosal *et al.*, 2007; Martí *et a*l., 2002).

En tal sentido la presencia de metales pesados como el Cadmio en las parcelas de producción está ligado en gran medida al manejo del cultivo, como también al reciclaje continuo de estos elementos al suelo, por lo tanto es necesario utilizar procedimientos en campo que controlen y monitoreen la presencia de metales pesados en los insumos a utilizar, así como de prácticas mecánicas para reducir el reciclaje de estos elementos, enfocados principalmente en la limpieza de las hojas y residuos de cosechas dentro de las parcelas. En tal sentido el presente proyecto de investigación tuvo como objetivo general evaluar el método de limpieza de Parcelas (MLP) para reducir la concentración de Cadmio en los suelos de los campos de cultivo y granos de cacao, mediante la limpieza de hojas y cáscaras de las parcelas de forma mecánica, con esta acción se pretendió disminuir el reciclaje de Cadmio y por consiguiente reducir su presencia en suelos y granos de cacao.

ÍNDICE **Pág.**

DEDICATORIA v
RESUMEN vii
ABSTRACT viii
INTRODUCCIÓN ix
ÍNDICE DE TABLAS. xiii
ÍNDICE DE FIGURA xiv
CAPÍTULO I. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN..... 1
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA..... 1
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA 2
1.2.1. Problema general..... 2
1.2.2. Problemas específicos 2
1.3. OBJETIVOS..... 3
1.3.1. General 3
1.3.2. Específicos..... 3
1.4. VARIABLES 4
1.5. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA 5
1.6. VIABILIDAD 6
1.7. LIMITACIONES..... 6
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO..... 7
2.1. ANTECEDENTES..... 7
2.2. BASES TEÓRICAS..... 9
2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES..... 20
CAPÍTULO III. MARCO METODOLOGÍCO..... 24
3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN..... 24
3.2. DISEÑO Y ESQUEMA DE LA INVESTIGACIÓN 24

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA 26
3.3. PROCEDIMIENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS 27
3.4. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS 29
3.5.TÉCNICAS DE RECOJO, PROCESAMIENTO Y RECOLECCIÓN DE DATOS 30
CAPITULO IV. RESULTADOS 31
4.1. CONTENIDO DE CADMIO EN LOS SUELOS 31
4.1.1. Contenido de cadmio a 30 días de evaluación 31
4.2. CONTENIDO DE CADMIO EN LOS GRANOS DE CACAO (Theobroma cacao L.). 43
4.2.1. Contenido de cadmio en los granos a los 30 días de evaluación 43
4.2.2. Contenido de cadmio en los granos a los 60 días de evaluación 44
4.2.3. Contenido de cadmio e a los 120 días de evaluación 44
CAPÍTULO V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS. 48
CONCLUSIONES 53
SUGERENCIAS 54
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS 55
ANEXOS 61

ÍNDICE DE TABLAS Pág.

Tabla 1. Variables en estudio……4

Tabla 2. Tratamientos en estudio……..25

Tabla 3. Contenido de Cadmio (ppm) en suelos a los 30 días de evaluación a 10 cm de profundidad……..31

Tabla 4. Contenido de Cadmio (ppm) en suelos a los 30 días de evaluación a 20 cm de profundidad……..31

Tabla 5. Contenido de Cadmio (ppm) en suelos a los 30 días de evaluación a 40 cm de profundidad……..32

Tabla 6. Contenido de Cadmio (ppm) en suelos a los 60 días de evaluación a 10 cm de profundidad……..34

Tabla 7. Contenido de Cadmio (ppm) en suelos a los 60 días de evaluación a 20 cm de profundidad……..34

Tabla 8. Contenido de Cadmio (ppm) en suelos a los 60 días de evaluación a 40 cm de profundidad……..35

Tabla 9. Contenido de Cadmio (ppm) en suelos a los 120 días de evaluación a 10 cm de profundidad……37

Tabla 10. Contenido de Cadmio (ppm) en suelos a los 120 días de evaluación a 20 cm de profundidad……37

Tabla 11. Contenido de Cadmio (ppm) en suelos a los 120 días de evaluación (MLP) a los 40 cm de profundidad……38

Tabla 12. Contenido de Cadmio (ppm) en los granos de cacao (*Theobroma cacao* L.) a los 30 días de evaluación……..43

Tabla 13. Contenido de Cadmio (ppm) en los granos de cacao (*Theobroma cacao* L.) a los 60 días de evaluación……..44

Tabla 14. Contenido de Cadmio (ppm) en los granos de cacao (*Theobroma cacao* L.) a los 120 días de evaluación……44

ÍNDICE DE FIGURA Pág.

Figura 1. Distribución geográfica de la especie *Theobroma cacao* L.……...10

Figura 2. Proceso general de la fitorremediación……...15

Figura 3. Contenido de Cadmio en las especies agroforestales……...19

Figura 4. Diagrama del diseño experimental en el campo…….26

Figura 5. Ubicación de las parcelas en estudio……27

Figura 6.Contenido de Cadmio (ppm) promedio en los suelos a 10 cm de profundidad a los 30, 60 y 120 días de evaluación…….40

Figura 7. Contenido de Cadmio (ppm) promedio en los suelos a 20 cm de profundidad a los 30, 60 y 120 días de evaluación…….41

Figura 8. Contenido de Cadmio (ppm) promedio en los suelos a 40 cm de profundidad a los 30, 60 y 120 días de evaluación…….42

Figura 9. Contenido de Cadmio (ppm) promedio en los granos los 30, 60 y 120 días de evaluación……..46

CAPÍTULO I. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

En la región Ucayali el cultivo del cacao (*Theobroma cacao* L.) desde hace varios años se ha convertido en una de las actividades más promovidas por las diferentes instituciones públicas y privadas, y es hasta ahora escenario de trabajos de investigación donde se cuantificaron y analizaron el contenido de los metales pesados en los suelos y tejidos de las diferentes zonas de producción. Campos y Flores (2015), analizaron y cuantificaron el contenido de Cadmio y Plomo en suelos y tejidos de 15 parcelas ubicadas en el distrito de San Alejandro, Provincia de Padre Abad, Región Ucayali, donde los resultados en los suelos y en los granos sobrepasaron los límites máximos permisibles.

Así mismo en Perú y en Ecuador también se han reportado en diferentes estudios niveles altos de Cadmio en los granos los cuales superaron los límites máximos permisibles (0.5 ppm) en muchas zonas productoras de cacao, siendo los granos la última parte donde más se acumulan los metales pesados (Romero – Estévez *et al*., 2019; Arévalo-Gardini *et al*., 2017). Tal como se describió el problema de los metales pesados es a nivel mundial en las diferentes zonas productoras y se agrava en definitiva porque debido al contenido alto que sobre pasan los límites permisibles se corre el riesgo de tener problemas con la exportación, puesto que varios países de Europa y Estados Unidos los cuales son los principales importadores de cacao y sus derivados, exigen productos libres de metales pesados los mismos que están establecidos en el reglamento (CE) 1881/2006 donde se indican que los contenidos máximos

permisibles varían de 0.5 y 2 ppm de Cadmio/kg de producto respectivamente (MINAG, 2012). En tal sentido se necesitan de estrategias y métodos que ayuden a reducir en contenido de metales pesados en campo, puesto que hasta la fecha no se tiene algo definitivo y en muchas zonas de producción se desconocen de técnicas y del manejo adecuado para controlar este problema.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. Problema general

- ¿Cuál es la influencia del método de limpieza con fertilización orgánica e inorgánica en la remediación del contenido de cadmio en el suelo y granos de cacao (*Theobroma cacao* L.)?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuál sería el contenido de Cadmio en suelos y granos que se determinará en las parcelas de manejo orgánico utilizando el método de limpieza?
- ¿Cuál sería el contenido de Cadmio en suelos y granos que se determinará en las parcelas de manejo orgánico sin utilizar el método de limpieza?
- ¿Cuál sería el contenido de Cadmio en suelos y granos que se determinará en las parcelas de manejo inorgánico utilizando el método de limpieza?
- ¿Cuál sería el contenido de Cadmio en suelos y granos que se determinará en las parcelas de manejo inorgánico sin utilizar el método de limpieza?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. General

- Determinar la influencia del método de limpieza con fertilización orgánica e inorgánica en la remediación del contenido de cadmio en el suelo y granos de cacao (*Theobroma cacao* L.).

1.3.2. Específicos

- Determinar la influencia del método de limpieza con fertilización orgánica e inorgánica en la remediación del contenido de cadmio en el suelo y granos de cacao en parcelas de manejo orgánico utilizando el método de limpieza.
- Determinar la influencia del método de limpieza con fertilización orgánica e inorgánica en la remediación del contenido de cadmio en el suelo y granos de cacao en parcelas de manejo orgánico sin utilizar el método de limpieza.
- Determinar la influencia del método de limpieza con fertilización orgánica e inorgánica en la remediación del contenido de cadmio en el suelo y granos de cacao en parcelas de manejo inorgánico utilizando el método de limpieza.
- Determinar la influencia del método de limpieza con fertilización orgánica e inorgánica en la remediación del contenido de cadmio en el suelo y granos de cacao en las parcelas de manejo inorgánico sin utilizar el método de limpieza.

1.4. VARIABLES

Las variables en estudio y su operacionalización se describen en la siguiente tabla:

Tabla 1. Variables en estudio.

Variables	Definición	Dimensión	Indicadores	Instrumentos de Medición
Independientes				
Método de limpieza de Parcelas (MLP)	Parcelas con y sin reciclaje de hojas y residuos.	• Parcelas limpias. • Parcelas no limpias.	• Limpieza	Observación de resultados
Sistema de manejo	Tipo de manejo que se les dio a las parcelas	• Compost • Urea, roca fosfórica y cloruro de potasio.	• Orgánico • Inorgánico	Observación de resultados
Dependientes				
Contenido de Cadmio en suelos y granos.	Niveles de Cadmio que están presente en el suelo y granos de cacao.	• Cadmio en Granos • Cadmio en suelos.	• Contenido en: ppm.	Observación de resultados

1.5. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

El método de limpieza de parcelas (MLP) tiene vital importancia dentro del objetivo que es reducir el Cadmio en suelos y granos de cacao (*Theobroma cacao* L.), ya que es una técnica de mitigación que involucra procedimientos mecánicos aplicables en el campo. Se fundamenta en la naturaleza hiperacumuladora de la especie *Theobroma cacao* L., que absorbe gran cantidad de metales pesados y los concentra en los tejidos generalmente en las partes aéreas como las hojas y los frutos (Latlance *et al*., 2018). En tal sentido el presente proyecto de investigación se justifica porque se pretendió utilizar el método de limpieza de parcelas (MLP), para absorber el Cadmio del suelo y llevarlo a los tejidos de la planta donde por medio de la caída de las hojas y los residuos de cosecha (cáscaras) reducir ese contenido al evitar el reciclaje de toda esa cantidad de biomasa. Este proceso incluye dos etapas: en la primera se recolecta las hojas y cáscaras de cacao presente en los suelos de las parcelas, para evitar el reciclaje de metales pesados. En la segunda etapa se utiliza los abonos orgánicos que presenten contenidos mínimos de metales pesados hasta que dure el proceso de limpieza de las parcelas, esto con la intención de que no se incorpore Cadmio en el suelo mientras se esté aplicando el método. El trabajo de investigación se realizó con la finalidad de reducir o minimizar el contenido de Cadmio en los granos de cacao, y de esa manera aportar con la solución al problema del contenido excesivo de Cadmio en los suelos y tejidos y de esta manera evitar las restricciones que imponen los países importadores de cacao. Una de las ventajas más resaltantes del método de limpieza de parcelas es que es económicamente accesible para todos, solo demanda de trabajo en campo y una capacitación.

1.6. VIABILIDAD

El proyecto de investigación fue viable por lo siguiente:

- Se contó con los fondos del gas de Camisea (FOCAM) para costear la parte práctica del proyecto, así como los análisis respectivos.
- Se contó con toda la colaboración de los productores de los caseríos Mar del Plata (km 72, interior 8 de la CFB) y Hermosa Selva (Km 57, interior 12 de la CFB).
- Se contó con profesionales especializados en el tema, así como de tesistas y colaboradores que facilitaron el trabajo en campo.

1.7. LIMITACIONES

El proyecto de investigación presentó las siguientes limitaciones durante su ejecución:

- Algunas veces se presentaron precipitaciones pluviales que afectaron las carreteras para llegar a los caseríos.
- A veces no se encontraban los dueños de las parcelas, por lo que se tuvo que posponer los muestreos.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES

Latlance *et al*., (2018), realizó un trabajo de investigación cuyo objetivo fue evaluar la acumulación de Cadmio en las especies: *Matisia cordata* Bonpl., *Pouteria caimito* (Ruiz & Pav.) Radlk., *Vochysia sp*., *Malvaviscus sp*., *Carludovica palmata* Ruiz & Pav., *Theobroma cacao* L, y *Attalea sp.,* en una parcela con un sistema agroforestal en la Comunidad Nativa de Pakun, en la región de Amazonas en la selva peruana. Se analizó el Cadmio total en hoja, tallo y raíz. De acuerdo a los resultados la especie *Theobroma cacao* L., fue la que presento las concentraciones más altas de Cadmio en todos los tejidos en comparación a las demás especies evaluadas (de 0.4 a 1.6 mg/kg), lo que indica que es una especie susceptible a la acumulación de Cadmio.

Gramlich *et al.,* (2018), realizó un trabajo de investigación cuyo objetivo fue determinar las concentraciones de Cadmio en hojas de cacao, cáscaras de mazorcas y granos de cacao (*Theobroma cacao* L.) y su relación con el suelo. De todos los factores estudiados, el Cadmio del suelo disponible en gradientes difusivos fue el mejor predictor del Cadmio del grano (R2 = 0.5). Cuando no se consideró la gradiente difusiva, la mejor forma de predecir el Cadmio del grano era el Cadmio del suelo "total", el pH y la geología. Las concentraciones más altas de Cadmio en los granos se encontraron en sustratos aluviales.

Aikpokpodion *et al*., (2013), realizó un trabajo de investigación cuyo objetivo fue determinar la concentración de Cadmio y Plomo en granos de cacao de las zonas productores de Nigeria. El resultado muestra que solo una de las

parcelas presentó contenidos de Cadmio los cuales estuvieron por debajo de los límites permisibles (0.04 a 0.08 ppm). Así mismo se encontró que los contenidos de Plomo en todas parcelas que fueron estudiadas fueron de 0,85 y 3,00 ppm, con un promedio de 1,97 ppm. Puede haber varias razones para explicar este resultado, pero en lo principal al contenido natural de Plomo que esta presenta en la mayoría de los suelos donde se cultiva el cacao.

Chavez *et al*., (2015), realizó un trabajo de investigación cuyo objetivo fue determinar el contenido de Cadmio en suelos y granos en zonas productoras del Ecuador. Según los resultados el contenido de Cadmio en granos de cacao sobrepaso los límites máximos permisibles con valores de 0.6 – 1 ppm. Esto causo gran preocupación entre productores y consumidores, puesto que se conocen los efectos perjudícales del Cadmio en la salud. Por otro lado, el valor de Cadmio recuperable total varió de 0.06 a 2.59 ppm, con un promedio de 1,54 ppm, que fueron encontrados en los suelos de tipo superficiales y sub superficiales en los cuales se realizó el estudio.

Huamaní *et al*., (2012), realizó una investigación cuyo objetivo fue determinar los contenidos de Plomo y Cadmio en suelos y hojas de plantas de cacao (*Theobroma cacao* L.) en 22 parcelas de tipo orgánico en las regiones de Huánuco y Ucayali, Perú. Los valores promedio de Plomo y Cadmio disponibles en los suelos fueron 0.53 y 3.02 ppm y en las hojas de cacao de 0.21 y 0.58 ppm. Los valores encontrados estuvieron por debajo de los límites máximos permisibles lo que indica que no existe en tales zonas contaminación por metales pesados.

Arévalo-Hernández *et al*., (2016), realizó un trabajo de investigación cuyo objetivo fue determinar el contenido de metales pesados en las principales zonas productoras de cacao del Perú. Las muestras de suelos fuero colectadas a profundidades de: 5, 10, 20, 40, 60 y 80 cm y también se colecto muestras de frutos y de hojas. De acuerdo a los resultados los contenidos de Pb, Fe, Cadmio, Ni, Cu, Zn y Mn en suelos, hojas y grano se encontraron por debajo de los límites máximos permisibles, por lo que no existe contaminación por metales pesados en esas zonas de producción.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. Origen del cacao

La distribución geográfica de la especie *Theobroma cacao* L., es muy extensa, pero su origen es bastante conocido y varios autores concuerdan que es originaria de los boques tropicales de América del Sur en la región Amazónica. Su extensión va desde la región del Amazonas, las Guyanas llegando a Centro América hasta el país de México (Dostert, 2011). Históricamente se conoce que después de la llegada de los españoles a América el cultivo se extendió aún más llegando a países del Caribe, África y Asia donde también es muy popular su cultivo y se desarrolla sin problemas (Figura 1).

Actualmente los países Africanos de Costa de Marfil y Ghana y también en Asia el país de Indonesia. son considerados los productores más grandes e importantes de cacao en el mundo, de igual forma en el Perú también se cultiva ampliamente en varias regiones, siendo las principales por el volumen y exportación las siguientes: Piura, Madre de Dios, Loreto, Junín, Huánuco, Cuzco, Cajamarca, Ucayali, Ayacucho, Pasco y San Martin (Dostert, 2011).



Figura 1. Distribución geográfica de la especie *Theobroma cacao* L.

Fuente: Dostert, (2011).

2.2.2. Clasificación taxonómica del cultivo del cacao

The International Plant Name Index (2021), describe a la especie *Theobroma cacao* L., de la siguiente forma:

- **Reino:** Plantae
- **Subreino:** Tracheobionta
- **División:** Magnoliophyta
- **Clase:** Magnoliopsida
- **Subclase:** Dilleniidae
- **Orden:** Malvales
- **Familia:** Sterculiaceae
- **Subfamilia:** Byttnerioideae

- **Género:** *Theobroma*
- **Especie:** *Theobroma cacao* L.

2.2.3. Presencia de elementos traza en el cultivo del cacao (*Theobroma cacao* L.)

Los elementos traza o también llamados metales pesados se encuentran de forma natural en la corteza terrestre, el termino traza hace mención a que están distribuidos en bajas concentraciones, como hace parte del ecosistema como factor abiótico no afecta la vida de los microrganismos, a no ser que se presente en grandes cantidades donde puede ocasionar efectos perjudiciales. Estos elementos tienen la propiedad de que no pueden desintegrarse, eso quiere decir que no puede lixiviarse o descomponerse, si no que pueden ser absorbidos por las plantas, acumularse en los tejidos y formar parte de la cadena alimenticia de un ecosistema (García *et al*., 2012).

A consecuencia del establecimiento de los límites máximos permisibles de metales pesados en cacao y sus derivados por parte del CODEX ALIMENTARIUS, la preocupación mundial principalmente de los países productores aumento considerablemente. En el continente africano los países de Ghana y Nigeria son dos de los países que producen grandes cantidades de grano de cacao, principalmente para exportación a Europa y Estados Unidos. Según algunos estudios se encontró alta contaminación de granos de cacao por Plomo en varias regiones productoras, esto debido a la presencia natural y a la incorporación por medio de insumos contaminados con Plomo (Aikpokpodion *et al*., 2013).

Existe un escenario muy complejo en cuanto al tema de metales pesados en el cultivo del cacao, puesto que, debido a la presencia de Pb en granos de cacao en África, la Asociación de Cacao y Chocolate de Japón expresaron a Ghana su preocupación por grano contaminado en niveles altos, por lo que se establecieron controles de calidad más rígidos para aceptar productos de exportación, en específico los límites máximos permisibles de metales pesados en granos y productos derivados de cacao. Por esta razón en los demás países productores desde hace varios años se vienen realizando proyectos de investigación que busquen reducir el contenido de metales pesados en el cultivo del cacao, tales proyectos se enfocaban en la cuantificación de Cadmio principalmente y en las posibles formas de control y reducción, pero actualmente no se cuenta con una técnica o método especial que dé solución al problema puesto que existe el reciclaje natural de metales pesados en el cultivo del cacao. Esto se torna en una desventaja grande, puesto que las hojas y los residuos de las cosechas (cáscaras) que contienen metales pesados, pueden reciclarse constantemente debido a la caída de las hojas y a la incorporación de abonos elaborados con cáscaras que luego son acumulados por los tejidos de las plantas (Gramlich *et al*., 2018).

2.2.2. Uso de las plantas en la remediación de metales pesados

La técnica de la fitorremediación o remediación con el uso de plantas es un proceso químico biológico que se fundamenta en la utilización de las plantas para remediar o remover contaminantes de origen inorgánico u orgánico en aguas, suelos, lodos o algún tipo de sedimentos en proyectos ambientales, por lo tanto, puede utilizarse de forma *in situ* o *ex situ*. Este proceso incluye varias

técnicas que son aplicados para su éxito, estas pueden ser: la fito-extracción, la fitoestabilización, la rizodegradación y la fitodegradación (Steven, 2005 en Agudelo *et al*., 2005).

Por otro lado, la rizodegradación contempla el uso de las raíces de las plantas fitoremediadoras y se realiza en el suelo. Las raíces secretan sustancias durante este proceso, aportando nutrientes a los suelos para el desarrollo de microorganismos que a su vez permiten que los metales pesados no lleguen a las partes áreas de la planta y sean acumulados en las raíces. La fitoextracción es un procedimiento donde los contaminantes son absorbidos por las raíces de las plantas y son acumulados a lo que también se denomina “fitoacumulación”, y finalmente estos elementos son transportados o traslocados a los tejidos de las plantas como las hojas, tallos y frutos los tallos y frutos. La fitoestabilización es un procedimiento en el que las plantas inmovilizan a los contaminantes en el suelo o impiden que estos tengan biodisponibilidad para ser absorbidos por las plantas, esto se debe a que las plantas producen compuestos químicos, que al absorber los contaminantes forman diferentes complejos que ya no son disponibles. La fitodegradación se fundamenta en el metabolismo de los contaminantes que son absorbidos por las plantas, y esto se realiza atreves de enzimas que catalizan el proceso de su degradación, en la figura 1 se puede observar el proceso de la fitorremediación (Steven, 2005 en Agudelo *et al*., 2005).

En el proceso de la fitorremediación una vez utilizan varias especies de plantas para absorber los contaminantes, estas pueden ser desechadas y transportadas a otras partes. También se pueden incinerar las plantas cosechadas o de lo contrario de si estas han degradado los contaminantes solo

llevarlas a otros lados donde pueden ser procesadas (Steven, 2005 en Agudelo *et al*., 2005). Cabe resaltar que la fitorremediación presenta ventajas, pero al mismo tiempo también desventajas como las que se mencionan la continuación:

Ventajas

- Se pueden reciclar los metales pesados de las plantas extraídas. Este proceso puede limpiar una gran variedad de contaminantes, puesto que presenta una gran capacidad de absorción por medio de las raíces de las plantas.
- La técnica reduce los contaminantes en el ambiente, por medio de la acumulación de estos en los tejidos de las plantas.

Desventajas

- El ciclo natural del metal en los animales y plantas toma un largo tiempo.
- Si los contaminantes están fuera del alcance de las raíces será más difícil absorberlos, y complicaría el proceso.
- Algunos metales pesados son altamente tóxicos y al ser absorbidos por las plantas pueden ser un gran riesgo potencial.

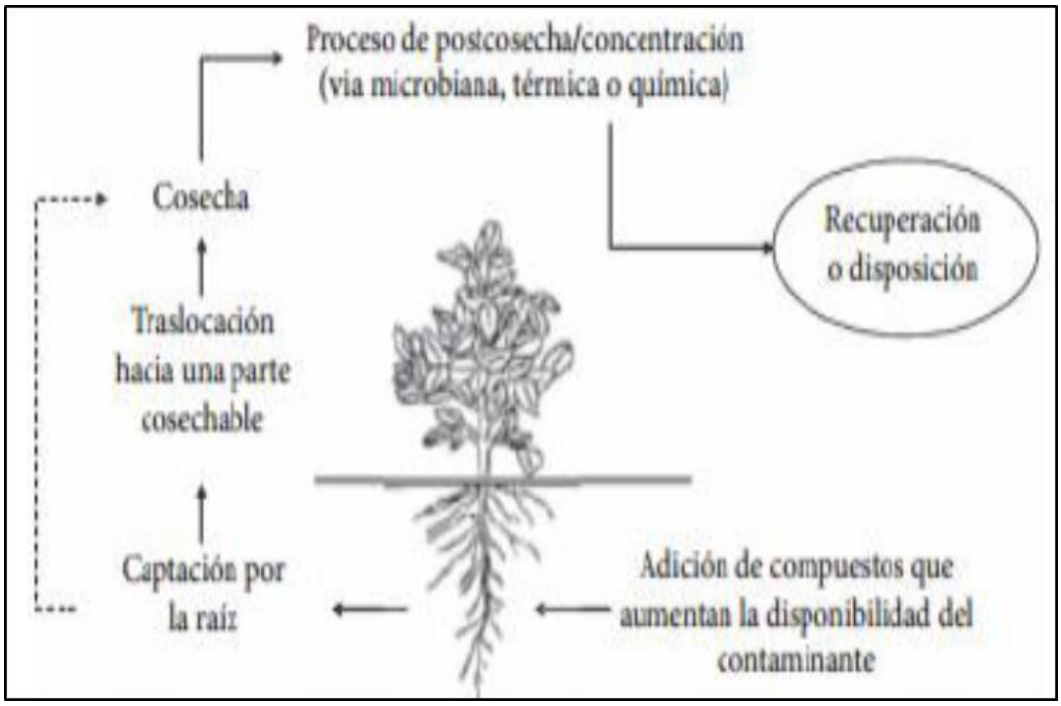


Figura 2. Proceso general de la fitorremediación.

Fuente: Agudelo *et al*., (2005).

2.2.3. Reciclaje natural de metales pesados en el cultivo del cacao

Tal como se mencionó anteriormente el problema de los metales pesados en el cultivo del cacao tiene énfasis en primer lugar en la absorción que realiza la planta, que después concentra estos elementos en todos los tejidos, principalmente en las partes aéreas como las hojas y los frutos, que es allí donde se vuelve un problema puesto que afecta a los granos (Augstburger *et al*., 2000). Las hojas que contenga grandes cantidades de metales pesados como el Cadmio, se convierte en un problema potencial en los campos de producción, y puede agravarse aún más por la característica de la planta que pierde hojas y estas se amontonan en el suelo formando una capa gruesa que posteriormente

seguirá su proceso de descomposición, incorporando metales pesados de forma continua, tal como puede observarse en la figura 1 (Gramlich *et al*., 2018). El reciclaje de metales pesados aún se complica cuando se utilizan abonos orgánicos que fueron elaborados con insumos contaminados, ya que en los de producción no se tiene en cuenta este detalle a la hora de elaborar los abonos, puede ser compost, gallinaza, guano etc., y como también los metales pesados también puede encontrarse en los fertilizantes químicos de uso común (Martí *et al*., 2002; Rosal *et al*., 2007; Acosta *et al*., 2003). A demás generalmente para abonar el cacao, los productores utilizan los residuos de cosecha, es decir las cáscaras para elaborar sus abonos, que como bien se sabe es una forma directa de incorporar metales pesados al suelo, que complicaría el proceso de remediación.

2.2.4. El Cadmio en la salud humana

El Cadmio (Cd) es un elemento solido que se encuentra presente en la corteza terrestre en combinación con otras sustancias como el Cl, S y también O. Sus concentraciones en los diferentes suelos suelen ser muy bajas, es por eso que se les considera elementos traza, se estima que no supera el 1 ppm en los suelos, sin embargo, en las rocas y minerales su concentración puede variar de 1 al 10% (Adriano, 2001). En los suelos que presentan grandes cantidades de este elemento, el ion predominante es el Cadmio+2, junto con otras formas como Cadmio SO4 y Cadmio Cl2, que pueden estar presentes en cantidades altas, donde generalmente la característica sobresaliente de esos suelos es que poseen un pH neutro entre 6 a 6.5. El Cadmio no es esencial para el crecimiento

y desarrollo de los organismos vivos, por lo que a concentraciones altas suele ser muy toxico.

En la salud humana las altas concentraciones de Cadmio pueden ocasionar muchos problemas que pueden afectar a la salud gravemente si es que no se soluciona a tiempo. El Cadmio afecta los pulmones, siendo uno de los responsables directos del cáncer al pulmón. También el Cadmio afecta los riñones y el hígado causando varias enfermedades debido a su toxicidad (Adriano, 2001). Otros efectos negativos en la salud humana que causa el Cadmio pueden ser:

- Diarreas graves.
- Dolor de estómago y vómitos severos.
- Fractura de huesos.
- Fallos en la reproducción llevando a la infertilidad.
- Daño al sistema nervioso central
- Daño al sistema inmune.
- Desarrollo del cáncer.
- Desordenes psicológicos.
- Fatiga excesiva.

2.2.5. El comportamiento hiperacumuludor de la especie *Theobroma cacao* L.

En suelos muy contaminados con metales pesados es posible encontrar plantas que son capaces de resistir tales condiciones. Estas plantas poseen mecanismos especiales que no permiten que los metales pesados se acumulen en las partes aéreas como hojas y frutos, por lo tanto, siempre

presentaran concentraciones bajas (Rascio y Navari – Izzo, 2011). Así mismo también existen plantas que por el contrario pueden absorber gran cantidad de metales pesados y acumularlos en las partes aéreas, razón por la cual siempre su contenido será alto y está estrechamente relacionado al contenido de metales pesados que está presente el suelo (Rascio y Navari – Izzo, 2011). Las especies acumuladoras de metales pesados absorben gran cantidad de estos elementos en comparación con el resto y tienen una particularidad resaltante que no presentan toxicidad (Rascio y Navari – Izzo, 2011). En este grupo hablamos de las plantas hiperacumuladoras que pueden absorber y acumular grandes cantidades de metales pesados en sus tejidos. De manera general las especies hiperacumuladoras pueden absorber y acumular metales pesados entre 10 y 100 veces más que las concentraciones “normales en otras especies”.

De igual manera la especie *Theobroma cacao* L. en algunos estudios demostró tener las cualidades para ser considerada una especie hiperacumuladora, puesto que absorbió grandes cantidades de metales pesados las mismas que acumulo en sus tejidos (Latlance *et al*., 2018). Así mismo se determinó que las concentraciones acumuladas en sus tejidos eran mayores en comparación a la de otras especies. En el estudio realizado por Latlance *et al*.,(2018), se puede observar dicho comportamiento, el autor evaluó el contenido y acumulación de Cadmio en siete especies agroforestales, estas fueron: *Attalea sp, Pouteria caimito* (Ruiz & Pav.), *Matisia cordata* Bonpl., *Malvaviscus sp*., *Vochysia s*p., *Carludovica palmata* Ruiz & Pav., y *Theobroma cacao* L., siendo esta última especie la que acumulo más cantidad de Cadmio en sus tejidos que el resto de especies acumuladoras, el contenido fue de 0.4 a

1.6 mg/kg, en la figura 4 se muestra las concentraciones de todas las especies evaluadas en el estudio.

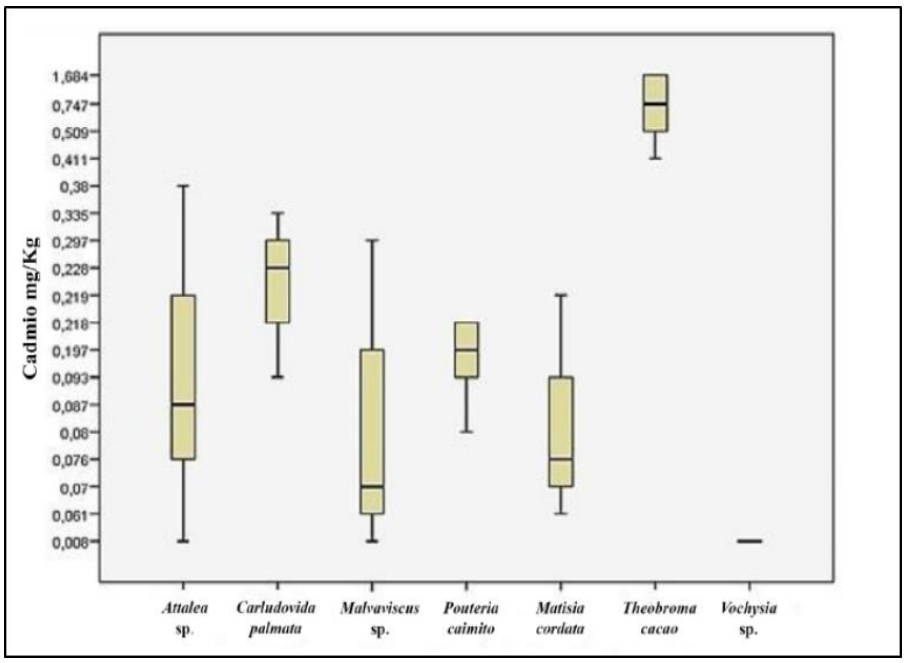


Figura 3. Contenido de Cadmio en las especies agroforestales.

Fuente: Llatance *et al*., (2018).

2.2.6. La caída de las hojas de la especie *Theobroma cacao* L

A través de los años muchos investigadores han realizado estudios sobre la fisiología de la especie *Theobroma cacao* L., y en específico sobre su característica más resaltante en el campo, la cual es la caída de las hojas. Según Báez (2018), la caída de hojas es parte del comportamiento fenológico de la especie *Theobroma cacao* L., se estimó que en una parcela de cacao hibrido presenta que caen un promedio de 48.4 hojas caídas/m^2 y en un sistema monocultivo de cacao puede producir de 4 a 5 t/ha de hojarasca. La época de verano es la que registra la mayor biomasa acumulada de la caída de las hojas. Así mismo cabe mencionar que los factores como la nutrición, clima, suelo y condición genética pueden acelerar o retrasar el proceso, considerándolos como

gran influencia en la caída de hojas. Como es sabido el reciclaje natural de metales pesados está muy relacionado a la caída de las hojas, puesto que esto será de forma permanente, lo que indica que, si las hojas contienen grandes cantidades de estos elementos, estos serían incorporados al suelo nuevamente.

Por otro lado, también es preciso indicar que, si se pretende realizar estudios que ayuden a la reducción o mitigación de metales pesados en el suelo y en los tejidos de la especie, es necesario tomar atención en el reciclaje natural que a su vez esta potenciado por esta característica del cacao, la cual es la caída de sus hojas. Por lo tanto, cualquier metodología nueva para este fin debe contar con evitar el reciclaje de las hojas para minimizar el contenido de metales pesados como el Cadmio en el tiempo.

2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES

- **Fitoextracción**

Se considera al proceso de absorción de elementos traza que realizan las plantas, para después acumularlos en los distintos tejidos. La cantidad de metales pesados que pueden absorberse depende de las especies y pueden ser mayores o menores (Agudelo *et al*., 2005).

- **Hiperacumulación**

Es una característica de algunas plantas para absorber y acumular metales pesados en sus tejidos en mayor proporción comparado con otras especies. Estas plantas no presentan problemas de fitotoxicidad ni adaptación a suelos altamente contaminados (Mendoza, 2013).

- **Fitorremediación**

Es la técnica que utiliza especies de plantas con la finalidad de extraer los metales pesados del suelo. Las plantas acumulan estos elementos en sus tejidos, por lo que se pueden disponer de ellas (Agudelo *et al*., 2005).

- **Metales pesados**

También se les llama elementos traza, son elementos de gran peso molecular que se encuentran de forma natural en el suelo. Estos elementos no afectan la vida de los seres vivos si es que se encuentran en bajas concentraciones (García *et al*., 2012).

- **Reciclaje**

Es un proceso en el cual se transforman los desechos en productos nuevos o en materia prima para su reutilización. En cuanto al cultivo del cacao y metales pesados se define como la incorporación constante de metales pesados al suelo por medio de la caída de las hojas y la elaboración de abonos con cascaras de cacao (Gramlich *et al*., 2018).

- **Biodegradable**

Puede ser un producto o sustancia que tras un proceso de descomposición se transforma en elementos más simples. Estos procesos pueden ser de naturaleza biológicas, físicas, químicas etc. (Mendoza, 2013).

2.4. Bases epistemológicas

En el trabajo de investigación se utilizó una metodología que consistía en la observación del problema central, la identificación de los fenómenos que intervienen en dicho problema, y el análisis de los resultados obtenidos, los cuales son contrarios al llamado paradigma del positivismo. Según Hildebrandt, citado por Vargas (2021), este tipo de paradigma mostrado busca establecer la realidad y el mundo que es atómico y el cual está separado y a su vez fijo, por lo tanto, se puede decir que el objetivo que persigue la investigación es hacer una descripción de la realidad el cual está orientado a un estudio que es el objeto a describir. Para tal descripción es necesario aplicar las herramientas brindadas, mediante el uso del método científico, las cuales son únicas y están relacionadas a las ciencias naturales, razón por la cual si se aplica a la situación del proyecto de investigación se obtendrá explicaciones que serán demostradas por leyes precisas y objetivas cuando se analicen los resultados. Finalmente se puede predecir dichos fenómenos o también servirá como guía para aquellos científicos que realicen trabajos similares de una forma adecuada y prescriptiva.

Por otro lado, la especie *Theobroma cacao* L., posee una característica que resalta en su producción en campo definitivo, la cual es que los árboles pierden sus hojas constantemente, lo cual influye de manera directa en el reciclaje de metales pesados, puesto que las hojas contienen estos elementos en mayor o menor medida dependiendo de la cantidad que absorben las pantas (Gramlich *et al*., 2018). En un estudio quedo demostrado que la especie es susceptible a la absorción de metales pesados como el caso del

Cadmio, puesto que se evaluaron varias especies en donde se observó que la especie *Theobroma cacao* L, absorbió y acumulo más Cadmio que las otras especies (Latlance *et al*., 2018).

CAPÍTULO III. MARCO METODOLOGÍCO

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

La investigación fue de tipo aplicado, de observación, explicativo y experimental de tipo mixto. Este tipo de investigación tiene por finalidad la de solución de los problemas relacionados al tema de estudio. También utiliza la observación y estudios de correlación entre las diferentes variables. Es explicativo porque explica los problemas y su dinámica e implica pautas para su posible solución (Barrantes, 2006).

3.2. DISEÑO Y ESQUEMA DE LA INVESTIGACIÓN

Para el estudio se utilizó un diseño de bloques completamente al azar (BCR), con 4 bloques y 4 tratamientos. Como unidad experimental se tuvo 1 parcela de media hectárea. El número total de unidades experimentales fue de 16 parcelas manejadas de forma orgánica y de forma inorgánica (ver figura 5).

El diseño experimental tuvo el siguiente modelo matemático:

$$Yijk: U + Ti + bij + Eijk.$$

- ***Yijk:*** Observaciones obtenidas la j-ésima vez que se repite el experimento, con el tratamiento iésimo.
- ***U*****:** Media general.
- ***Ti*****:** Efecto del tratamiento i.
- ***Bij:*** Efecto del boque ij.
- ***Eij:*** Efecto del error experimental que se presenta al efectuar la j-ésima observación del i ésimo tratamiento.

Los tratamientos en estudio fueron los siguientes:

Tabla 2. Tratamientos en estudio.

Tratamiento	Descripción	Manejo
T1	Sin aplicación de método de limpieza **(MLP)**, bajo manejo orgánico, sin aplicación de ningún producto.	Orgánico
T2	1 t de compost + 1500 L de orina/ha + Con el **MLP** (Método de limpieza de parcelas).	Orgánico
T3	150 kg de urea $CO(NH_2)_2$, 90 kg de roca fosfórica y 50 de cloruro de potasio (KCL).	Inorgánico
T4	150 kg de urea $CO(NH_2)_2$, 90 kg de roca fosfórica y 50 de cloruro de potasio (KCL) + Con el **MLP** (Método de limpieza de parcelas).	Inorgánico

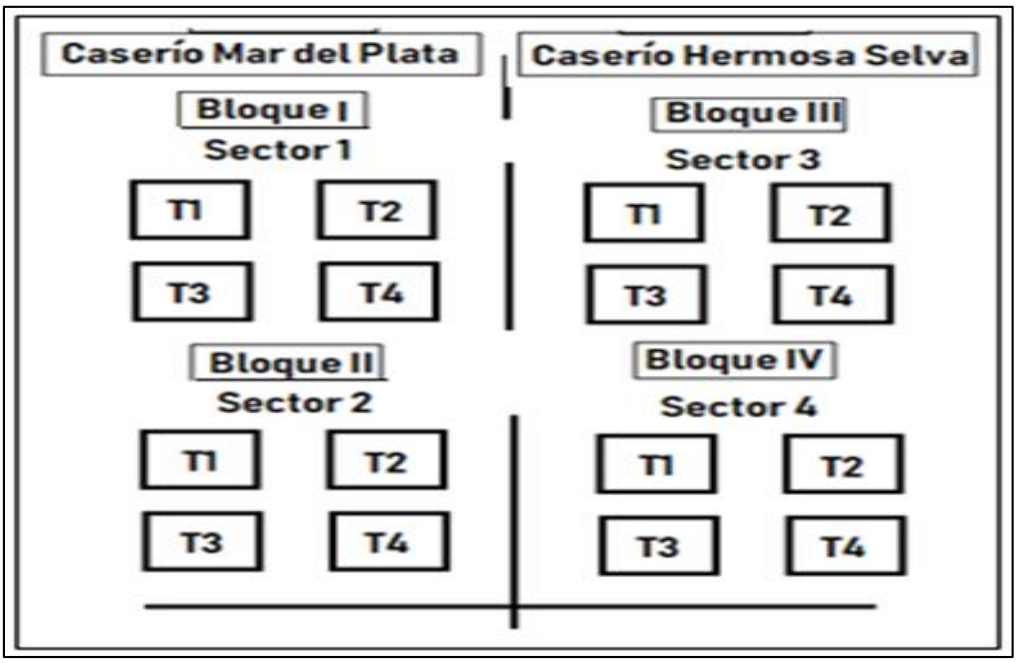


Figura 4. Diagrama del diseño experimental en el campo.

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1. Población

En el trabajo de investigación se consideró como la población a las 800 hectáreas de la Asociación de Cacaoteros Tecnificados de Padre Abad (ACAPTA), las cuales están distribuidos a lo largo de las provincias de Padre Abad y Coronel Portillo.

3.2.2. Muestra

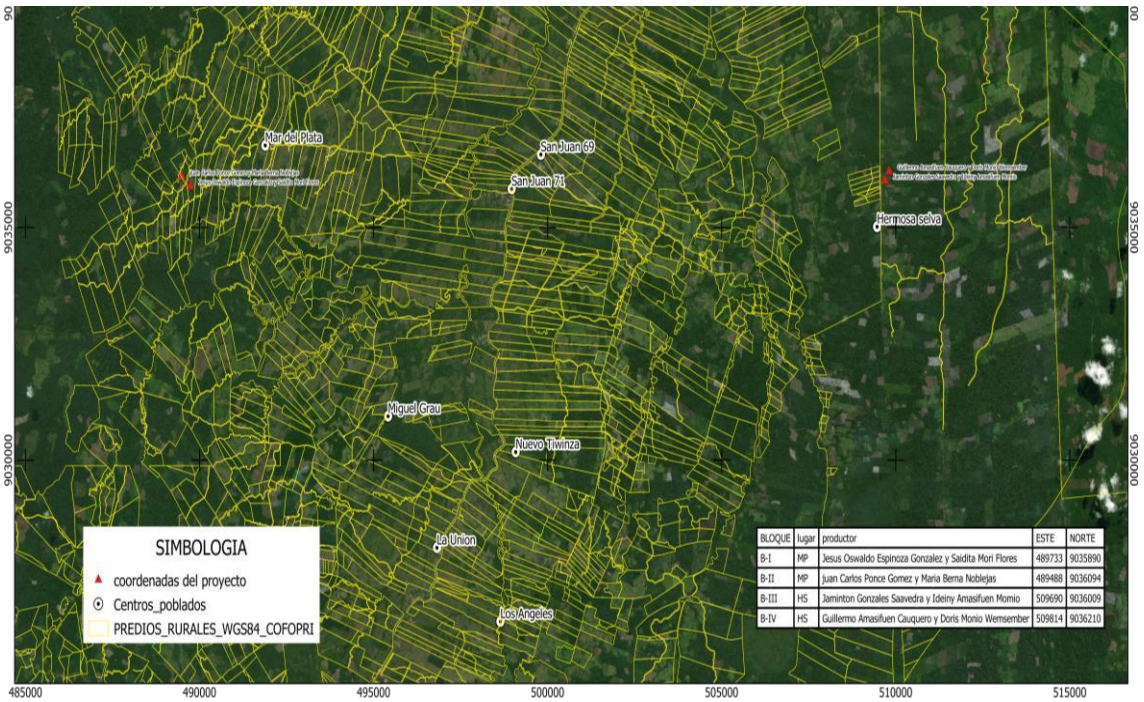
Para el trabajo de investigación se tomó una muestra de tipo intencional de 16 parcelas, basados también en el diseño estadístico con las unidades experimentales. El muestreo intencional permite seleccionar casos característicos de una población limitando la muestra sólo a estos casos. Se utiliza en escenarios en las que la población es muy variable y consiguientemente la muestra es muy pequeña (Otzen y Manterola, 2017).

3.3. PROCEDIMIENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Para la recolección de datos se desarrollaron las siguientes actividades:

3.3.1. Ubicación del estudio

Con la ayuda de investigaciones realizadas anteriormente se identificaron los lugares donde existen parcelas que presentaron altas concentraciones de Cadmio tanto en suelos como en granos. Se tomaron Las coordenadas de las 16 parcelas en estudio en las dos zonas, las cuales estuvieron ubicadas en los caseríos: Mar del Plata Km 72 de la carretera Federico Basadre interior 8, con las coordenadas UTM: 489733 E y 9035890 N y Hermosa Selva Km 57 de la carretera Federico Basadre interior 12, con las coordenadas UTM 509690 y 9036009 N (Figura 6).



BLOQUE	lugar	productor	ESTE	NORTE
B-I	MP	Jesus Oswaldo Espinoza Gonzalez y Saidita Mori Flores	489733	9035890
B-II	MP	juan Carlos Ponce Gomez y Maria Berna Noblejas	489488	9036094
B-III	HS	Jaminton Gonzales Saavedra y Ideiny Amasifuen Momio	509690	9036009
B-IV	HS	Guillermo Amasifuen Cauquero y Doris Monio Wensember	509814	9036210

Figura 5. Ubicación de las parcelas en estudio.

3.3.2. Aplicación del abono orgánico

El compost obtenido fue aplicado a las parcelas con manejo orgánico (8), y también se aplicó la orina humana como suplemento del compost. El compost aplicado fue de 1 t/ha/año y de orina humana fue 1500 L/ha/año.

3.3.3. Aplicación de fertilizantes inorgánicos

Los fertilizantes químicos fueron aplicados en base a las investigaciones realizadas por Uribe *et al*., (1998), el mismo que menciono la fórmula adecuada para la fertilización en el cacao, la cual fue: 150 kg de urea, 90 kg de roca fosfórica y 50 de cloruro de potasio al año/ha.

3.3.3. Aplicación del método de limpieza en los dos sistemas de manejo

El método limpieza de parcelas (MLP) fue aplicado teniendo en cuenta la disposición de las unidades experimentales dentro del campo. Cuatro (4) parcelas orgánicas fueron aquellas donde no se aplicó dicho método, y cuatro parcelas donde se aplicó el método (MLP). Así mismo se seleccionaron ocho (8) parcelas más con manejo inorgánico (figura 6).

3.3.4. Muestreo de suelos y granos

Se tomó una muestra compuesta de 1kg (5-7 sub muestras mezcladas) a profundidades de 10, 20 y 40 cm a todas las parcelas en estudio para las muestras de suelo. En cuanto a los granos se colectó mazorcas alrededor de cada parcela en estudio, para extraer los granos. Para estos muestreos se utilizó la Guía metodológica para el muestreo y detección de cadmio en suelos, agua, fertilizantes, almendras de cacao y productos derivados

elaborado por Barrueta (2013), como guía para facilitar el trabajo. Se realizó el muestreo de suelos y granos a los 30, 60 y 120 días.

3.3.5. Análisis de metales pesados en suelos

Esta actividad se realizó en el laboratorio de análisis de suelos, plantas, aguas y fertilizantes de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS) en la ciudad de Tingo María donde se determinó en el suelo: textura, PH, M.O, CIC, y Cadmio. El contenido de materia orgánica (M.O) se determinó utilizando el método Walkley Black (ISRIC, 2002). La textura del suelo se determinó mediante el método de Bouyoucos (Bouyoucos, citado por Huamaní *et al*., 2012). La capacidad de intercambio catiónico (C.I.C) se determinó mediante desplazamiento con KCl 1N (Suelos en pH < 5.5) (Rhoades, citado por Huamaní *et al*., 2012). El Cadmio disponible en el suelo se determinó por el método del extractante (EDTA 0.05 M y pH 7), y la lectura en EAA (Weterman, citado por Huamaní *et al*., 2012). Las muestras de hojas, granos, cáscaras, tallos y raíces se secaron en horno a 70 ° C por 48 horas, luego se molieron para aplicarles la solución nítrico perclórico 4:1 y se las dejó reposar por 24 horas para ser digeridas siguiendo las pautas del Método EPA 3050 (Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos, 1996).

3.4. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

El instrumento de medición utilizado para el estudio fue la ficha de recolección de datos del contenido de Cadmio por bloques y tratamientos a los 30, 60 y 120 días después de aplicado el método de limpieza de parcelas (anexo 4).

3.5. TÉCNICAS DE RECOJO, PROCESAMIENTO Y RECOLECCIÓN DE DATOS

3.5.1. Técnicas de recolección de datos

Las técnicas que se utilizaron en el proceso de investigación fueron las siguientes:

- **Observación experimental:** Al evaluar tratamientos con o sin el método de limpieza en las parcelas estudiadas.
- **Análisis documental:** Al revisar la literatura relacionada al tema de metales pesados en el cultivo de cacao.
- **Análisis en laboratorio:** Se realizó mediante el método de espectrofotometría de absorción atómica por vía húmeda.

3.5.2. Procesamiento de los datos

Los datos procedentes de los resultados fueron procesados y tabulados utilizando los softwares Excel y Word 2018, los cuales sirvieron para ordenar los datos en tablas y figuras, así mismo para el análisis de los datos se utilizó el software estadístico SSPS versión 21 con la cual se analizó el análisis de varianza (ANOVA) de todos los tratamientos en estudio. Los promedios se compararon utilizando la prueba de Tukey con un nivel de confianza del 95%.

CAPITULO IV. RESULTADOS

4.1. CONTENIDO DE CADMIO EN LOS SUELOS

4.1.1. Contenido de cadmio a 30 días de evaluación

Tabla 3. Contenido de Cadmio (ppm) en suelos a los 30 días de evaluación a 10 cm de profundidad.

Bloques	Tratamientos			
	T1	T2	T3	T4
I	0.06	1.43	0.28	0.04
II	0.04	0.05	0.11	0.12
III	0.03	0.03	0.05	0.02
IV	0.05	0.04	0.03	0.04
Promedio	0.045 a	0.387 a	0.117 a	0.055 a

*Valores promedio en una misma columna seguida por diferente letra indican diferencias significativas con la prueba de Tukey (p<0,05).

Tabla 4. Contenido de Cadmio (ppm) en suelos a los 30 días de evaluación a 20 cm de profundidad.

Bloques	Tratamientos			
	T1	T2	T3	T4
I	0.03	0.13	0.06	0.02
II	0.03	0.03	0.04	0.10
III	0.02	0.03	0.02	0.02
IV	0.03	0.03	0.03	0.04
Promedio	0.027 a	0.055 a	0.037 a	0.045 a

*Valores promedio en una misma columna seguida por diferente letra indican diferencias significativas con la prueba de Tukey (p<0,05).

Tabla 5. Contenido de Cadmio (ppm) en suelos a los 30 días de evaluación a 40 cm de profundidad.

Bloques	Tratamientos			
	T1	**T2**	**T3**	**T4**
I	0.01	0.12	0.04	0.01
II	0.02	0.01	0.03	0.06
III	0.01	0.02	0.01	0.01
IV	0.02	0.02	0.01	0.02
Promedio	0.015 a	0.042 a	0.022 a	0.025 a

*Valores promedio en una misma columna seguida por diferente letra indican diferencias significativas con la prueba de Tukey ($p<0,05$).

En la tabla 3 se puede observar los resultados del contenido de Cadmio en los suelos a los 30 días de evaluación (MLP) a 10 cm de profundidad, donde los tratamientos T1 (0.045 ppm) y T4 (0.045 ppm) obtuvieron los promedios más bajos de Cadmio, frente a los tratamientos T2 (0.387 ppm) y T3 (0.117) que fueron los promedios más altos. De acuerdo al análisis estadístico de varianza (ANOVA) para la variable contenido de Cadmio en los suelos a los 30 días todos los tratamientos en estudio no presentaron diferencias significativas tanto en los tratamientos como en los bloques al 0.05 de nivel de significancia (Anexo 1), lo que indica que los tratamientos en estudio no presentaron ninguna influencia en el contenido de Cadmio en los suelos de las parcelas estudiadas a los 10 cm de profundidad.

En la tabla 4 se puede observar los resultados del contenido de Cadmio en los suelos a los 30 días de evaluación a 20 cm de profundidad, donde los tratamientos T1 (0.027 ppm) y T3 (0.037 ppm) obtuvieron los promedios más bajos de Cadmio, frente a los tratamientos T2 (0.055 ppm) y T4 (0.045) que fueron los promedios más altos. De acuerdo al análisis estadístico de varianza (ANOVA) para la variable contenido de Cadmio en los suelos, todos los tratamientos en estudio no presentaron diferencias significativas tanto en los tratamientos como en los bloques al 0.05 de nivel de significancia (Anexo 1), lo que indica que a los 30 días los tratamientos en estudio no presentaron ninguna influencia en el contenido de Cadmio en los suelos de las parcelas estudiadas a los 20 cm de profundidad.

En la tabla 5 se puede observar los resultados del contenido de Cadmio en los suelos a los 30 días de evaluación a 40 cm de profundidad, donde los tratamientos T1 (0.015 ppm) y T3 (0.022 ppm) obtuvieron los promedios más bajos de Cadmio, frente a los tratamientos T2 (0.042 ppm) y T4 (0.025) que fueron los promedios más altos. De acuerdo al análisis estadístico de varianza (ANOVA) para la variable contenido de Cadmio en los suelos a los 30 días, todos los tratamientos en estudio no presentaron diferencias significativas tanto en los tratamientos como en los bloques al 0.05 de nivel de significancia (Anexo 1), lo que indica que a los 30 días los tratamientos en estudio no presentaron ninguna influencia en el contenido de Cadmio en los suelos de las parcelas estudiadas a los 40 cm de profundidad.

4.1.2. Contenido de cadmio a los 60 días de evaluación

Tabla 6. Contenido de Cadmio (ppm) en suelos a los 60 días de evaluación a 10 cm de profundidad.

Bloques	Tratamientos			
	T1	T2	T3	T4
I	0.04	0.80	0.15	0.02
II	0.03	0.04	0.06	0.08
III	0.02	0.02	0.04	0.03
IV	0.04	0.03	0.02	0.03
Promedio	0.032 a	0.222 a	0.067 a	0.04 a

*Valores promedio en una misma columna seguida por diferente letra indican diferencias significativas con la prueba de Tukey ($p<0,05$).

Tabla 7. Contenido de Cadmio (ppm) en suelos a los 60 días de evaluación a 20 cm de profundidad.

Bloques	Tratamientos			
	T1	T2	T3	T4
I	0.02	0.10	0.04	0.01
II	0.03	0.02	0.03	0.05
III	0.01	0.02	0.01	0.01
IV	0.01	0.01	0.01	0.02
Promedio	0.017 a	0.037 a	0.022 a	0.022 a

*Valores promedio en una misma columna seguida por diferente letra indican diferencias significativas con la prueba de Tukey ($p<0,05$).

En la tabla 6 se puede observar los resultados del contenido de Cadmio en los suelos a los 60 días después de evaluación a 10 cm de profundidad, donde los tratamientos T1 (0.032 ppm) y T4 (0.04 ppm) obtuvieron los promedios más bajos de Cadmio, frente a los tratamientos T2 (0.222 ppm) y T3 (0.067) que fueron los promedios más altos. De acuerdo al análisis estadístico de varianza (ANOVA) para la variable contenido de Cadmio en los suelos a los 60 días, todos los tratamientos en estudio no presentaron diferencias significativas tanto en los tratamientos como en los bloques al 0.05 de nivel de significancia (Anexo 1), lo que indica que a los 60 días los tratamientos en estudio no presentaron ninguna influencia en el contenido de Cadmio en los suelos de las parcelas estudiadas a los 10 cm de profundidad.

Tabla 8. Contenido de Cadmio (ppm) en suelos a los 60 días de evaluación a 40 cm de profundidad.

Bloques	**Tratamientos**			
	T1	**T2**	**T3**	**T4**
I	0.01	0.08	0.03	0.01
II	0.02	0.01	0.02	0.02
III	0.00	0.01	0.01	0.01
IV	0.01	0.01	0.01	0.01
Promedio	0.01 a	0.027 a	0.017 a	0.012 a

Valores promedio en una misma columna seguida por diferente letra indican diferencias significativas con la prueba de Tukey ($p<0,05$).

En la tabla 7 se puede observar los resultados del contenido de Cadmio en los suelos a los 60 días de evaluación a 20 cm de profundidad, donde los tratamientos T1 (0.017 ppm) y T3 (0.022 ppm) obtuvieron los promedios más bajos de Cadmio, frente a los tratamientos T2 (0.037 ppm) y T4 (0.022) que fueron los promedios más altos. De acuerdo al análisis estadístico de varianza (ANOVA) para la variable contenido de Cadmio en los suelos a los 60 días, todos los tratamientos en estudio no presentaron diferencias significativas tanto en los tratamientos como en los bloques al 0.05 de nivel de significancia (Anexo 1), lo que indica que a los 60 días los tratamientos en estudio no presentaron ninguna influencia en el contenido de Cadmio en los suelos de las parcelas estudiadas a los 20 cm de profundidad.

En la tabla 8 se puede observar los resultados del contenido de Cadmio en los suelos a los 60 días de evaluación a 40 cm de profundidad, donde los tratamientos T1 (0.01 ppm) y T4 (0.012 ppm) obtuvieron los promedios más bajos de Cadmio, frente a los tratamientos T2 (0.027 ppm) y T3 (0.017) que fueron los promedios más altos. De acuerdo al análisis estadístico de varianza (ANOVA) para la variable contenido de Cadmio en los suelos a los 60 días todos los tratamientos en estudio no presentaron diferencias significativas tanto en los tratamientos como en los bloques al 0.05 de nivel de significancia (Anexo 1), lo que indica que a los 60 días los tratamientos en estudio no presentaron ninguna influencia en el contenido de Cadmio en los suelos de las parcelas estudiadas a los 40 cm de profundidad.

4.1.3. Contenido de Cd a los 120 días de evaluación

Tabla 9. Contenido de Cadmio (ppm) en suelos a los 120 días de evaluación a 10 cm de profundidad.

Bloques	Tratamientos			
	T1	T2	T3	T4
I	0.03	0.74	0.14	0.02
II	0.02	0.03	0.05	0.07
III	0.01	0.02	0.03	0.02
IV	0.03	0.02	0.01	0.03
Promedio	0.022 a	0.202 a	0.057 a	0.035 a

Valores promedio en una misma columna seguida por diferente letra indican diferencias significativas con la prueba de Tukey ($p<0,05$).

Tabla 10. Contenido de Cadmio (ppm) en suelos a los 120 días de evaluación a 20 cm de profundidad.

Bloques	Tratamientos			
	T1	T2	T3	T4
I	0.02	0.10	0.03	0.01
II	0.02	0.02	0.02	0.04
III	0.01	0.01	0.01	0.01
IV	0.00	0.00	0.00	0.02
Promedio	0.012 a	0.032 a	0.015 a	0.02 a

Valores promedio en una misma columna seguida por diferente letra indican diferencias significativas con la prueba de Tukey ($p<0,05$).

Tabla 11. Contenido de Cadmio (ppm) en suelos a los 120 días de evaluación (MLP) a los 40 cm de profundidad.

Bloques	Tratamientos			
	T1	T2	T3	T4
I	0.01	0.07	0.02	0.01
II	0.01	0.01	0.01	0.02
III	0.00	0.00	0.00	0.00
IV	0.00	0.00	0.00	0.01
Promedio	0.005 a	0.02 a	0.007 a	0.01 a

Valores promedio en una misma columna seguida por diferente letra indican diferencias significativas con la prueba de Tukey ($p<0,05$).

En la tabla 9 se puede observar los resultados del contenido de Cadmio en los suelos a los 120 días de evaluación a 10 cm de profundidad, donde los tratamientos T1 (0.022 ppm) y T4 (0.035 ppm) obtuvieron los promedios más bajos de Cadmio, frente a los tratamientos T2 (0.202 ppm) y T3 (0.057) que fueron los promedios más altos. De acuerdo al análisis estadístico de varianza (ANOVA) para la variable contenido de Cadmio en los suelos a los 120 días de evaluación, todos los tratamientos en estudio no presentaron diferencias significativas tanto en los tratamientos como en los bloques al 0.05 de nivel de significancia (Anexo 1), lo que indica que a los 120 días los tratamientos en estudio no presentaron ninguna influencia en el contenido de Cadmio en los suelos de las parcelas estudiadas a los 10 cm de profundidad.

En la tabla 10 se puede observar los resultados del contenido de Cadmio en los suelos a los 120 días de evaluación a 20 cm de profundidad, donde los tratamientos T1 (0.012 ppm) y T3 (0.015 ppm) obtuvieron los promedios más bajos de Cadmio, frente a los tratamientos T2 (0.032 ppm) y T4 (0.02) que fueron los promedios más altos. De acuerdo al análisis estadístico de varianza (ANOVA) para la variable contenido de Cadmio en los suelos a los 120 días después, todos los tratamientos en estudio no presentaron diferencias significativas tanto en los tratamientos como en los bloques al 0.05 de nivel de significancia (Anexo 1), lo que indica que a los 120 días los tratamientos en estudio no presentaron ninguna influencia en el contenido de Cadmio en los suelos de las parcelas estudiadas a los 20 cm de profundidad.

En la tabla 11 se puede observar los resultados del contenido de Cadmio en los suelos a los 120 días de evaluación a 40 cm de profundidad, donde los tratamientos T1 (0.005 ppm) y T3 (0.007 ppm) obtuvieron los promedios más bajos de Cadmio, frente a los tratamientos T2 (0.02 ppm) y T4 (0.01) que fueron los promedios más altos. De acuerdo al análisis estadístico de varianza (ANOVA) para la variable contenido de Cadmio en los suelos a los 120 días todos los tratamientos en estudio no presentaron diferencias significativas tanto en los tratamientos como en los bloques al 0.05 de nivel de significancia (Anexo 1), lo que indica que a los 120 días después de aplicado el método de limpieza de parcelas (MLP) los tratamientos en estudio no presentaron ninguna influencia en el contenido de Cadmio en los suelos de las parcelas estudiadas a los 40 cm de profundidad.

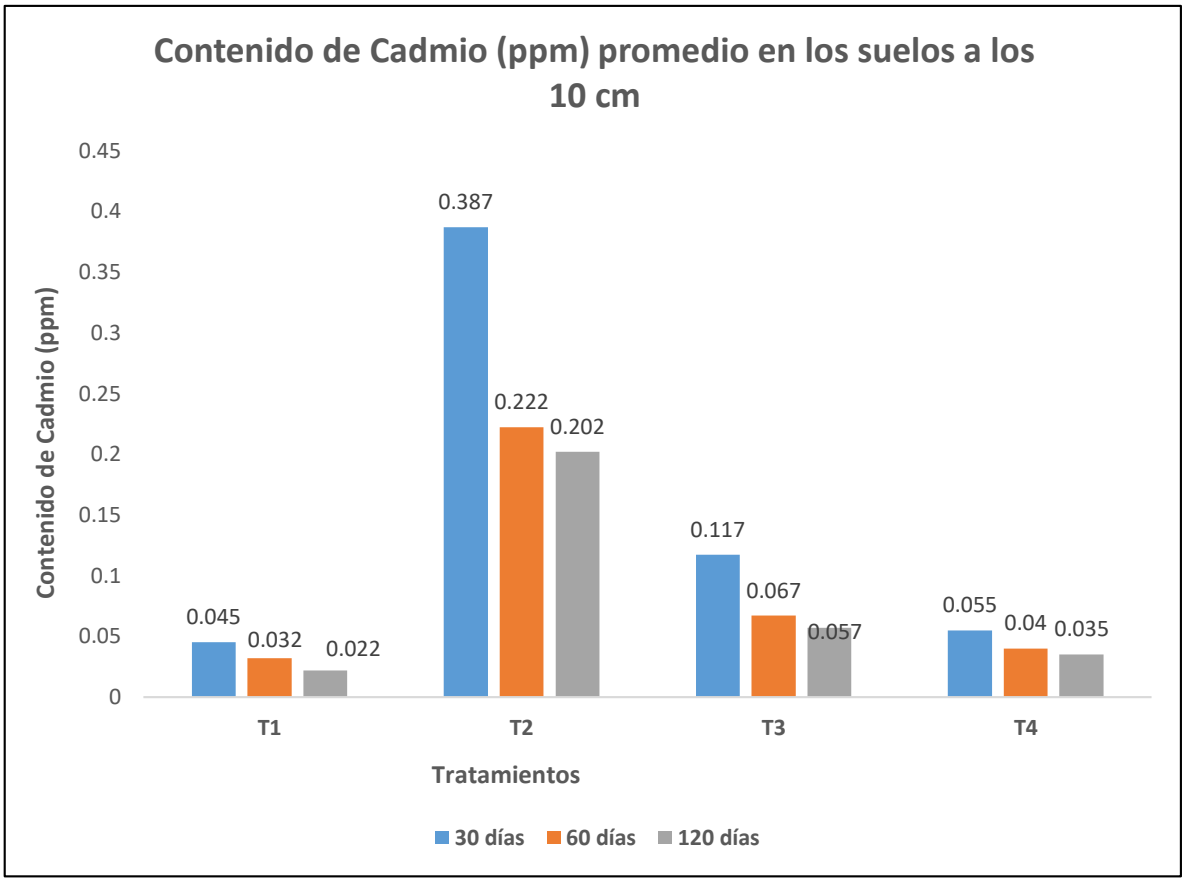


Figura 6. Contenido de Cadmio (ppm) promedio en los suelos a 10 cm de profundidad a los 30, 60 y 120 días de evaluación.

En la figura 7 se observa el contenido de Cadmio (ppm) promedio en los suelos de las parcelas evaluadas a 10 cm de profundidad a los 30, 60 y 120 días. Para el T1 se observa una disminución en el contenido de Cadmio de 0.045 ppm a los 30 días hasta 0.022 ppm a los 120 días de evaluación. Para el T2 se observa una disminución en el contenido de Cadmio de 0.387 ppm a los 30 días hasta 0.202 ppm a los 120 días de evaluación. Para el T3 se observa una disminución en el contenido de Cadmio de 0.117 ppm a los 30 días hasta 0.057 ppm a los 120 días de evaluación. Finalmente, para el T4 se observa una disminución en el contenido de Cadmio de 0.055 ppm a los 30 días hasta 0.035 ppm a los 120 días de evaluación, sin embargo, según el análisis de varianza

(ANOVA) descrita anteriormente no se encontraron diferencias significativas entre todos los tratamientos estudiados.

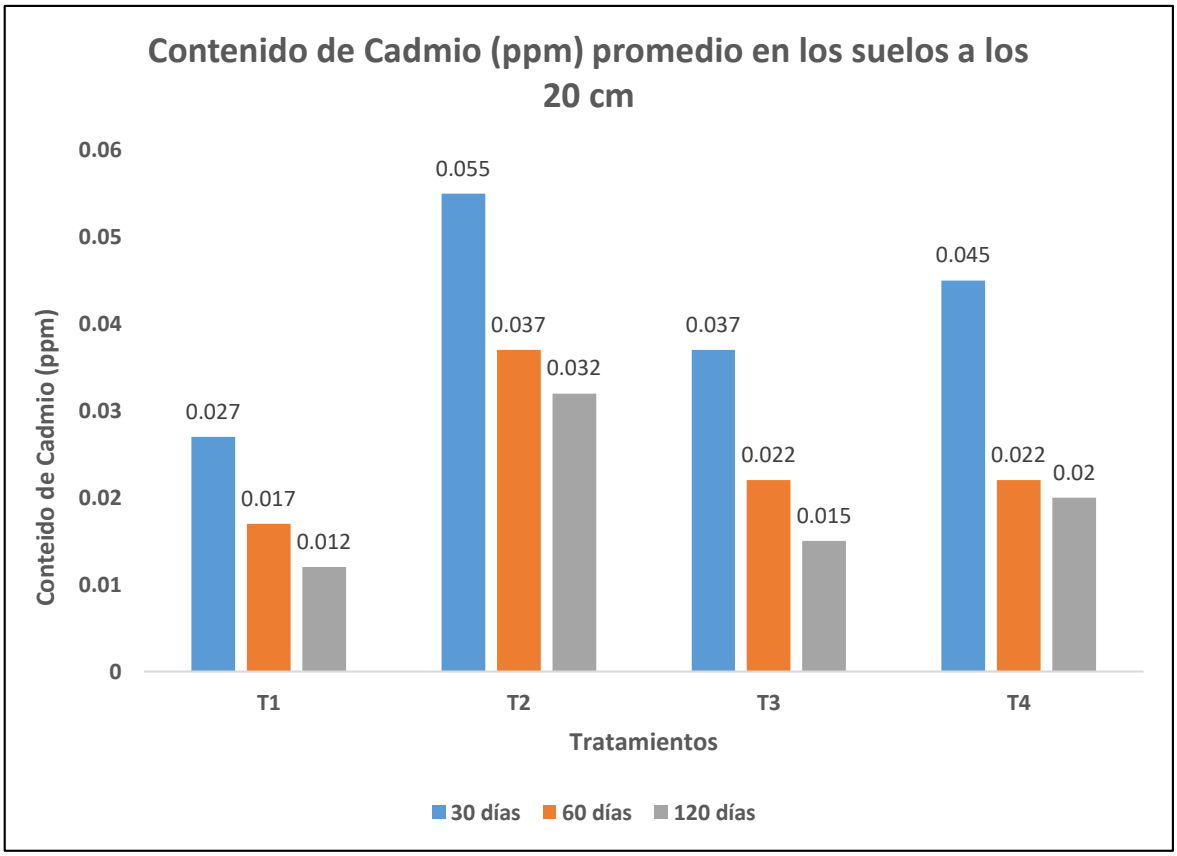


Figura 7. Contenido de Cadmio (ppm) promedio en los suelos a 20 cm de profundidad a los 30, 60 y 120 días de evaluación.

En la figura 8 se observa el contenido de Cadmio (ppm) promedio en los suelos de las parcelas evaluadas a 10 cm de profundidad a los 30, 60 y 120 días. Para el T1 se observa una disminución en el contenido de Cadmio de 0.027 ppm a los 30 días hasta 0.012 ppm a los 120 días de evaluación. Para el T2 se observa una disminución en el contenido de Cadmio de 0.055 ppm a los 30 días hasta 0.032 ppm a los 120 días de evaluación. Para el T3 se observa una disminución en el contenido de Cadmio de 0.037 ppm a los 30 días hasta 0.015 ppm a los 120 días de evaluación. Finalmente, para el T4 se observa una

disminución en el contenido de Cadmio de 0.045 ppm a los 30 días hasta 0.002 ppm a los 120 días de evaluación, sin embargo, según el análisis de varianza (ANOVA) descrita anteriormente no se encontraron diferencias significativas entre todos los tratamientos estudiados.

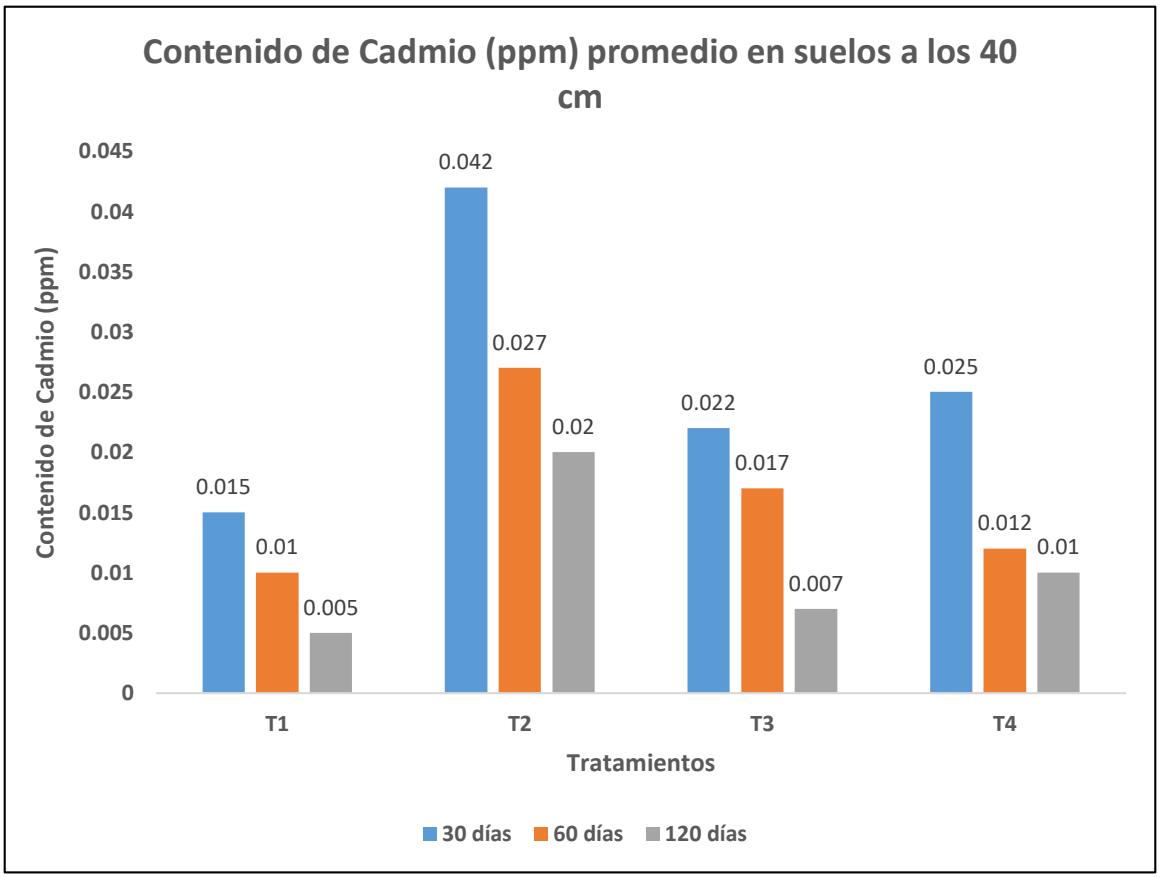


Figura 8. Contenido de Cadmio (ppm) promedio en los suelos a 40 cm de profundidad a los 30, 60 y 120 días de evaluación.

En la figura 9 se observa el contenido de Cadmio (ppm) promedio en los suelos de las parcelas evaluadas a 10 cm de profundidad a los 30, 60 y 120 días. Para el T1 se observa una disminución en el contenido de Cadmio de 0.015 ppm a los 30 días hasta 0.005 ppm a los 120 días de evaluación. Para el T2 se observa una disminución en el contenido de Cadmio de 0.042 ppm a los 30 días hasta 0.002 ppm a los 120 días de evaluación. Para el T3 se observa una

disminución en el contenido de Cadmio de 0.022 ppm a los 30 días hasta 0.007 ppm a los 120 días de evaluación. Finalmente, para el T4 se observa una disminución en el contenido de Cadmio de 0.025 ppm a los 30 días hasta 0.001 ppm a los 120 días de evaluación, sin embargo, según el análisis de varianza (ANOVA) descrita anteriormente no se encontraron diferencias significativas entre todos los tratamientos estudiados.

4.2. CONTENIDO DE CADMIO EN LOS GRANOS DE CACAO (*Theobroma cacao* L.).

4.2.1. Contenido de cadmio en los granos a los 30 días de evaluación

Tabla 12. Contenido de Cadmio (ppm) en los granos de cacao (*Theobroma cacao* L.) a los 30 días de evaluación.

Bloques	Tratamientos			
	T1	T2	T3	T4
I	0.88	0.54	0.75	0.80
II	1.69	0.51	0.25	0.39
III	0.93	0.44	0.48	0.16
IV	0.38	0.56	0.53	0.83
Promedio	0.97 a	0.51 a	0.50 a	0.55 a

Valores promedio en una misma columna seguida por diferente letra indican diferencias significativas con la prueba de Tukey ($p<0,05$).

4.2.2. Contenido de cadmio en los granos a los 60 días de evaluación

Tabla 13. Contenido de Cadmio (ppm) en los granos de cacao (*Theobroma cacao* L.) a los 60 días de evaluación.

Bloques	Tratamientos			
	T1	**T2**	**T3**	**T4**
I	0.36	0.32	0.23	0.41
II	0.42	0.33	0.13	0.24
III	0.42	0.22	0.17	0.19
IV	0.30	0.25	0.18	0.21
Promedio	0.38 a	0.28 b	0.18 b	0.26 b

Valores promedio en una misma columna seguida por diferente letra indican diferencias significativas con la prueba de Tukey ($p<0,05$).

4.2.3. Contenido de cadmio e a los 120 días de evaluación

Tabla 14. Contenido de Cadmio (ppm) en los granos de cacao (*Theobroma cacao* L.) a los 120 días de evaluación.

Bloques	Tratamientos			
	T1	**T2**	**T3**	**T4**
I	0.34	0.40	0.39	0.27
II	0.31	0.31	0.20	0.23
III	0.20	0.12	0.14	0.11
IV	0.35	0.20	0.16	0.15
Promedio	0.3 a	0.26 a	0.22 a	0.19 a

Valores promedio en una misma columna seguida por diferente letra indican diferencias significativas con la prueba de Tukey ($p<0,05$).

En la tabla 12 se observa el contenido de Cadmio (ppm) promedio en los granos de cacao de las parcelas evaluadas a los 30 días de evaluación. Los tratamientos que obtuvieron menos contenido de Cadmio fueron el T3 (0.50 ppm) y T2 (0.51 ppm), seguidos de T4 (0.57 ppm) y T1 (0.97 ppm). Según el análisis de varianza (ANOVA) al 0.05 indico que no existieron diferencias significativas entre todos los tratamientos para la variable contenido de Cadmio en los granos de cacao a los 30 días de evaluación, lo que significa que los tratamientos de aplicación del método de limpieza de parcelas con manejo orgánico e inorgánico no influyeron en el contenido de Cadmio en los granos.

En la tabla 13 se observa el contenido de Cadmio (ppm) promedio en los granos de cacao de las parcelas evaluadas a los 60 días de evaluación. Los tratamientos que obtuvieron menos contenido de Cadmio fueron el T2 (0.28 ppm) y T3 (0.18 ppm), seguidos de T4 (0.26 ppm) y T1 (0.38 ppm). Según el análisis de varianza (ANOVA) al 0.05 indico que existieron diferencias significativas entre todos los tratamientos para la variable contenido de Cadmio en los granos de cacao a los 60 días de evaluación, lo que significa que los tratamientos de aplicación del método de limpieza de parcelas con manejo orgánico e inorgánico influyeron en el contenido de Cadmio en los granos.

En la tabla 14 se observa el contenido de Cadmio (ppm) promedio en los granos de cacao de las parcelas evaluadas a los 120 días de evaluación. Los tratamientos que obtuvieron menos contenido de Cadmio fueron el T1 (0.30 ppm) y T4 (0.19 ppm), seguidos de T2 (0.26 ppm) y T3 (0.22 ppm). Según el análisis de varianza (ANOVA) al 0.05 indico que existieron diferencias significativas entre todos los tratamientos para la variable contenido de Cadmio en los granos de cacao a los 60 días de evaluación, lo que significa que los

tratamientos de aplicación del método de limpieza de parcelas con manejo orgánico e inorgánico influyeron en el contenido de Cadmio en los granos.

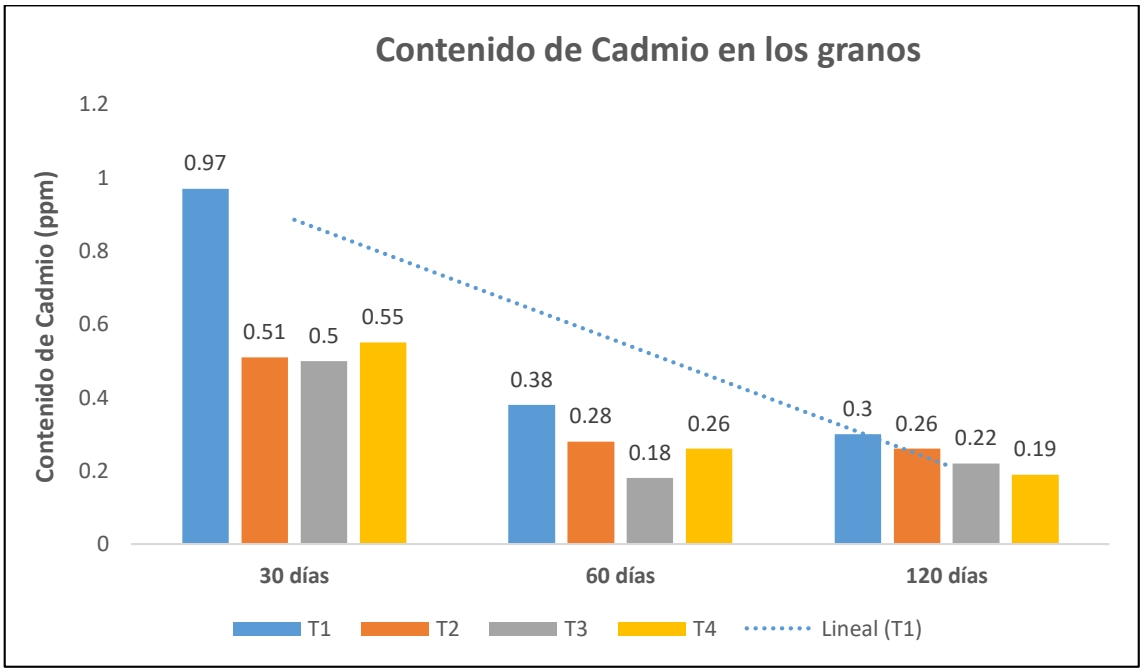


Figura 9. Contenido de Cadmio (ppm) promedio en los granos los 30, 60 y 120 días de evaluación.

En la figura 10 se observa el contenido de Cadmio (ppm) promedio en los granos de cacao de las parcelas evaluadas a los 30, 60 y 120 días. Para el T1 se observa una disminución en el contenido de Cadmio de 0.97 ppm a los 30 días hasta 0.30 ppm a los 120 días de evaluación. Para el T2 se observa una disminución en el contenido de Cadmio de 0.510 ppm a los 30 días hasta 0.260 ppm a los 120 días de evaluación. Para el T3 se observa una disminución en el contenido de Cadmio de 0.510 ppm a los 30 días hasta 0.220 ppm a los 120 días de evaluación. Finalmente, para el T4 se observa una disminución en el contenido de Cadmio de 0.550 ppm a los 30 días hasta 0.190 ppm a los 120 días de evaluación, según el análisis de varianza (ANOVA) descrita anteriormente, a los 30 días no se encontraron diferencias significativas, sin embargo, a los 60

días de evaluación se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos. Finalmente, a los 120 días se encontraron diferencias significativas solo entre los bloques.

CAPÍTULO V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

5.1. CONTENIDO DE CADMIO EN LOS SUELOS.

Según la Unión Europea el contenido máximo de metales pesados en los suelos agrícolas (donde se consideran las plantaciones de cacao) están entre 3 a 300 ppm, lo que también involucra al Cadmio (Acevedo, citado por Huamani *et al*., 2012), por lo que de acuerdo a los resultados obtenidos en el presente estudio están por debajo de los límites máximos permisibles, lo que indica que los suelos de las parcelas evaluadas no presentaron alta contaminación por Cadmio. En el lugar de estudio los productores de cacao utilizan productos químicos como los fertilizantes nitrogenados (urea) y los pesticidas, esto se repite en todas las parcelas con manejo inorgánico o convencional. El uso excesivo de fertilizantes y pesticidas en las parcelas, son las causas de la presencia de Cadmio y otros metales pesados en el suelo (Rankin *et al*., 2005). En las principales zonas cacaoteras del Perú se ha encontrado la presencia del Cadmio en los distintos estratos, por lo que se puede decir que el Cadmio es uno de los metales más abundantes y comunes en las plantaciones de cacao, principalmente en aquellas parcelas de manejo convencional (Arévalo *et al*., 2016). Así mismo los resultados del presente trabajo de investigación se relacionan al estudio realizado por Campos *et al*., (2015), quienes el contenido de Cadmio en suelos y tejidos de 15 parcelas ubicadas en el distrito de San Alejandro, Provincia de Padre Abad, Región Ucayali, donde los resultados fueron de 0.1 a 1 ppm, siendo concentraciones bajas según las regulaciones internacionales descritas anteriormente, aunque cabe resaltar que los límites máximos permisibles de Cadmio en los granos es de 0.5 ppm lo que indica que

el suelo no debe sobre pasar esa cantidad, puesto que tiene a ser absorbido por las plantas de cacao, ya que la especie *Theobroma cacao* L., se comporta como una planta hiperacumuladora de metales pesados, las misma que puede absorber todo el Cadmio posible del suelo, aun estas concentraciones no sean muy altas (Latlance *et al*., 2018).

Por otro lado, con respecto a los tratamientos en estudio se observó que en las parcelas donde se aplicaron el método de limpieza de parcelas (MLP), la disminución fue mayor tanto en el T2 y T4, tanto para las parcelas con manejo orgánico e inorgánico. Al respecto Gramlich *et al*., (2017), menciona que el reciclaje natural que ocurre en los campos de producción de cacao, causada por la caída natural de las hojas, así como el uso de los residuos de cosecha o las cascaras como abono facilitan la incorporación de Cadmio en los suelos, por lo que si se consigue reducir ese reciclaje se reducirá en el tiempo el contenido de Cadmio en los suelos lo mismo que puede observarse en el presente estudio. Es importante mencionar que en el estudio se evaluó hasta 120 días después de la aplicación del método de parcelas, lo cual indica que a mayor tiempo se podría obtener mejores resultados con diferencias significativas en los suelos ya que según Baez (2018), menciona que en una parcela de cacao se produce un promedio de 4 a 5 Tm de hojarasca por hectárea al año, el cual representa gran cantidad de biomasa que por el proceso de descomposición incorporará Cadmio al suelo. Este proceso de descomposición puede acelerarse específicamente en la zona, ya que las altas temperaturas influyen en tal proceso. Cabe resaltar que el monitoreo de los suelos debe ser constante si se quiere reducir el contenido de Cadmio y otros metales pesados en los campos de cultivo y eso dependerá en gran medida del cuidado de no utilizar el exceso los productos químicos y

enmiendas orgánicas que contengan metales pesados en gran cantidad (Campos *et al*., 2015).

5.2. CONTENIDO DE CADMIO EN LOS GRANOS DE CACAO (*Theobroma cacao* L.).

Según el CODEX ALIMENTARIUS el límite máximo permisible de Cadmio en los granos de cacao es de 0.5 mg.kg-1 (CODEX ALIMENTARIUS, 2015), por lo que los resultados promedios de los tratamientos en estudio estuvieron un poco más altos (0.97 a 0.19 ppm). Estos resultados no están relacionados al tipo de manejo (orgánico o inorgánico), puesto que los tratamientos con manejo orgánico T1 y T2 tuvieron más contenido de Cadmio en los granos hasta los 120 días de evaluación en comparación a los tratamientos con manejo inorgánico o convencional donde sí se aplicaron fertilizantes químicos. Campos y Flores (2015), realizaron un estudio en la misma zona donde se ejecutó el presente proyecto de tesis, indicando que el contenido de Cadmio en los granos de cacao fue de 0.10 a 1.20 ppm, siendo ligeramente mayor a los límites máximos permisibles

Estos resultados guardan relación con los diversos estudios realizados en la determinación de metales pesados en enmiendas orgánicas, puesto que la contaminación de metales pesados en los abonos orgánicos como el compost, guano de isla, gallinaza etc., es muy común y casi siempre presentan grandes concentraciones, esto a causa de la presencia de estos elementos en las fuentes de origen y por alguna adición durante el proceso de elaboración (Rosal *et al*., 2007; Acosta *et al*., 2003). Esto indica que la absorción y acumulación de metales pesados como el Cadmio en el cultivo del cacao puede suceder en parcelas con manejo orgánico y en las que se maneja de forma

convencional o inorgánica. Si bien es cierto que la planta de cacao presenta un comportamiento de especie hipercumuladora de metales pesados, el contenido de estos elementos en los tejidos como los granos están relacionados a la presencia de estos metales en el suelo, puesto que si el contenido de Cadmio que está disponible para ser absorbido en el suelo sobre pasa los límites permisibles sería un gran problema para el productor, puesto que no implicaría que el suelo está altamente contaminado para ser una amenaza, puesto que la especie *Theobroma cacao* L., es susceptible a la absorción y acumulación de Cadmio (Latlance *et al*., 2018).

En cuanto a la influencia del método de limpieza de parcelas (MLP) en la reducción del Cadmio en los granos de cacao, se observó que según el análisis estadístico (ANOVA), se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos en estudio a los 60 días siendo los tratamientos T3 y T4 en los que se encontró menos contenido de Cadmio que en los tratamientos T1 Y T2, y según la pruebas de promedios de Tukey fue el T3 quien obtuvo un mejor resultado en cuanto al menor contenido de Cadmio en los granos de cacao. Los resultados muestran que el método de limpieza de parcelas obtuvo el menor contenido comparados con el tratamiento T1 el testigo, indicando que puede funcionar tanto en parcelas manejadas de forma orgánica e inorgánica. La explicación sobre estos resultados se debe a que se redujo el reciclaje natural que existe en los campos de producción por medio de la limpieza de las hojas y de los residuos de cosecha, si bien es cierto existe gran cantidad de Cadmio en hojas y cascaras estas no pueden ser incorporadas nuevamente al suelo porque se limpió las parcelas desde un principio evitando el reciclaje, puesto que la

presencia del Cadmio en los granos están en relación con el reciclaje natural y su contenido en el suelo (Gramlich *et al*., 2017).

Por otro lado según el análisis de varianza (ANOVA) a los 120 días de evaluación indico que se encontraron diferencias significativas entre los bloques, siendo los bloques 1, 2 y 4 los que se diferencias en cuanto al contenido de Cadmio frente al bloque 3, los bloques 1 y 2 estuvieron ubicados en el caserío mar del plata, si bien es cierto que se aplicaron en ambos bloques tratamientos abonos orgánicos y fertilizantes químicos, anteriormente fue una zona donde se utilizó en gran medida fertilizantes químicos de todo tipo en la producción de otros cultivos (maíz, arroz, plátano etc.), por lo tanto esto guarda relación con el estudio de Martí *et al*., (2002), quien menciona que la gran mayoría de los fertilizantes nitrogenados y fosfatados contienen cantidades considerables de Cadmio y su aplicación excesiva sería una forma directa para incorporar este elemento al suelo. En tal sentido es necesario realizar el monitoreo de los fertilizantes y abonos orgánicos y todos aquellos insumos que se utilicen en la producción del cacao para reducir el contenido de Cadmio y otros metales pesados y la evaluación y análisis de cuanto utilizar para evitar altos contenidos de Cadmio es una de las prioridades en este proceso tal como lo menciona Campos y Flores (2015).

CONCLUSIONES

- La aplicación del método de limpieza de parcelas (MLP) con manejo orgánico e inorgánico no influyeron en el contenido de Cadmio en los suelos de las parcelas evaluadas en los 10, 20 y 40 cm de profundidad a los 30, 60 y 120 días de evaluación, que variaron de 0.022 a 0.387 ppm a los 10 cm, de 0.02 a 0.055 ppm a los 20 cm y de 0.005 a 0.042 ppm a 40 cm respectivamente. Así mismo el contenido de Cadmio en los suelos de todas las parcelas evaluadas no superaron los límites máximos permisibles (0.05 ppm) en los suelos agrícolas.

- Los tratamientos en estudio influyeron en el contenido de Cadmio en los granos de todas parcelas a los 60 días de evaluación. Los tratamientos T3 y T4 fueron los que obtuvieron menos contenido de Cadmio, siendo el mejor resultado en cuanto al menor contenido de Cadmio en los granos de cacao frente al T1 (testigo). El T3 vario de 0.55 a 0.19 ppm y el T4 de 0.5 a 0.19 ppm hasta los 120 días de evaluación. Así mismo a los 120 días se evidencio que existe una gran variación entre el contenido de Cadmio en los granos entre los caseríos Mar del Plata y Hermosa Selva, la cual está influenciado por el manejo que reciben estas parcelas desde hace años.

SUGERENCIAS

- Realizar estudios con mayor tiempo de evaluación a los 6 a 12 meses para observar la reducción del contenido de Cadmio en el tiempo.

- Realizar estudios en la que se evalué la cantidad de Cadmio que se recicla por la hojarasca y los residuos de cosechas en los campos de producción.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Acosta, Y.; Paolini, J.; Flores, S.; Benzo, Z.; El Zauahre, M.; Toyo, L. y Senior, A. (2003). Evaluación de metales pesados en tres residuos orgánicos de diferente naturaleza. Multiciencias, 3:1. https://www.redalyc.org/pdf/904/90430107.pdf

Adriano, D.C. (2001). Trace elements in terrestrial environments: biogeochemistry, bioavailability and risks of metals. *Springer Verlag.* New York. https://link.springer.com/book/10.1007/978-0-387-21510-5

Agudelo, B.L.M.; Macías, M.K.; Suárez, Mendoza. Alfredo. (2005). Fitorremediación: la alternativa para absorber metales pesados de los biosólidos. *Revista Lasallista de Investigación*, 2:1, pp. 57-60. https://www.redalyc.org/pdf/695/69520110.pdf

Aikpokpodion, P.E.; Atewolara-Odule, O.C.; Osobamiro, T.; Oduwole, O.O.; Ademola, S.M. (2013). A survey of copper, lead, cadmium and zinc residues in cocoa beans obtained from selected plantations in Nigeria. Journal of Chemical and Pharmaceutical Research, 2013, 5(6):88-98. https://www.researchgate.net/publication/285965612_A_survey_of_copper_lead_cadmium_and_zinc_residues_in_cocoa_beans_obtained_from_selected_plantations_in_Nigeria

Arévalo-Gardini, E.; Arévalo- Hernández, C.O.; Baligar, V.C. y He, Z.L. (2017). Heavy metal accumulation in leaves and beans of cacao in major cacao growing regions in Peru. *Scien of Total Environ*. *605 – 606*, 792 – 800. https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969717315267?via%3Dihub

Arévalo-Hernández, CO.; Arévalo-Gardini, E.; Farfán-Pinedo, A.; Baligar V.; He, Z. (2016). Metales pesados en suelos, hojas y granos de zonas cacaoteras del Perú. Ecología Aplicada. 15(2). http://www.scielo.org.pe/pdf/ecol/v15n2/a03v15n2.pdf

Augstburger, F.; Berger, J.; Censkowsky, U.; Heid, P.; Milz, J.S. (2000). Agricultura Orgánica en el Trópico y Subtrópico. 1ª edición. Guías de 18 cultivos. Cacao. KleinhadernerWeg, 1-82166. Gräfelfing-Alemania. 24 p. https://www.naturland.de/images/SP/Productores/cacao.pdf

Báez, E.Y. (2018). Producción y aporte de nutrientes en la hojarasca de las especies abarco (*Cariniana piryformis* M), teca (*Tectona grandis* L.f.) y cacao (*Theobroma cacao* L.) en un sistema agroforestal en los municipios de Rionegro, Santander y Muzo, Boyacá (en línea). Tesis maestría en Agroforestería Tropical. Bogotá, Colombia, U.D.C.A. https://repository.udca.edu.co/bitstream/11158/1026/1/Producci%C3%B3n%20y%20aporte%20de%20nutrientes%20en%20la%20hojarasca%20de%20las%20especies%20abarco%2C.pdf

Barrantes, E.R. (2006). Investigación: Un camino al conocimiento, un enfoque cualitativo y cuantitativo. San José, C.R. Editorial EUNED. https://www.uned.ac.cr/academica/images/ceced/docs/Investigacion_camino_conocimiento.pdf

Barrueta, R.S. 2013. Guía metodológica para el muestreo y detección de cadmio en suelos, agua, fertilizantes, almendras de cacao y productos derivados. 12 -37 p. https://es.slideshare.net/RIICCHPeru/gua-metodolgica-muestreo-y-deteccin-de-cadmio

Campos, F. y Flores, G.C. (2015). Determinación de Cadmio y Pb en los clones predominantes de las provincias de Coronel Portillo y Padre Abad, región Ucayali. Informe final de proyecto de investigación docente. Universidad Nacional de Ucayali. Pucallpa – Perú.

Campos, F.; Flores, G.C. y Díaz, Z.E. (2015). Presencia de metales pesados en suelos de plantaciones de Cacao (*Theobroma cacao* L.) en la región Ucayali. Repositorio de la Universidad Nacional de Ucayali. http://repositorio.unu.edu.pe/handle/UNU/4174

Chavez, E.Z.L.; He. P.J.; Stoffella, R.S.; Mylavarapub, Y.C.; Li, B.; Moyanod, V.C. Baligar. (2015). Concentration of cadmium in cacao beans and its relationship with soil cadmium in southern Ecuador. *Science of the Total Environment*, 533 (2015) 205–214. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26172587/

CODEX ALIMENTARIUS, (2015). Norma general para los contaminantes y las toxinas presentes en los alimentos y piensos. 57 p. http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252FStandards%252FCXS%2B193-1995%252FCXS_193s.pdf

Dostert, N. (2011). Hoja botánica cacao. (En línea). Consultado 10 Set. 2015. http://www.botconsult.de/downloads/Hoja_Botanica_Cacao_2012.pdf.

García, J.; Méndez, J., Pásaro, E. y Laffon, B. (2012). Genotoxic effects of lead: An updated review. Environment International, 2(4) p. 623–636. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20466424/

Gramlich, A.; Tandya, S.; Gaugge, I.C.; López, M.; Perla, D.; González, V. y Schulina, R. (2017). Soil Cadmium uptake by cocoa in Honduras. *Scien of Total Environ.* 612, 370–378. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.08.145

Huamani, Y.H.; Huauya, R.M.; Mansilla, M.L.; Florida, R.N. y Neira, T.G. (2012). Presencia de metales pesados en el cultivo del cacao (*Theobroma cacao* L.) orgánico. *Acta Agronómica*. 61 (4), 339 -344. http://www.scielo.org.co/pdf/acag/v61n4/v61n4a06.pdf

ISRIC. (2002). In: van Reeuwijk, L.P. (Ed.), Procedures for Soil Analysis. International Soil Reference and Information Center (ISRIC), sixth edition. https://www.isric.org/sites/default/files/ISRIC_TechPap09.pdf

Llatance, W.; Gonza Saavedra, C.; Guzmán Castillo, W. y Pariente, M.E. (2018). Bioacumulación de cadmio en el cacao (*Theobroma cacao* L.) en la Comunidad Nativa de Pakun, Perú. *Revista Forestal del Perú*. 33 (1), 63 – 75. DOI: http://dx.doi.org/10.21704/rfp.v33i1.1156

Martí, L.; Burba, N.G.; Cavagnaro, M. (2002). Metales pesados em fertilizantes fosfatados, nitrogenados y mixtos. *Rev. FCA UNCuyo*. 14: 2. Departamento de Ingeniería Agrícola. Facultad de Ciencias Agrarias. Mendoza - Argentina. https://bdigital.uncu.edu.ar/app/navegador/?idobjeto=2829

Ministerio de Agricultura. (2012). Perú un campo fértil para sus inversiones y el desarrollo de sus exportaciones. Dirección General de Competitividad Agraria. Publicación: Dirección de Información Agraria. Lima-Perú. http://www.salondelcacaoychocolate.pe/2012/archivos/ficha_cacao.pdf

Otzen, T. y Manterola, C. (2017). Técnicas de muestreo sobre una Población en Estudio. *Int. J. Morphol*, 35:1, 227-232 pp. http://dx.doi.org/10.4067/S0717-95022017000100037.

Rankin, C.W.; Nriagu, J.O.; Aggarwal, J.K.; Arowolo, T.A.; Adebayo, K. y Flegal, R.A. 2005. Lead Contamination in Cocoa and Cocoa Products: Isotopic Evidence of Global Contamination. Environmental Health Perspectives. 113 (10), 1344 – 1348 pp. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1281277/pdf/ehp0113-001344.pdf

Rascio, N. y Navari-Izzo, F. (2011). Heavy metal hyperaccumulating plants: How and why do they do it? And what makes them so interesting?. *Plant Science*, 180: 169-181. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21421358/

Romero-Estévez, D.; Yánez-Jácome, G.S.; Simbaña-Farinango, K. y Navarrete, H. (2019). Content and the relationship between cadmium, nickel, and lead concentrations in Ecuadorian cocoa beans from nine provinces. *Food Control*. 106, 106750. DOI:https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2019.106750

Rosal, A.; Pérez, J.P.; Arcos, M.A y Dios, M. (2007). La Incidencia de Metales Pesados en Compost de Residuos Sólidos Urbanos y en su uso Agronómico en España. Información Tecnológica. Vol. 18(6), 75-82. https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid

The International Plant Name Index (IPNI). Published In: Species Plantarum 2: 782. 1753. Consultado el 20 de abril del 2021. https://www.ipni.org/

Uribe A., Mendez H., Mantilla J. (1998). Efecto de niveles de fosforo, nitrógeno y potasio sobre la producción del cacao en el suelo del departamento de

Santander. *Revista de suelos ecuatoriales,* 28: 31 - 36. http://cadenacacaoca.info/CADMIOOCADMIOeployment/documentos/19_Fertilizacion_del_cacao.pdf

Vargas, V.L. (2021). El factor cultural en la mortalidad de la especie *Coragyps atratus* Bechstein (Gallinazo) en el Distrito de Manantay. Tesis maestría en Medio Mabiente. Pucallpa, Perú. http://repositorio.unu.edu.pe/handle/UNU/4860

ANEXOS

ANEXO 1. Análisis estadístico.

- **Análisis estadístico del contenido de Cadmio en los suelos a los 30 días de evaluación.**

10 cm

Pruebas de los efectos inter-sujetos

Variable dependiente:Contenido de Cd (mg/kg-1)

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	,799[a]	6	,133	1,193	,390
Intersección	,366	1	,366	3,277	,104
Tratamiento	,310	3	,103	,925	,467
Bloques	,489	3	,163	1,460	,289
Error	1,005	9	,112		
Total	2,170	16			
Total corregida	1,804	15			

a. R cuadrado = .443 (R cuadrado corregida = .072)

20 cm

Pruebas de los efectos inter-sujetos

Variable dependiente:Contenido de Cd (mg/kg-1)

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	,005[a]	6	,001	,812	,586
Intersección	,027	1	,027	26,276	,001
Tratamiento	,002	3	,001	,523	,677
Bloques	,003	3	,001	1,102	,398
Error	,009	9	,001		
Total	,042	16			
Total corregida	,014	15			

a. R cuadrado = .351 (R cuadrado corregida = -.081)

40 cm

Pruebas de los efectos inter-sujetos

Variable dependiente:Contenido de Cd (mg/kg-1)

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	,004[a]	6	,001	,776	,609
Intersección	,011	1	,011	12,364	,007
Tratamiento	,002	3	,001	,607	,627
Bloques	,003	3	,001	,944	,459
Error	,008	9	,001		
Total	,023	16			
Total corregida	,012	15			

a. R cuadrado = .341 (R cuadrado corregida = -.099)

- **Análisis estadístico del contenido de Cadmio en los suelos a los 60 días de evaluación.**

10 cm

Pruebas de los efectos inter-sujetos

Variable dependiente:Contenido de Cd (mg/kg-1)

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	,237[a]	6	,039	1,124	,420
Intersección	,131	1	,131	3,743	,085
Tratamiento	,095	3	,032	,906	,475
Bloques	,141	3	,047	1,341	,321
Error	,316	9	,035		
Total	,684	16			
Total corregida	,553	15			

a. R cuadrado = .428 (R cuadrado corregida = .047)

20 cm

Pruebas de los efectos inter-sujetos

Variable dependiente:Contenido de Cd (mg/kg-1)

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	,004[a]	6	,001	1,174	,398
Intersección	,010	1	,010	19,565	,002
Tratamiento	,001	3	,000	,587	,639
Bloques	,003	3	,001	1,761	,224
Error	,005	9	,001		
Total	,018	16			
Total corregida	,008	15			

a. R cuadrado = .439 (R cuadrado corregida = .065)

40 cm

Pruebas de los efectos inter-sujetos

Variable dependiente:Contenido de Cd (mg/kg-1)

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	,002[a]	6	,000	1,240	,370
Intersección	,005	1	,005	15,152	,004
Tratamiento	,001	3	,000	,797	,526
Bloques	,002	3	,001	1,684	,239
Error	,003	9	,000		
Total	,009	16			
Total corregida	,005	15			

a. R cuadrado = .453 (R cuadrado corregida = .088)

- **Análisis estadístico del contenido de Cadmio en los suelos a los 120 días de evaluación.**

10 cm

Pruebas de los efectos inter-sujetos

Variable dependiente:Contenido de Cd (mg/kg-1)

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	,210[a]	6	,035	1,161	,403
Intersección	,101	1	,101	3,350	,100
Tratamiento	,083	3	,028	,923	,468
Bloques	,126	3	,042	1,399	,305
Error	,271	9	,030		
Total	,581	16			
Total corregida	,480	15			

a. R cuadrado = .436 (R cuadrado corregida = .060)

20 cm

Pruebas de los efectos inter-sujetos

Variable dependiente:Contenido de Cd (mg/kg-1)

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	,004[a]	6	,001	1,274	,357
Intersección	,006	1	,006	12,387	,007
Tratamiento	,001	3	,000	,613	,624
Bloques	,003	3	,001	1,935	,194
Error	,005	9	,001		
Total	,015	16			
Total corregida	,009	15			

a. R cuadrado = .459 (R cuadrado corregida = .099)

40 cm

Pruebas de los efectos inter-sujetos

Variable dependiente:Contenido de Cd (mg/kg-1)

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	,002[a]	6	,000	1,588	,256
Intersección	,002	1	,002	8,576	,017
Tratamiento	,001	3	,000	1,024	,427
Bloques	,002	3	,001	2,153	,164
Error	,002	9	,000		
Total	,006	16			
Total corregida	,004	15			

a. R cuadrado = .514 (R cuadrado corregida = .190)

- **Análisis estadístico del contenido de Cadmio en los granos a los 30 días de evaluación.**

Pruebas de los efectos inter-sujetos

Variable dependiente:Contenido de Cd (mg/kg-1)

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	,765[a]	6	,127	,975	,493
Intersección	6,401	1	6,401	48,986	,000
Tratamiento	,611	3	,204	1,560	,266
Bloques	,153	3	,051	,391	,763
Error	1,176	9	,131		
Total	8,342	16			
Total corregida	1,941	15			

a. R cuadrado = .394 (R cuadrado corregida = -.010)

- **Análisis estadístico del contenido de Cadmio en los granos a los 60 días de evaluación.**

Pruebas de los efectos inter-sujetos

Variable dependiente:Contenido de Cd (mg/kg-1)

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	,100[a]	6	,017	4,568	,021
Intersección	1,199	1	1,199	329,252	,000
Tratamiento	,079	3	,026	7,206	,009
Bloques	,021	3	,007	1,929	,195
Error	,033	9	,004		
Total	1,332	16			
Total corregida	,133	15			

a. R cuadrado = .753 (R cuadrado corregida = .588)

Contenido de Cd (mg/kg-1)

DHS de Tukey[a,b]

Tratamientos	N	Subconjunto 1	Subconjunto 2
T3	4	,1775	
T4	4	,2625	,2625
T2	4	,2800	,2800
T1	4		,3750
Sig.		,146	,103

Se muestran las medias de los grupos de subconjuntos homogéneos.

Basadas en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática(Error) = .004.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 4.000

b. Alfa = .05.

- **Análisis estadístico del contenido de Cadmio en los granos a los 120 días de evaluación.**

Pruebas de los efectos inter-sujetos

Variable dependiente:Contenido de Cd (mg/kg-1)

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	,118[a]	6	,020	7,381	,004
Intersección	,941	1	,941	354,314	,000
Tratamiento	,027	3	,009	3,358	,069
Bloques	,091	3	,030	11,404	,002
Error	,024	9	,003		
Total	1,082	16			
Total corregida	,142	15			

a. R cuadrado = .831 (R cuadrado corregida = .718)

Contenido de Cd (mg/kg-1)

DHS de Tukey[a,b]

Bloques	N	Subconjunto 1	Subconjunto 2	Subconjunto 3
3,00	4	,1425		
4,00	4	,2150	,2150	
2,00	4		,2625	,2625
1,00	4			,3500
Sig.		,260	,583	,146

Se muestran las medias de los grupos de subconjuntos homogéneos.

Basadas en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática(Error) = .003.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 4.000

b. Alfa = .05.

ANEXO 2. Resultados de los análisis de laboratorio.

- **Análisis de los suelos a los 30 días.**

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Carretera Central Km1.21 - Tingo María - CELULAR 941531359

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

analisisdesuelosunas@hotmail.com

ANALISIS DE SUELOS

SOLICITANTE:						PROCEDENCIA																				
UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI						SECTOR					SAN ALEJANDRO							DISTRITO						IRAZOLA		
						PROVINCIA					PADRE ABAD							REGION						UCAYALI		
						ANALISIS MECANICO				pH	M.O.	N	P	K	Cd	Pb	CIC	CAMBIABLES Cmol(+)/kg						CICe	%	%
N°	CODIGO DEL LAB.					Arena	Arcilla	Limo	Textura	1:1			disponible					Ca	Mg	K	Na	Al	H		Bas. Camb.	Ac. Camb.
						%	%	%			%	%	ppm	ppm	ppm	ppm										
1	S1229	T1	MP	B1	10 CM	20	49	31	Arcilloso	5.29	1.38	0.07	4.96	155.43	0.06	8.88	----	10.73	3.12	--	--	0.34	0.09	14.27	96.99	3.01
2	S1230	T1	MP	B1	20 CM	24	47	29	Arcilloso	5.12	1.36	0.07	4.08	135.94	0.03	5.44	----	10.38	2.83	--	--	0.42	0.31	13.94	94.76	5.24
3	S1231	T1	MP	B1	40 CM	26	55	19	Arcilloso	5.00	1.32	0.07	4.35	110.95	0.01	6.28	----	6.22	2.60	--	--	0.84	0.19	9.85	89.54	10.46
4	S1232	T2	MP	B1	10 CM	16	47	37	Arcilloso	5.64	1.76	0.09	4.53	126.44	1.43	7.64	16.48	12.35	3.58	0.33	0.22	--	--	--	100.00	0.00
5	S1233	T2	MP	B1	20 CM	20	49	31	Arcilloso	5.73	1.52	0.08	4.40	125.44	0.13	6.20	17.13	12.79	3.86	0.28	0.20	--	--	--	100.00	0.00
6	S1234	T2	MP	B1	40 CM	12	53	35	Arcilloso	5.60	1.35	0.07	4.16	121.15	0.12	7.08	14.51	10.40	3.73	0.24	0.14	--	--	--	100.00	0.00
7	S1235	T3	MP	B1	10 CM	32	39	29	Franco Arcilloso	5.58	1.17	0.06	3.68	128.44	0.28	5.92	13.11	9.44	3.11	0.32	0.24	--	--	--	100.00	0.00
8	S1236	T3	MP	B1	20 CM	34	37	29	Franco Arcilloso	5.52	1.15	0.06	3.48	108.45	0.06	3.96	12.75	9.34	2.99	0.24	0.18	--	--	--	100.00	0.00
9	S1237	T3	MP	B1	40 CM	46	33	21	Franco Arcillo Arenoso	5.62	1.10	0.06	3.20	65.47	0.04	4.84	9.52	6.32	2.96	0.14	0.10	--	--	--	100.00	0.00
10	S1238	T4	MP	B1	10 CM	30	47	23	Arcilloso	4.87	1.19	0.06	3.92	98.96	0.04	9.44	----	7.77	2.78	--	--	1.22	0.47	12.23	86.18	13.82
11	S1239	T4	MP	B1	20 CM	30	49	21	Arcilloso	4.64	1.16	0.06	3.03	83.96	0.02	8.00	----	7.16	2.60	--	--	2.15	0.25	12.15	80.25	19.75
12	S1240	T4	MP	B1	40 CM	30	47	23	Arcilloso	4.61	1.09	0.05	2.40	82.46	0.01	9.32	----	4.98	2.42	--	--	6.32	0.31	14.03	52.73	47.27
13	S1241	T1	MP	B2	10 CM	22	37	41	Franco Arcillo Limoso	5.80	1.73	0.09	5.84	230.40	0.04	7.56	12.62	9.01	2.77	0.46	0.38	--	--	--	100.00	0.00

14	S1242	T1	MP	B2	20 CM	24	37	39	Franco Arcilloso	5.27	1.48	0.07	3.60	120.95	0.03	3.04	----	7.74	1.80	--	--	0.33	0.24	10.11	94.36	5.64
15	S1243	T1	MP	B2	40 CM	22	39	39	Franco Arcilloso	5.02	1.34	0.07	2.84	97.54	0.02	4.74	----	7.27	1.21	--	--	0.76	0.34	9.58	88.51	11.49
16	S1244	T2	MP	B2	10 CM	22	39	39	Franco Arcilloso	4.94	1.30	0.07	3.68	138.94	0.05	5.28	----	6.91	2.88	--	--	1.11	0.14	11.04	88.67	11.33
17	S1245	T2	MP	B2	20 CM	26	35	39	Franco Arcilloso	4.74	1.22	0.06	3.52	84.46	0.03	3.68	----	7.07	2.40	--	--	3.94	0.54	13.95	67.89	32.11
18	S1246	T2	MP	B2	40 CM	22	41	37	Arcilloso	4.65	0.99	0.05	2.64	75.24	0.01	4.80	----	6.05	1.70	--	--	7.16	0.43	15.34	50.52	49.48
19	S1247	T3	MP	B2	10 CM	42	27	31	Franco Arcilloso	5.62	1.23	0.06	16.11	170.43	0.11	7.86	12.36	9.05	2.53	0.49	0.30	--	--	--	100.00	0.00
20	S1248	T3	MP	B2	20 CM	36	29	35	Franco Arcilloso	5.23	1.01	0.05	8.49	73.97	0.04	7.32	----	6.87	1.94	--	--	0.87	0.24	9.92	88.81	11.19
21	S1249	T3	MP	B2	40 CM	36	35	29	Franco Arcilloso	4.83	0.92	0.05	6.16	53.28	0.03	7.64	----	6.71	1.24	--	--	2.16	0.79	10.90	72.94	27.06
22	S1250	T4	MP	B2	10 CM	22	37	41	Franco Arcillo Limoso	5.78	1.57	0.08	7.93	123.45	0.12	22.20	14.87	10.75	3.56	0.31	0.25	--	--	--	100.00	0.00
23	S1251	T4	MP	B2	20 CM	20	41	39	Arcilloso	5.33	1.52	0.08	5.84	105.95	0.10	15.36	----	10.74	3.21	--	--	0.25	0.05	14.25	97.89	2.11
24	S1252	T4	MP	B2	40 CM	16	53	31	Arcilloso	4.79	1.16	0.06	2.23	98.17	0.06	12.40	----	8.85	2.92	--	--	1.95	0.07	13.79	85.35	14.65
25	S1253	T1	HS	B3	10 CM	54	21	25	Franco Arcillo Arenoso	4.71	1.05	0.05	3.76	67.97	0.03	9.44	----	4.10	1.13	--	--	0.97	0.24	6.44	81.22	18.78
26	S1254	T1	HS	B3	20 CM	46	29	25	Franco Arcillo Arenoso	4.65	1.03	0.05	2.47	41.98	0.02	7.72	----	4.02	1.25	--	--	1.87	0.13	7.27	72.49	27.51
27	S1255	T1	HS	B3	40 CM	46	31	23	Franco Arcillo Arenoso	4.58	0.91	0.05	1.43	40.23	0.01	7.08	----	3.45	1.06	--	--	3.57	0.16	8.24	54.75	45.25
28	S1256	T2	HS	B3	10 CM	42	29	29	Franco Arcilloso	4.53	1.18	0.06	6.00	48.48	0.03	12.96	----	3.97	1.70	--	--	3.00	0.18	8.85	64.06	35.94
29	S1257	T2	HS	B3	20 CM	36	33	31	Franco Arcilloso	4.56	1.04	0.05	2.55	46.42	0.03	11.72	----	3.72	1.58	--	--	4.81	0.05	10.15	52.14	47.86
30	S1258	T2	HS	B3	40 CM	38	33	29	Franco Arcilloso	4.59	0.97	0.05	2.15	43.48	0.02	6.24	----	3.59	1.46	--	--	5.00	0.09	10.13	49.77	50.23
31	S1259	T3	HS	B3	10 CM	42	23	35	Franco	5.12	1.24	0.06	3.84	65.47	0.05	10.24	----	5.15	1.81	--	--	0.30	0.06	7.32	95.08	4.92
32	S1260	T3	HS	B3	20 CM	36	27	37	Franco Arcilloso	4.81	1.01	0.05	3.11	48.98	0.02	10.04	----	4.22	1.55	--	--	1.05	0.56	7.38	78.17	21.83
33	S1261	T3	HS	B3	40 CM	36	35	29	Franco Arcilloso	4.66	0.98	0.05	2.15	41.98	0.01	8.00	----	4.04	1.53	--	--	4.31	0.24	10.12	55.02	44.98
34	S1262	T4	HS	B3	10 CM	38	25	37	Franco	4.88	1.19	0.06	3.84	41.98	0.04	9.12	----	4.81	1.45	--	--	0.75	0.35	7.36	85.05	14.95

35	S1263	T4	HS	B3	20 CM	36	29	35	Franco Arcilloso	4.76	1.09	0.05	3.20	39.75	0.02	9.08	----	4.22	1.39	--	--	2.00	0.25	7.85	71.35	28.65
36	S1264	T4	HS	B3	40 CM	36	33	31	Franco Arcilloso	4.67	0.92	0.05	2.95	33.99	0.01	7.64	----	3.81	1.25	--	--	3.01	0.12	8.19	61.78	38.22
37	S1265	T1	HS	B4	10 CM	38	23	39	Franco	5.29	1.31	0.07	4.64	65.47	0.05	11.92	----	5.88	2.01	--	--	0.00	0.21	8.10	97.41	2.59
38	S1266	T1	HS	B4	20 CM	38	29	33	Franco Arcilloso	4.80	1.04	0.05	3.63	47.48	0.03	9.80	----	4.38	1.69	--	--	1.09	0.36	7.52	80.72	19.28
39	S1267	T1	HS	B4	40 CM	36	31	33	Franco Arcilloso	4.84	0.97	0.05	2.39	39.30	0.02	7.96	----	3.38	1.60	--	--	0.94	0.37	6.29	79.16	20.84
40	S1268	T2	HS	B4	10 CM	42	23	35	Franco	4.97	1.09	0.05	3.95	46.98	0.04	12.20	----	4.20	1.46	--	--	0.48	0.15	6.29	89.98	10.02
41	S1269	T2	HS	B4	20 CM	42	27	31	Franco Arcilloso	4.75	1.03	0.05	3.28	44.48	0.03	8.68	----	3.44	1.22	--	--	2.33	0.30	7.29	63.91	36.09
42	S1270	T2	HS	B4	40 CM	42	27	31	Franco Arcilloso	4.63	0.95	0.05	3.06	33.27	0.02	10.44	----	3.21	1.21	--	--	2.62	0.17	7.21	61.32	38.68
43	S1271	T3	HS	B4	10 CM	26	27	47	Franco Arcillo Limoso	4.50	1.33	0.07	3.84	41.98	0.03	12.60	----	4.21	1.22	--	--	2.94	0.10	8.47	64.11	35.89
44	S1272	T3	HS	B4	20 CM	26	29	45	Franco Arcillo Limoso	4.69	1.22	0.06	3.76	35.48	0.03	10.32	----	3.48	1.05	--	--	4.21	0.49	9.23	49.08	50.92
45	S1273	T3	HS	B4	40 CM	30	29	41	Franco Arcillo Limoso	4.78	0.99	0.05	3.11	33.99	0.01	10.28	----	3.33	1.03	--	--	4.70	0.69	9.75	44.71	55.29
46	S1274	T4	HS	B4	10 CM	32	25	43	Franco	4.51	1.22	0.06	5.42	83.96	0.04	9.32	----	4.67	1.23	--	--	2.40	0.29	8.59	68.67	31.33
47	S1275	T4	HS	B4	20 CM	38	19	43	Franco	4.46	1.07	0.05	5.60	47.98	0.04	8.88	----	3.90	1.11	--	--	2.41	0.10	7.52	66.62	33.38
48	S1276	T4	HS	B4	40 CM	40	23	37	Franco	4.31	0.96	0.05	3.60	43.21	0.02	9.08	----	3.53	1.08	--	--	4.02	0.40	9.03	51.05	48.95

MUESTREADO POR EL SOLICITANTE

TINGO MARIA, 16 DE OCTUBRE 2019

RECIBO N° 0595456

- **Análisis de los suelos a los 60 días.**

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Carretera Central Km1.21 - Tingo María - CELULAR 941531359

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

analisisdesuelosunas@hotmail.com

ANALISIS DE SUELOS

SOLICITANTE:						PROCEDENCIA																				
UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI						SECTOR				SAN ALEJANDRO							DISTRITO					IRAZOLA				
						PROVINCIA				PADRE ABAD							REGION					UCAYALI				
N°	CODIGO DEL LAB.	DATOS DE LA MUESTRA				ANALISIS MECANICO				pH	M.O.	N	P	K	Cd	Pb	CIC	CAMBIABLES Cmol(+)/kg						CICe	%	%	%
						Arena	Arcilla	Limo	Textura	1:1	%	%	disponible					Ca	Mg	K	Na	Al	H		Bas. Camb.	Ac. Camb.	Sat. Al
						%	%	%					ppm	ppm	ppm	ppm											
1	S1901	T1	MP	B1	10 CM	16	51	33	Arcilloso	6.37	1.44	0.07	5.04	156.93	0.04	3.76	14.79	10.75	3.24	0.52	0.28	--	--	--	100.00	0.00	0.00
2	S1902	T1	MP	B1	20 CM	26	45	29	Arcilloso	6.18	1.39	0.07	4.80	136.44	0.02	3.00	14.04	10.50	2.88	0.46	0.20	--	--	--	100.00	0.00	0.00
3	S1903	T1	MP	B1	40 CM	18	49	33	Arcilloso	6.07	1.36	0.07	4.72	111.45	0.01	2.76	9.91	6.50	2.63	0.57	0.21	--	--	--	100.00	0.00	0.00
4	S1904	T2	MP	B1	10 CM	16	49	35	Arcilloso	5.78	1.80	0.09	5.92	127.44	0.80	3.24	18.38	13.79	3.92	0.43	0.24	--	--	--	100.00	0.00	0.00
5	S1905	T2	MP	B1	20 CM	20	51	29	Arcilloso	5.74	1.54	0.08	5.28	126.94	0.10	2.88	18.23	13.67	3.91	0.42	0.23	--	--	--	100.00	0.00	0.00
6	S1906	T2	MP	B1	40 CM	16	51	33	Arcilloso	5.63	1.37	0.07	5.12	126.44	0.08	2.56	15.72	11.40	3.75	0.40	0.17	--	--	--	100.00	0.00	0.00
7	S1907	T3	MP	B1	10 CM	26	39	35	Franco Arcilloso	6.42	1.21	0.06	4.24	128.72	0.15	4.02	14.64	10.65	3.25	0.45	0.29	--	--	--	100.00	0.00	0.00
8	S1908	T3	MP	B1	20 CM	26	39	35	Franco Arcilloso	6.37	1.19	0.06	4.08	109.01	0.04	3.84	14.08	10.47	3.04	0.37	0.20	--	--	--	100.00	0.00	0.00
9	S1909	T3	MP	B1	40 CM	24	37	39	Franco Arcilloso	6.14	1.15	0.06	3.76	66.08	0.03	3.32	12.69	9.32	2.99	0.24	0.14	--	--	--	100.00	0.00	0.00
10	S1910	T4	MP	B1	10 CM	26	49	25	Arcilloso	5.51	1.23	0.06	4.16	100.01	0.02	4.88	13.75	10.08	3.17	0.33	0.17	--	--	--	100.00	0.00	0.00
11	S1911	T4	MP	B1	20 CM	28	43	29	Arcilloso	5.24	1.20	0.06	3.95	85.07	0.01	4.56	----	9.04	2.92	--	--	0.45	0.15	12.56	95.22	4.78	3.58
12	S1912	T4	MP	B1	40 CM	28	47	25	Arcilloso	5.01	1.14	0.06	2.71	82.57	0.01	4.36	----	6.51	2.58	--	--	1.20	0.44	10.73	84.72	15.28	11.18
13	S1913	T1	MP	B2	10 CM	22	35	43	Franco Arcillo Limoso	6.79	1.81	0.09	5.92	232.40	0.03	4.25	14.35	10.21	2.92	0.77	0.45	--	--	--	100.00	0.00	0.00

13	S1913	T1	MP	B2	10 CM	22	35	43	Franco Arcillo Limoso	6.79	1.81	0.09	5.92	232.40	0.03	4.25	14.35	10.21	2.92	0.77	0.45	--	--	--	100.00	0.00	0.00
14	S1914	T1	MP	B2	20 CM	24	39	37	Franco Arcilloso	5.62	1.69	0.08	3.93	122.45	0.03	2.76	11.01	8.29	2.08	0.41	0.23	--	--	--	100.00	0.00	0.00
15	S1915	T1	MP	B2	40 CM	21	39	40	Franco Arcilloso	5.24	1.43	0.07	3.03	99.46	0.02	2.14	----	7.53	1.67	--	--	0.64	0.21	10.05	91.54	8.46	6.37
16	S1916	T2	MP	B2	10 CM	24	37	39	Franco Arcilloso	5.17	1.34	0.07	3.84	139.94	0.04	4.52	----	10.21	3.08	--	--	0.57	0.45	14.31	92.87	7.13	3.98
17	S1917	T2	MP	B2	20 CM	26	37	37	Franco Arcilloso	5.04	1.27	0.06	3.60	87.57	0.02	3.24	----	8.63	2.75	--	--	1.04	0.44	12.86	88.49	11.51	8.09
18	S1918	T2	MP	B2	40 CM	16	49	35	Arcilloso	4.92	1.02	0.05	2.95	77.97	0.01	4.04	----	7.24	1.88	--	--	3.00	0.28	12.40	73.54	26.46	24.20
19	S1919	T3	MP	B2	10 CM	40	29	31	Franco Arcilloso	6.24	1.28	0.06	16.35	172.12	0.06	3.36	14.06	10.22	2.92	0.57	0.35	--	--	--	100.00	0.00	0.00
20	S1920	T3	MP	B2	20 CM	42	37	21	Franco Arcilloso	6.06	1.08	0.05	8.73	84.96	0.03	3.00	9.78	7.29	2.08	0.28	0.12	--	--	--	100.00	0.00	0.00
21	S1921	T3	MP	B2	40 CM	38	39	23	Franco Arcilloso	5.53	0.98	0.05	6.32	54.48	0.02	2.56	8.78	6.83	1.67	0.18	0.10	--	--	--	100.00	0.00	0.00
22	S1922	T4	MP	B2	10 CM	14	41	45	Arcillo Limoso	6.24	1.62	0.08	8.09	125.00	0.08	8.48	15.96	11.42	3.83	0.42	0.29	--	--	--	100.00	0.00	0.00
23	S1923	T4	MP	B2	20 CM	12	49	39	Arcilloso	5.82	1.57	0.08	5.92	107.62	0.05	5.98	14.59	10.50	3.50	0.36	0.23	--	--	--	100.00	0.00	0.00
24	S1924	T4	MP	B2	40 CM	10	53	37	Arcilloso	4.96	1.24	0.06	2.87	99.46	0.02	5.20	----	9.65	3.00	--	--	0.84	0.21	13.70	92.34	7.66	6.13
25	S1925	T1	HS	B3	10 CM	50	25	25	Franco Arcillo Arenoso	5.37	1.10	0.06	4.08	70.27	0.02	4.32	----	5.43	1.54	--	--	0.41	0.13	7.51	92.81	7.19	5.46
26	S1926	T1	HS	B3	20 CM	48	29	23	Franco Arcillo Arenoso	4.96	1.07	0.05	2.79	44.98	0.01	4.00	----	4.69	1.33	--	--	1.40	0.20	7.62	79.01	20.99	18.36

34	S1934	T4	HS	B3	10 CM	38	19	43	Franco	4.91	1.27	0.06	4.16	44.59	0.03	3.56	----	5.85	1.67	--	--	0.75	0.33	8.60	87.44	12.56	8.72
35	S1935	T4	HS	B3	20 CM	34	25	41	Franco	4.77	1.11	0.06	3.44	42.26	0.01	3.12	----	5.59	1.63	--	--	1.20	0.05	8.47	85.23	14.77	14.18
36	S1936	T4	HS	B3	40 CM	28	35	37	Franco Arcilloso	4.69	0.95	0.05	3.11	35.00	0.01	2.88	----	4.67	1.33	--	--	1.75	0.14	7.89	76.06	23.94	22.17
37	S1937	T1	HS	B4	10 CM	32	19	49	Franco	5.32	1.36	0.07	4.72	69.64	0.04	3.36	----	7.38	2.17	--	--	0.10	0.08	9.73	98.15	1.85	1.03
38	S1938	T1	HS	B4	20 CM	32	29	39	Franco Arcilloso	4.94	1.10	0.06	3.84	48.70	0.01	3.32	----	6.26	1.88	--	--	1.20	0.07	9.41	86.50	13.50	12.76
39	S1939	T1	HS	B4	40 CM	34	27	39	Franco Arcilloso	4.91	1.02	0.05	2.79	39.65	0.01	2.84	----	5.27	1.79	--	--	1.11	0.18	8.35	84.55	15.45	13.29
40	S1940	T2	HS	B4	10 CM	32	27	42	Franco	4.99	1.14	0.06	4.08	49.53	0.03	3.76	----	5.40	1.54	--	--	0.35	0.17	7.46	93.03	6.97	4.69
41	S1941	T2	HS	B4	20 CM	28	32	40	Franco Arcilloso	4.78	1.07	0.05	3.36	45.59	0.01	3.52	----	4.54	1.29	--	--	1.60	0.09	7.52	77.53	22.47	21.27
42	S1942	T2	HS	B4	40 CM	30	31	39	Franco Arcilloso	4.71	0.99	0.05	3.11	34.93	0.01	2.44	----	4.39	1.25	--	--	1.80	0.03	7.47	75.50	24.50	24.10
43	S1943	T3	HS	B4	10 CM	26	29	45	Franco Arcillo Limoso	4.57	1.40	0.07	4.08	42.59	0.02	3.24	----	4.77	1.33	--	--	2.80	0.04	8.94	68.24	31.76	31.31
44	S1944	T3	HS	B4	20 CM	30	27	43	Franco Arcillo Limoso	4.51	1.32	0.07	3.92	36.15	0.01	3.08	----	4.08	1.17	--	--	3.20	0.20	8.65	60.68	39.32	37.01
45	S1945	T3	HS	B4	40 CM	28	27	45	Franco Arcillo Limoso	4.79	1.01	0.05	3.52	35.04	0.01	3.04	----	4.01	1.15	--	--	4.01	0.14	9.31	55.40	44.60	43.09
46	S1946	T4	HS	B4	10 CM	36	21	43	Franco	5.46	1.26	0.06	5.76	84.96	0.03	3.60	----	5.16	1.42	--	--	1.30	0.07	7.95	82.76	17.24	16.36
47	S1947	T4	HS	B4	20 CM	34	25	41	Franco	4.83	1.15	0.06	5.68	49.94	0.02	3.52	----	4.33	1.21	--	--	1.84	0.20	7.58	73.08	26.92	24.28
48	S1948	T4	HS	B4	40 CM	34	26	40	Franco	4.64	1.03	0.05	3.86	43.59	0.01	2.36	----	4.18	1.17	--	--	3.05	0.51	8.91	60.03	39.97	34.24

- **Análisis de los suelos a los 120 días.**

ANALISIS DE SUELOS

SOLICITANTE:						PROCEDENCIA																				
UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI						SECTOR					SAN ALEJANDRO							DISTRITO					IRAZOLA			
						PROVINCIA					PADRE ABAD							REGION					UCAYALI			
N°	CODIGO DEL LAB.	DATOS DE LA MUESTRA				ANALISIS MECANICO				pH	M.O.	N	P	K	Cd	Pb	CIC	CAMBIABLES Cmol(+)/kg						CICe	%	%	%
						Arena	Arcilla	Limo	Textura	1:1	%	%	disponible					Ca	Mg	K	Na	Al	H		Bas. Camb.	Ac. Camb.	Sat. Al
						%	%	%					ppm	ppm	ppm	ppm											
1	S2101	T1	MP	B1	10 CM	22	49	29	Arcilloso	6.39	1.45	0.07	5.36	157.12	0.03	3.70	14.89	10.77	3.29	0.54	0.29	--	--	--	100.00	0.00	0.00
2	S2102	T1	MP	B1	20 CM	22	48	30	Arcilloso	6.20	1.40	0.07	4.40	138.25	0.02	2.95	14.13	10.52	2.90	0.47	0.24	--	--	--	100.00	0.00	0.00
3	S2103	T1	MP	B1	40 CM	23	53	24	Arcilloso	6.08	1.38	0.07	4.35	115.21	0.01	2.74	9.88	6.57	2.67	0.41	0.23	--	--	--	100.00	0.00	0.00
4	S2104	T2	MP	B1	10 CM	17	45	38	Arcilloso	5.81	1.81	0.09	4.53	129.32	0.74	3.20	18.44	13.80	3.98	0.44	0.22	--	--	--	100.00	0.00	0.00
5	S2105	T2	MP	B1	20 CM	21	47	31	Arcilloso	5.76	1.56	0.08	5.44	126.99	0.10	2.80	18.27	13.69	3.95	0.43	0.20	--	--	--	100.00	0.00	0.00
6	S2106	T2	MP	B1	40 CM	16	51	33	Arcilloso	5.64	1.38	0.07	5.28	126.55	0.07	2.50	15.82	11.45	3.78	0.41	0.18	--	--	--	100.00	0.00	0.00
7	S2107	T3	MP	B1	10 CM	34	35	31	Franco Arcilloso	6.43	1.25	0.06	4.72	130.84	0.14	4.00	14.78	10.69	3.33	0.46	0.30	--	--	--	100.00	0.00	0.00
8	S2108	T3	MP	B1	20 CM	36	35	29	Franco Arcilloso	6.39	1.20	0.06	3.48	115.24	0.03	3.81	14.27	10.51	3.12	0.39	0.25	--	--	--	100.00	0.00	0.00
9	S2109	T3	MP	B1	40 CM	40	34	26	Franco Arcilloso	6.15	1.19	0.06	4.16	70.23	0.02	3.30	12.85	9.40	3.05	0.25	0.15	--	--	--	100.00	0.00	0.00
10	S2110	T4	MP	B1	10 CM	,31	46	22	Arcilloso	5.53	1.24	0.06	4.28	102.35	0.02	4.75	13.81	10.11	3.20	0.32	0.18	--	--	--	100.00	0.00	0.00
11	S2111	T4	MP	B1	20 CM	29	47	24	Arcilloso	5.27	1.23	0.06	4.00	90.54	0.01	4.42	----	9.17	2.95	--	--	0.40	0.16	12.68	95.58	4.42	3.15
12	S2112	T4	MP	B1	40 CM	31	49	20	Arcilloso	5.05	1.15	0.06	2.40	85.78	0.01	4.28	----	6.60	2.64	--	--	1.05	0.45	10.74	86.03	13.97	9.78

SOLICITANTE:						PROCEDENCIA																				
UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI						SECTOR				SAN ALEJANDRO							DISTRITO						IRAZOLA			
						PROVINCIA				PADRE ABAD							REGION						UCAYALI			
N°	CODIGO DEL LAB.	DATOS DE LA MUESTRA				ANALISIS MECANICO				pH	M.O.	N	P	K	Cd	Pb	CIC	CAMBIABLES Cmol(+)/kg						CICe	%	%	%
						Arena	Arcilla	Limo	Textura	1:1	%	%	disponible					Ca	Mg	K	Na	Al	H		Bas. Camb.	Ac. Camb.	Sat. Al
						%	%	%					ppm	ppm	ppm	ppm											
13	S2113	T1	MP	B2	10 CM	23	38	39	Franco Arcilloso	6.80	1.85	0.09	5.84	235.14	0.02	4.20	14.55	10.30	2.98	0.79	0.48	--	--	--	100.00	0.00	0.00
14	S2114	T1	MP	B2	20 CM	22	39	39	Franco Arcilloso	5.95	1.70	0.09	4.08	124.28	0.02	2.65	11.04	8.30	2.11	0.43	0.20	--	--	--	100.00	0.00	0.00
15	S2115	T1	MP	B2	40 CM	21	40	39	Franco Arcilloso	5.60	1.45	0.07	2.84	101.25	0.01	2.01	9.86	7.61	1.75	0.35	0.15	--	--	--	100.00	0.00	0.00
16	S2116	T2	MP	B2	10 CM	25	36	39	Franco Arcilloso	5.35	1.38	0.07	3.68	140.32	0.03	4.47	----	10.25	3.15	--	--	0.51	0.47	14.38	93.18	6.82	3.55
17	S2117	T2	MP	B2	20 CM	24	41	35	Arcilloso	5.13	1.28	0.06	3.52	90.85	0.02	3.11	----	8.65	2.78	--	--	0.70	0.45	12.58	90.86	9.14	5.56
18	S2118	T2	MP	B2	40 CM	21	42	37	Arcilloso	4.98	1.05	0.05	2.64	84.15	0.01	3.08	----	7.24	1.90	--	--	2.50	0.30	11.94	76.55	23.45	20.94
19	S2119	T3	MP	B2	10 CM	43	33	24	Franco Arcilloso	6.31	1.35	0.07	16.43	175.78	0.05	3.24	14.12	10.27	2.94	0.55	0.36	--	--	--	100.00	0.00	0.00
20	S2120	T3	MP	B2	20 CM	37	31	31	Franco Arcilloso	6.17	1.10	0.06	8.49	91.25	0.02	2.98	9.87	7.33	2.13	0.27	0.14	--	--	--	100.00	0.00	0.00
21	S2121	T3	MP	B2	40 CM	39	34	28	Franco Arcilloso	5.60	0.95	0.05	6.16	65.36	0.01	2.52	8.85	6.85	1.69	0.20	0.11	--	--	--	100.00	0.00	0.00
22	S2122	T4	MP	B2	10 CM	23	39	38	Franco Arcilloso	6.29	1.65	0.08	8.23	127.28	0.07	8.41	16.14	11.48	3.96	0.40	0.30	--	--	--	100.00	0.00	0.00
23	S2123	T4	MP	B2	20 CM	21	40	39	Franco Arcilloso	5.91	1.58	0.08	6.00	108.45	0.04	5.87	14.75	10.53	3.60	0.37	0.25	--	--	--	100.00	0.00	0.00
24	S2124	T4	MP	B2	40 CM	17	48	35	Arcilloso	5.03	1.25	0.06	3.11	101.21	0.02	5.16	----	9.69	3.11	--	--	0.80	0.23	13.83	92.55	7.45	5.78

SOLICITANTE:						PROCEDENCIA																				
UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI						SECTOR					SAN ALEJANDRO							DISTRITO						IRAZOLA		
						PROVINCIA					PADRE ABAD							REGION						UCAYALI		
						ANALISIS MECANICO				pH	M.O.	N	P	K	Cd	Pb		CAMBIABLES Cmol(+)/kg							%	%	%
N°	CODIGO DEL LAB.	DATOS DE LA MUESTRA				Arena	Arcilla	Limo	Textura				disponible				CIC							CICe	Bas. Camb.	Ac. Camb.	Sat. Al
						%	%	%		1:1	%	%	ppm	ppm	ppm	ppm		Ca	Mg	K	Na	Al	H				
25	S2125	T1	HS	B3	10 CM	53	20	27	Franco Arcillo Arenoso	5.44	1.13	0.06	4.72	71.47	0.01	4.29	----	5.48	1.65	--	--	0.40	0.14	7.65	92.94	7.06	5.23
26	S2126	T1	HS	B3	20 CM	47	28	25	Franco Arcillo Arenoso	5.02	1.08	0.05	3.20	43.95	0.01	3.95	----	4.70	1.48	--	--	1.05	0.20	7.43	83.18	16.82	14.13
27	S2127	T1	HS	B3	40 CM	49	27	24	Franco Arcillo Arenoso	4.99	1.00	0.05	2.31	43.01	0.00	2.25	----	3.83	1.12	--	--	1.50	0.17	6.62	74.77	25.23	22.66
28	S2128	T2	HS	B3	10 CM	39	27	34	Franco Arcilloso	5.36	1.26	0.06	6.89	50.21	0.02	4.94	----	6.49	1.90	--	--	0.50	0.09	8.98	93.43	6.57	5.57
29	S2129	T2	HS	B3	20 CM	39	32	28	Franco Arcilloso	5.07	1.09	0.05	2.55	48.70	0.01	3.69	----	5.62	1.55	--	--	1.02	0.07	8.36	86.96	13.04	12.20
30	S2130	T2	HS	B3	40 CM	37	34	29	Franco Arcilloso	4.98	1.03	0.05	2.15	46.66	0.00	1.14	----	4.28	1.57	--	--	1.34	0.10	7.29	80.25	19.75	18.38
31	S2131	T3	HS	B3	10 CM	36	28	36	Franco Arcilloso	5.23	1.34	0.07	3.84	71.39	0.03	3.27	----	7.18	2.10	--	--	0.19	0.10	9.57	96.97	3.03	1.99
32	S2132	T3	HS	B3	20 CM	35	30	35	Franco Arcilloso	4.97	1.07	0.05	3.11	50.45	0.01	2.72	----	5.87	1.70	--	--	0.99	0.20	8.76	86.42	13.58	11.30
33	S2133	T3	HS	B3	40 CM	34	37	29	Franco Arcilloso	4.83	1.03	0.05	2.84	44.33	0.00	2.40	----	5.46	1.63	--	--	2.10	0.42	9.61	73.78	26.22	21.86
34	S2134	T4	HS	B3	10 CM	36	27	37	Franco Arcilloso	5.12	1.30	0.07	3.84	49.21	0.02	3.49	----	5.89	1.68	--	--	0.50	0.36	8.43	89.80	10.20	5.93
35	S2135	T4	HS	B3	20 CM	32	31	37	Franco Arcilloso	4.85	1.14	0.06	3.52	44.57	0.01	3.07	----	5.62	1.66	--	--	1.01	0.08	8.37	86.98	13.02	12.07
36	S2136	T4	HS	B3	40 CM	33	33	34	Franco Arcilloso	4.73	0.96	0.05	2.95	36.25	0.00	2.84	----	4.68	1.40	--	--	1.63	0.15	7.86	77.35	22.65	20.74

SOLICITANTE:						PROCEDENCIA																				
UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI						SECTOR				SAN ALEJANDRO							DISTRITO					IRAZOLA				
						PROVINCIA				PADRE ABAD							REGION					UCAYALI				
N°	CODIGO DEL LAB.	DATOS DE LA MUESTRA				ANALISIS MECANICO				pH	M.O.	N	P	K	Cd	Pb	CIC	CAMBIABLES Cmol(+)/kg						CICe	%	%	%
						Arena	Arcilla	Limo	Textura	1:1	%	%	disponible					Ca	Mg	K	Na	Al	H		Bas. Camb.	Ac. Camb.	Sat. Al
						%	%	%					ppm	ppm	ppm	ppm											
37	S2137	T1	HS	B4	10 CM	34	31	35	Franco Arcilloso	5.47	1.40	0.07	4.64	70.37	0.03	3.33	----	7.40	2.21	--	--	0.08	0.09	9.78	98.26	1.74	0.82
38	S2138	T1	HS	B4	20 CM	36	27	37	Franco Arcilloso	5.13	1.12	0.06	3.63	49.57	0.00	3.14	----	6.29	1.92	--	--	1.09	0.10	9.40	87.34	12.66	11.60
39	S2139	T1	HS	B4	40 CM	34	29	37	Franco Arcilloso	5.11	1.03	0.05	3.11	40.41	0.00	2.80	----	5.31	1.80	--	--	0.85	0.20	8.16	87.13	12.87	10.42
40	S2140	T2	HS	B4	10 CM	40	25	35	Franco	5.29	1.18	0.06	3.95	50.22	0.02	3.68	----	5.50	1.60	--	--	0.30	0.18	7.58	93.67	6.33	3.96
41	S2141	T2	HS	B4	20 CM	38	29	33	Franco Arcilloso	4.87	1.09	0.05	3.28	48.74	0.00	3.50	----	4.55	1.33	--	--	1.45	0.04	7.37	79.78	20.22	19.67
42	S2142	T2	HS	B4	40 CM	36	33	31	Franco Arcilloso	4.84	1.10	0.06	3.06	35.69	0.00	2.41	----	4.40	1.27	--	--	1.65	0.05	7.37	76.93	23.07	22.39
43	S2143	T3	HS	B4	10 CM	22	33	45	Franco Arcillo	5.02	1.45	0.07	4.22	43.85	0.01	3.17	----	4.80	1.34	--	--	2.64	0.07	8.85	69.38	30.62	29.83
44	S2144	T3	HS	B4	20 CM	24	34	42	Franco Arcillo	4.91	1.33	0.07	3.96	37.68	0.00	2.99	----	4.10	1.26	--	--	3.15	0.27	8.78	61.05	38.95	35.88
45	S2145	T3	HS	B4	40 CM	28	31	41	Franco Arcillo	4.81	1.02	0.05	3.88	36.54	0.00	2.90	----	4.05	1.16	--	--	3.95	0.14	9.30	56.02	43.98	42.47
46	S2146	T4	HS	B4	10 CM	35	24	42	Franco	5.49	1.29	0.06	5.42	85.77	0.03	3.54	----	5.20	1.47	--	--	1.15	0.10	7.92	84.22	15.78	14.52
47	S2147	T4	HS	B4	20 CM	39	22	39	Franco	4.97	1.16	0.06	5.74	50.25	0.02	3.48	----	4.51	1.22	--	--	1.63	0.21	7.57	75.69	24.31	21.53
48	S2148	T4	HS	B4	40 CM	41	24	35	Franco	4.75	1.03	0.05	3.87	43.87	0.01	2.34	----	4.20	1.20	--	--	2.75	0.53	8.68	62.21	37.79	31.68

- **Análisis de los granos a los 30 días.**

ANALISIS ESPECIAL

SOLICITANTE:	UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI	PROCEDENCIA	SAN ALEJANDRO - IRAZ PADRE ABAD - UCAYA

DATOS DE LA MUESTRA					Humedad Hd (%)	RESULTADOS EN BASE SECA PARTES POR MILLON (ppm)	
Código	REFERENCIA			TIPO		Cd ppm	Pb ppm
ME2019_0332	T1	MP	B I	HOJAS	13.27	1.41	12.63
ME2019_0333	T2	MP	B I	HOJAS	13.38	1.35	12.25
ME2019_0334	T3	MP	B I	HOJAS	18.68	1.68	13.75
ME2019_0335	T4	MP	B I	HOJAS	19.33	1.43	13.25
ME2019_0336	T1	MP	B I	TALLO	66.27	3.51	13.75
ME2019_0337	T2	MP	B I	TALLO	65.66	2.19	14.25
ME2019_0338	T3	MP	B I	TALLO	67.75	2.56	12.38
ME2019_0339	T4	MP	B I	TALLO	63.66	2.51	14.00
ME2019_0340	T1	MP	B I	RAIZ	59.90	1.66	14.00
ME2019_0341	T2	MP	B I	RAIZ	58.78	1.50	11.38
ME2019_0342	T3	MP	B I	RAIZ	61.67	0.65	13.88
ME2019_0343	T4	MP	B I	RAIZ	73.30	1.08	14.00
ME2019_0344	T1	MP	B I	CASCARA	84.85	0.93	26.63
ME2019_0345	T2	MP	B I	CASCARA	85.07	0.64	21.13
ME2019_0346	T3	MP	B I	CASCARA	85.78	0.76	19.00
ME2019_0347	T4	MP	B I	CASCARA	81.86	0.70	23.50
ME2019_0348	T1	MP	B I	GRANO DE CACAO	10.22	0.88	13.63
ME2019_0349	T2	MP	B I	GRANO DE CACAO	11.58	0.54	12.88
ME2019_0350	T3	MP	B I	GRANO DE CACAO	20.47	0.75	15.00
ME2019_0351	T4	MP	B I	GRANO DE CACAO	19.18	0.80	14.00
ME2019_0352	T1	MP	B I	MULCH	12.20	1.25	26.63
ME2019_0353	T2	MP	B I	MULCH	11.04	0.76	21.13
ME2019_0354	T3	MP	B I	MULCH	19.33	1.21	19.00
ME2019_0355	T4	MP	B I	MULCH	20.43	0.51	23.50
ME2019_0356	T1	MP	B II	HOJAS	26.12	2.81	10.88
ME2019_0357	T2	MP	B II	HOJAS	29.86	1.56	21.13
ME2019_0358	T3	MP	B II	HOJAS	23.41	1.74	23.25
ME2019_0359	T4	MP	B II	HOJAS	23.78	1.85	18.25
ME2019_0360	T1	MP	B II	TALLO	69.13	3.46	23.75

ME2019_0361	T2	MP	B II	TALLO	72.30	1.98	11.63
ME2019_0362	T3	MP	B II	TALLO	70.35	1.89	12.50
ME2019_0363	T4	MP	B II	TALLO	68.81	2.88	12.63
ME2019_0364	T1	MP	B II	RAIZ	61.64	0.94	39.63
ME2019_0365	T2	MP	B II	RAIZ	49.56	0.51	13.38
ME2019_0366	T3	MP	B II	RAIZ	63.95	0.85	13.88
ME2019_0367	T4	MP	B II	RAIZ	61.81	0.55	14.38
ME2019_0368	T1	MP	B II	CASCARA	84.40	2.23	12.88
ME2019_0369	T2	MP	B II	CASCARA	85.92	0.84	24.38
ME2019_0370	T3	MP	B II	CASCARA	83.81	0.93	10.50
ME2019_0371	T4	MP	B II	CASCARA	86.96	1.71	15.50
ME2019_0372	T1	MP	B II	GRANO DE CACAO	16.76	1.69	22.13
ME2019_0373	T2	MP	B II	GRANO DE CACAO	12.01	0.51	18.63
ME2019_0374	T3	MP	B II	GRANO DE CACAO	26.99	0.25	25.88
ME2019_0375	T4	MP	B II	GRANO DE CACAO	14.69	0.39	17.75
ME2019_0376	T1	MP	B II	MULCH	16.73	1.04	21.13
ME2019_0377	T2	MP	B II	MULCH	11.34	1.28	23.25
ME2019_0378	T3	MP	B II	MULCH	18.63	2.18	18.25
ME2019_0379	T4	MP	B II	MULCH	27.56	1.59	23.75
ME2019_0380	T1	HS	B III	HOJAS	28.53	0.80	12.63
ME2019_0381	T2	HS	B III	HOJAS	29.22	1.10	12.50
ME2019_0382	T3	HS	B III	HOJAS	30.97	0.80	12.63
ME2019_0383	T4	HS	B III	HOJAS	18.71	0.90	14.63
ME2019_0384	T1	HS	B III	TALLO	72.82	2.18	11.50
ME2019_0385	T2	HS	B III	TALLO	71.23	2.39	22.63
ME2019_0386	T3	HS	B III	TALLO	73.58	1.74	12.63
ME2019_0387	T4	HS	B III	TALLO	71.74	1.68	10.63
ME2019_0388	T1	HS	B III	RAIZ	57.73	0.45	19.00
ME2019_0389	T2	HS	B III	RAIZ	64.45	0.73	20.88
ME2019_0390	T3	HS	B III	RAIZ	51.66	0.51	26.50
ME2019_0391	T4	HS	B III	RAIZ	59.05	0.45	25.63
ME2019_0392	T1	HS	B III	CASCARA	87.33	0.65	13.38
ME2019_0393	T2	HS	B III	CASCARA	82.65	0.79	13.88
ME2019_0394	T3	HS	B III	CASCARA	85.17	0.66	14.38
ME2019_0395	T4	HS	B III	CASCARA	84.61	0.49	6.88
ME2019_0396	T1	HS	B III	GRANO DE CACAO	9.13	0.93	24.38
ME2019_0397	T2	HS	B III	GRANO DE CACAO	8.87	0.44	0.00
ME2019_0398	T3	HS	B III	GRANO DE CACAO	7.98	0.48	10.50
ME2019_0399	T4	HS	B III	GRANO DE CACAO	9.05	0.16	10.13

ME2019_0400	T1	Hs	B III	MULCH	28.46	0.29	22.13
ME2019_0401	T2	Hs	B III	MULCH	36.61	0.94	18.63
ME2019_0402	T3	Hs	B III	MULCH	25.47	0.53	25.88
ME2019_0403	T4	Hs	B III	MULCH	25.19	0.88	17.75
ME2019_0404	T1	Hs	B IV	HOJAS	30.14	0.63	12.88
ME2019_0405	T2	Hs	B IV	HOJAS	25.73	0.59	10.75
ME2019_0406	T3	Hs	B IV	HOJAS	15.02	0.94	13.88
ME2019_0407	T4	Hs	B IV	HOJAS	13.47	1.88	14.00
ME2019_0408	T1	Hs	B IV	TALLO	50.05	1.53	12.63
ME2019_0409	T2	Hs	B IV	TALLO	71.83	1.48	9.75
ME2019_0410	T3	Hs	B IV	TALLO	68.98	1.88	10.13
ME2019_0411	T4	Hs	B IV	TALLO	69.61	4.31	11.13
ME2019_0412	T1	Hs	B IV	RAIZ	58.47	0.73	11.50
ME2019_0413	T2	Hs	B IV	RAIZ	60.94	0.68	22.63
ME2019_0414	T3	Hs	B IV	RAIZ	58.85	0.78	12.63
ME2019_0415	T4	Hs	B IV	RAIZ	58.73	1.28	10.63
ME2019_0416	T1	Hs	B IV	CASCARA	82.66	0.71	19.00
ME2019_0417	T2	Hs	B IV	CASCARA	82.80	0.56	20.88
ME2019_0418	T3	Hs	B IV	CASCARA	82.81	0.76	26.50
ME2019_0419	T4	Hs	B IV	CASCARA	81.24	0.88	25.63
ME2019_0420	T1	Hs	B IV	GRANO DE CACAO	19.61	0.38	11.50
ME2019_0421	T2	Hs	B IV	GRANO DE CACAO	8.54	0.56	22.63
ME2019_0422	T3	Hs	B IV	GRANO DE CACAO	9.17	0.53	12.63
ME2019_0423	T4	Hs	B IV	GRANO DE CACAO	13.54	0.83	10.63
ME2019_0424	T1	Hs	B IV	MULCH	24.51	1.01	19.00
ME2019_0425	T2	Hs	B IV	MULCH	21.74	1.25	20.88
ME2019_0426	T3	Hs	B IV	MULCH	21.53	0.51	26.50
ME2019_0427	T4	Hs	B IV	MULCH	22.57	0.90	25.63

MUESTREADO POR EL SOLICITANTE
TINGO MARIA, 16 DE OCTUBRE DEL 2019
RECIBO N° 05954556

- **Análisis de los granos a los 60 días.**

ANALISIS ESPECIAL

SOLICITANTE:	UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI	PROCEDENCIA	SAN ALEJANDRO - IRAZOLA - PADRE ABAD - UCAYALI

DATOS DE LA MUESTRA					RESULTADOS EN BASE SECA	
					PARTES POR MILLON (ppm)	
Código	REFERENCIA			TIPO	Cd ppm	Pb ppm
ME2018_0601	T1	MP	B I	HOJAS	1.07	11.50
ME2018_0602	T2	MP	B I	HOJAS	1.04	10.25
ME2018_0603	T3	MP	B I	HOJAS	1.14	12.58
ME2018_0604	T4	MP	B I	HOJAS	1.02	9.56
ME2018_0605	T1	MP	B I	TALLO	2.30	8.83
ME2018_0606	T2	MP	B I	TALLO	1.70	9.79
ME2018_0607	T3	MP	B I	TALLO	1.93	7.97
ME2018_0608	T4	MP	B I	TALLO	1.88	9.98
ME2018_0609	T1	MP	B I	RAIZ	1.07	8.90
ME2018_0610	T2	MP	B I	RAIZ	1.04	7.03
ME2018_0611	T3	MP	B I	RAIZ	1.01	7.87
ME2018_0612	T4	MP	B I	RAIZ	0.92	8.46
ME2018_0613	T1	MP	B I	CASCARA	0.53	15.79
ME2018_0614	T2	MP	B I	CASCARA	0.34	13.25
ME2018_0615	T3	MP	B I	CASCARA	0.45	16.42
ME2018_0616	T4	MP	B I	CASCARA	0.50	16.58
ME2018_0617	T1	MP	B I	GRANO DE CACAO	0.36	10.67
ME2018_0618	T2	MP	B I	GRANO DE CACAO	0.32	10.00
ME2018_0619	T3	MP	B I	GRANO DE CACAO	0.23	11.50
ME2018_0620	T4	MP	B I	GRANO DE CACAO	0.41	11.17
ME2018_0621	T1	MP	B I	MULCH	1.14	14.16
ME2018_0622	T2	MP	B I	MULCH	0.42	10.00
ME2018_0623	T3	MP	B I	MULCH	1.04	15.02
ME2018_0624	T4	MP	B I	MULCH	0.40	10.51
ME2018_0626	T1	MP	B II	HOJAS	1.54	7.03
ME2018_0626	T2	MP	B II	HOJAS	1.23	9.89
ME2018_0627	T3	MP	B II	HOJAS	1.27	10.80
ME2018_0628	T4	MP	B II	HOJAS	1.36	9.13
ME2018_0629	T1	MP	B II	TALLO	2.26	14.21
ME2018_0630	T2	MP	B II	TALLO	1.45	9.95
ME2018_0631	T3	MP	B II	TALLO	1.36	10.37

ME2018_0632	T4	MP	B II	TALLO	1.67	10.68
ME2018_0633	T1	MP	B II	RAIZ	0.57	9.54
ME2018_0634	T2	MP	B II	RAIZ	0.42	8.50
ME2018_0635	T3	MP	B II	RAIZ	0.65	7.63
ME2018_0636	T4	MP	B II	RAIZ	0.41	9.92
ME2018_0637	T1	MP	B II	CASCARA	1.03	10.58
ME2018_0638	T2	MP	B II	CASCARA	0.60	18.83
ME2018_0639	T3	MP	B II	CASCARA	0.59	9.21
ME2018_0640	T4	MP	B II	CASCARA	0.92	10.46
ME2018_0641	T1	MP	B II	GRANO DE CACAO	0.42	11.30
ME2018_0642	T2	MP	B II	GRANO DE CACAO	0.33	8.10
ME2018_0643	T3	MP	B II	GRANO DE CACAO	0.13	12.33
ME2018_0644	T4	MP	B II	GRANO DE CACAO	0.24	10.29
ME2018_0645	T1	MP	B II	MULCH	0.31	11.42
ME2018_0646	T2	MP	B II	MULCH	0.38	8.92
ME2018_0647	T3	MP	B II	MULCH	0.40	7.58
ME2018_0648	T4	MP	B II	MULCH	0.40	9.25
ME2018_0649	T1	HS	B II	HOJAS	0.64	10.81
ME2018_0650	T2	HS	B II	HOJAS	0.83	10.33
ME2018_0651	T3	HS	B II	HOJAS	0.57	10.88
ME2018_0652	T4	HS	B II	HOJAS	0.60	12.04
ME2018_0653	T1	HS	B II	TALLO	1.22	9.25
ME2018_0654	T2	HS	B II	TALLO	1.34	12.46
ME2018_0655	T3	HS	B II	TALLO	1.26	10.67
ME2018_0656	T4	HS	B II	TALLO	1.06	8.54
ME2018_0657	T1	HS	B II	RAIZ	0.21	8.71
ME2018_0658	T2	HS	B II	RAIZ	0.54	7.75
ME2018_0659	T3	HS	B II	RAIZ	0.25	8.83
ME2018_0660	T4	HS	B II	RAIZ	0.20	9.75
ME2018_0661	T1	HS	B II	CASCARA	0.41	9.57
ME2018_0662	T2	HS	B II	CASCARA	0.30	10.46
ME2018_0663	T3	HS	B II	CASCARA	0.28	9.83
ME2018_0664	T4	HS	B II	CASCARA	0.23	7.85
ME2018_0666	T1	HS	B II	GRANO DE CACAO	0.42	13.80
ME2018_0668	T2	HS	B II	GRANO DE CACAO	0.22	9.60
ME2018_0667	T3	HS	B II	GRANO DE CACAO	0.17	8.88
ME2018_0668	T4	HS	B II	GRANO DE CACAO	0.19	5.80
ME2018_0669	T1	HS	B II	MULCH	0.21	8.58
ME2018_0670	T2	HS	B II	MULCH	0.48	8.66
ME2018_0671	T3	HS	B II	MULCH	0.35	7.26
ME2018_0672	T4	HS	B II	MULCH	0.37	7.04

ME2018_0673	T1	HS	B IV	HOJAS	0.55	10.67
ME2018_0674	T2	HS	B IV	HOJAS	0.50	8.92
ME2018_0675	T3	HS	B IV	HOJAS	0.70	10.97
ME2018_0676	T4	HS	B IV	HOJAS	1.27	11.33
ME2018_0677	T1	HS	B IV	TALLO	0.92	10.21
ME2018_0678	T2	HS	B IV	TALLO	0.83	7.29
ME2018_0679	T3	HS	B IV	TALLO	1.08	8.42
ME2018_0680	T4	HS	B IV	TALLO	1.25	8.95
ME2018_0681	T1	HS	B IV	RAIZ	0.37	5.23
ME2018_0682	T2	HS	B IV	RAIZ	0.40	7.25
ME2018_0683	T3	HS	B IV	RAIZ	0.42	6.63
ME2018_0684	T4	HS	B IV	RAIZ	0.54	5.88
ME2018_0685	T1	HS	B IV	CASCARA	0.34	11.21
ME2018_0686	T2	HS	B IV	CASCARA	0.13	14.25
ME2018_0687	T3	HS	B IV	CASCARA	0.29	17.04
ME2018_0688	T4	HS	B IV	CASCARA	0.47	15.25
ME2018_0689	T1	HS	B IV	GRANO DE CACAO	0.30	7.90
ME2018_0690	T2	HS	B IV	GRANO DE CACAO	0.25	9.96
ME2018_0691	T3	HS	B IV	GRANO DE CACAO	0.18	6.70
ME2018_0692	T4	HS	B IV	GRANO DE CACAO	0.21	5.58
ME2018_0693	T1	HS	B IV	MULCH	0.40	10.53
ME2018_0694	T2	HS	B IV	MULCH	0.54	11.24
ME2018_0695	T3	HS	B IV	MULCH	0.26	10.08
ME2018_0696	T4	HS	B IV	MULCH	0.44	10.79

MUESTREADO POR EL SOLICITANTE

TINGO MARIA, 19 DE DICIEMBRE DEL 2019

RECIBO N° 0595456

- **Análisis de los granos a los 120 días.**

ANALISIS ESPECIAL

SOLICITANTE:	UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI	PROCEDENCIA	SAN ALEJANDRO – IRAZOLA – PADRE ABAD – UCAYALI

DATOS DE LA MUESTRA					RESULTADOS EN BASE SECA PARTES POR MILLON (ppm)	
Código	REFERENCIA			TIPO	Cd ppm	Pb ppm
ME_0714	T1	MP	B I	HOJAS	1.03	10.35
ME_0715	T2	MP	B I	HOJAS	0.99	10.03
ME_0716	T3	MP	B I	HOJAS	1.05	10.54
ME_0717	T4	MP	B I	HOJAS	0.98	8.31
ME_0718	T1	MP	B I	TALLO	2.17	7.15
ME_0719	T2	MP	B I	TALLO	1.62	7.29
ME_0720	T3	MP	B I	TALLO	1.81	7.02
ME_0721	T4	MP	B I	TALLO	1.75	8.43
ME_0722	T1	MP	B I	RAIZ	0.94	7.15
ME_0723	T2	MP	B I	RAIZ	0.93	7.00
ME_0724	T3	MP	B I	RAIZ	0.95	7.31
ME_0725	T4	MP	B I	RAIZ	0.90	7.94
ME_0726	T1	MP	B I	CASCARA	0.41	13.54
ME_0727	T2	MP	B I	CASCARA	0.30	11.42
ME_0728	T3	MP	B I	CASCARA	0.38	14.58
ME_0729	T4	MP	B I	CASCARA	0.43	14.89
ME_0730	T1	MP	B I	GRANO DE CACAO	0.34	9.87
ME_0731	T2	MP	B I	GRANO DE CACAO	0.31	9.12
ME_0732	T3	MP	B I	GRANO DE CACAO	0.20	9.93
ME_0733	T4	MP	B I	GRANO DE CACAO	0.35	9.81
ME_0734	T1	MP	B I	MULCH	1.12	12.12
ME_0735	T2	MP	B I	MULCH	0.40	8.68
ME_0736	T3	MP	B I	MULCH	1.03	13.47
ME_0737	T4	MP	B I	MULCH	0.38	9.66

SOLICITANTE:	UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI			PROCEDENCIA	SAN ALEJANDRO – IRAZOLA – PADRE ABAD – UCAYALI	
DATOS DE LA MUESTRA				RESULTADOS EN BASE SECA PARTES POR MILLON (ppm)		
Código	REFERENCIA			TIPO	Cd ppm	Pb ppm
ME_0738	T1	MP	B II	HOJAS	1.38	6.54
ME_0739	T2	MP	B II	HOJAS	1.20	8.45
ME_0740	T3	MP	B II	HOJAS	1.16	9.21
ME_0741	T4	MP	B II	HOJAS	1.15	8.75
ME_0742	T1	MP	B II	TALLO	2.03	12.57
ME_0743	T2	MP	B II	TALLO	1.35	7.58
ME_0744	T3	MP	B II	TALLO	1.23	9.32
ME_0745	T4	MP	B II	TALLO	1.43	8.58
ME_0746	T1	MP	B II	RAIZ	0.50	8.45
ME_0747	T2	MP	B II	RAIZ	0.41	7.96
ME_0748	T3	MP	B II	RAIZ	0.57	6.38
ME_0749	T4	MP	B II	RAIZ	0.39	8.15
ME_0750	T1	MP	B II	CASCARA	0.95	8.65
ME_0751	T2	MP	B II	CASCARA	0.52	14.75
ME_0752	T3	MP	B II	CASCARA	0.54	7.12
ME_0753	T4	MP	B II	CASCARA	0.85	8.37
ME_0754	T1	MP	B II	GRANO DE CACAO	0.40	9.38
ME_0755	T2	MP	B II	GRANO DE CACAO	0.31	8.10
ME_0756	T3	MP	B II	GRANO DE CACAO	0.12	10.45
ME_0757	T4	MP	B II	GRANO DE CACAO	0.20	9.63
ME_0758	T1	MP	B II	MULCH	0.30	9.66
ME_0759	T2	MP	B II	MULCH	0.34	7.85
ME_0760	T3	MP	B II	MULCH	0.31	6.32
ME_0761	T4	MP	B II	MULCH	0.35	8.77

SOLICITANTE:	UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI	PROCEDENCIA	SAN ALEJANDRO – IRAZOLA – PADRE ABAD – UCAYALI

DATOS DE LA MUESTRA					RESULTADOS EN BASE SECA PARTES POR MILLON (ppm)	
Código	REFERENCIA			TIPO	Cd ppm	Pb ppm
ME_0762	T1	HS	B III	HOJAS	0.57	8.32
ME_0763	T2	HS	B III	HOJAS	0.76	8.27
ME_0764	T3	HS	B III	HOJAS	0.52	8.54
ME_0765	T4	HS	B III	HOJAS	0.54	9.01
ME_0766	T1	HS	B III	TALLO	1.20	9.03
ME_0767	T2	HS	B III	TALLO	1.14	11.45
ME_0768	T3	HS	B III	TALLO	1.17	10.02
ME_0769	T4	HS	B III	TALLO	1.02	8.11
ME_0770	T1	HS	B III	RAIZ	0.18	6.45
ME_0771	T2	HS	B III	RAIZ	0.37	6.38
ME_0772	T3	HS	B III	RAIZ	0.19	6.78
ME_0773	T4	HS	B III	RAIZ	0.17	8.14
ME_0774	T1	HS	B III	CASCARA	0.35	7.65
ME_0775	T2	HS	B III	CASCARA	0.24	8.55
ME_0776	T3	HS	B III	CASCARA	0.23	7.99
ME_0777	T4	HS	B III	CASCARA	0.20	6.81
ME_0778	T1	HS	B III	GRANO DE CACAO	0.39	11.34
ME_0779	T2	HS	B III	GRANO DE CACAO	0.20	7.98
ME_0780	T3	HS	B III	GRANO DE CACAO	0.14	6.89
ME_0781	T4	HS	B III	GRANO DE CACAO	0.16	4.19
ME_0782	T1	HS	B III	MULCH	0.19	7.54
ME_0783	T2	HS	B III	MULCH	0.34	7.27
ME_0784	T3	HS	B III	MULCH	0.29	6.35
ME_0785	T4	HS	B III	MULCH	0.32	6.18

SOLICITANTE:	UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI			PROCEDENCIA	SAN ALEJANDRO - IRAZOLA - PADRE ABAD - UCAYALI	
DATOS DE LA MUESTRA				RESULTADOS EN BASE SECA PARTES POR MILLON (ppm)		
Código	REFERENCIA			TIPO	Cd ppm	Pb ppm
ME_0786	T1	HS	B IV	HOJAS	0.41	8.65
ME_0787	T2	HS	B IV	HOJAS	0.43	6.47
ME_0788	T3	HS	B IV	HOJAS	0.58	8.33
ME_0789	T4	HS	B IV	HOJAS	0.99	8.67
ME_0790	T1	HS	B IV	TALLO	0.90	8.77
ME_0791	T2	HS	B IV	TALLO	0.81	6.58
ME_0792	T3	HS	B IV	TALLO	0.99	6.84
ME_0793	T4	HS	B IV	TALLO	1.02	6.75
ME_0794	T1	HS	B IV	RAIZ	0.35	4.96
ME_0795	T2	HS	B IV	RAIZ	0.34	6.57
ME_0796	T3	HS	B IV	RAIZ	0.36	6.03
ME_0797	T4	HS	B IV	RAIZ	0.42	5.24
ME_0798	T1	HS	B IV	CASCARA	0.30	9.32
ME_0799	T2	HS	B IV	CASCARA	0.11	12.24
ME_0800	T3	HS	B IV	CASCARA	0.24	14.21
ME_0801	T4	HS	B IV	CASCARA	0.39	13.85
ME_0802	T1	HS	B IV	GRANO DE CACAO	0.27	6.39
ME_0803	T2	HS	B IV	GRANO DE CACAO	0.23	7.35
ME_0804	T3	HS	B IV	GRANO DE CACAO	0.11	5.87
ME_0805	T4	HS	B IV	GRANO DE CACAO	0.15	4.66
ME_0806	T1	HS	B IV	MULCH	0.36	9.38
ME_0807	T2	HS	B IV	MULCH	0.41	9.99
ME_0808	T3	HS	B IV	MULCH	0.20	9.21
ME_0809	T4	HS	B IV	MULCH	0.32	8.65

ANEXO 3. Fotografías de las actividades realizadas en el estudio.



Foto 1. Agricultores de la zona de estudio.



Foto 2. Recorrido de las parcelas en estudio.



Foto 3. Preparación de los fertilizantes.



Foto 4. Aplicación del abono orgánico y fertilizantes.



Foto 5. Aplicación del abono orgánico y fertilizantes.



Foto 6. Parcela con aplicación del método de limpieza (MLP).



Foto 7. Parcela sin aplicación del método de limpieza (MLP).



Foto 8. Acumulación de la hojarasca producto de la limpieza (MLP).



Foto 9. Acumulación de los residuos de cosecha producto de la limpieza (MLP).

ANEXO 4. Ficha de recolección de datos del contenido de Cadmio por bloques y tratamientos a los 30, 60 y 120 días después de aplicado el método de limpieza de parcelas.

Bloque I	DDA			Bloque II	DDA			Bloque III	DDA			Bloque IV	DDA		
	30	60	120		30	60	120		30	60	120		30	60	120
T1															
T2															
T3															
T4															

DDA: Días después de la aplicación del método de limpieza de parcelas.