

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



**EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE DIFERENTES DOSIS DE
ROCA FOSFÓRICA SOBRE EL CONTENIDO DE CADMIO (CD)
EN EL SUELO Y EN EL GRANO DE CACAO (*Theobroma cacao*
L.) EN TAHUANTINSUYO IRAZOLA PADRE ABAD**

**Tesis para optar el Título Profesional de
INGENIERO AGRÓNOMO**

SUSY DAZA HIDALGO

Pucallpa, Perú

2023



UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA
CARRERA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



ANEXO 4

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN O TESIS

Los Miembros del Jurado que suscriben, reunidos para estudiar y escuchar la sustentación de tesis, presentado por **SUSY DAZA HIDALGO**, denominada: **“EFECTO DE LA APLICACIÓN DE DIFERENTES DOSIS DE ROCA FOSFÓRICA SOBRE EL CONTENIDO DE CADMIO (Cd) EN EL SUELO Y EN EL GRANO DE CACAO (*Theobroma cacao* L.) EN TAHUANTINSUYO IRAZOLA PADRE ABAD”** para cumplir con el requisito (académico o título profesional) de **TÍTULO PROFESIONAL**.

Teniendo en consideración los méritos del referido trabajo, así como los conocimientos demostrados por la sustentante lo declaramos: **APROBADO POR UNANIMIDAD** con el calificativo **DIECISIETE (17)**.

En consecuencia, queda en condición de ser considerado Apto por el Consejo Universitario y recibir el Título de **INGENIERO AGRÓNOMO**, de conformidad con lo estipulado en los Art. 3 y 6 del Reglamento para el otorgamiento del Título Profesional de la Universidad Nacional de Ucayali.

Pucallpa, 15 de febrero del 2023.

.....
Ing. Edgar Juan Díaz Zúñiga, Dr.
Presidente

.....
Ing. Mack Henry Pinchi Ramírez, Dr.
Secretario

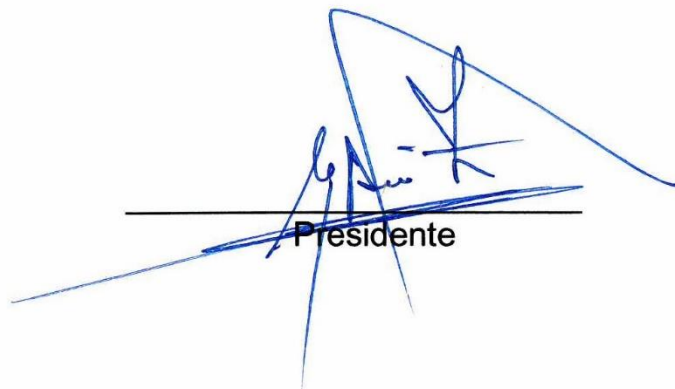
.....
Ing. Pablo Pedro Villegas Panduro, M.Sc.
Miembro

.....
Ing. José Antonio López Ucariegue, M.Sc.
Asesor

(*) De acuerdo con el Art. 21 del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional de Ucayali, éstas deberán ser calificadas con términos de Sobresaliente, Aprobado por Unanimidad, Aprobado por Mayoría y Desaprobado.

La presente tesis fue aprobada por los miembros del Jurado Evaluador de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Ucayali como requisito para optar el Título Profesional de Ingeniero Agrónomo.

Ing. Edgar Juan Díaz Zúñiga, Dr.



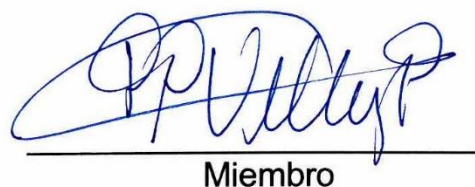
Presidente

Ing. Mack Henry Pinchi Ramírez, Dr.



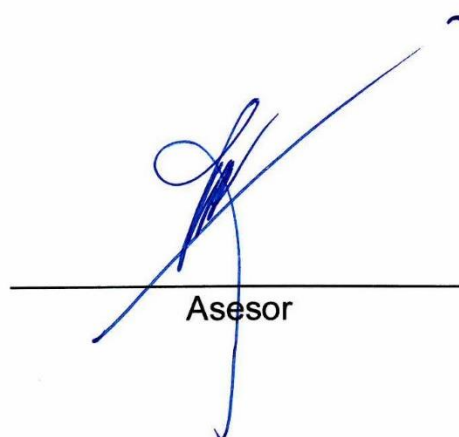
Miembro

Ing. Pablo Pedro Villegas Panduro, M.Sc.



Miembro

Ing. José Antonio López Ucariegue, M.Sc.



Asesor

Bach. Susy Daza Hidalgo



Tesista



UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
VICERRECTORADO DE INVESTIGACION
DIRECCIÓN DE PRODUCCIÓN INTELECTUAL

CONSTANCIA

ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACION

SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND

N° V/0826-2022

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

“EFECTO DE LA APLICACIÓN DE DIFERENTES DOSIS DE ROCA FOSFÓRICA SOBRE EL CONTENIDO DE CADMIO (Cd) EN EL SUELO Y EN EL GRANO DE CACAO (Theobroma cacao L.) EN TAHUANTINSUYO IRAZOLA PADRE ABAD”.

Autor(es) : DAZA HIDALGO, SUSY
Facultad : CIENCIAS AGROPECUARIAS
Escuela Profesional : AGRONOMÍA
Asesor (a) : Mg. LOPEZ UCARIEGUE, JOSE ANTONIO

Después de realizado el análisis correspondiente en el Sistema Antiplagio URKUND, dicho documento presenta un porcentaje de similitud de 10%.

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 se sella la presente constancia.

FECHA 26/12/2022



Mg. JOSÉ MANUEL CÁRDENAS BERNAOLA
Director de Producción Intelectual



AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE TESIS

REPOSITORIO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

Yo, SUSY DAZA HIDALGO

Autor(a) de la TESIS de pregrado titulada:

«EFECTO DE LA APLICACIÓN DE DIFERENTES DOSIS DE ROCA FOSFORICA
SOBRE EL CONTENIDO DE CADMIO (Cd) EN EL SUELO Y EN EL GRANO
DE CACAO (Theobroma cacao L.) EN TAHUANTINSUYO IRAZOLA
PADRE ABAD».

Sustentada el año: 2023

Con la asesoría de: ING. JOSE ANTONIO LOPEZ LICARIEGUE, M. Sc.

En la Facultad de: CIENCIAS AGROPECUARIAS.

Escuela Profesional de: AGRONOMIA.

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 válida 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 ☒ 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, la Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria y el Ministerio de Educación.

En señal de conformidad firmo la presente autorización.

Fecha: 15 / 02 / 2023

Email: dazahidalgo.susy@gmail.com

Teléfono: 967995211

Firma: [Firma]

DNI: 71706701

www.repositorio.unu.edu.pe

✉ repositorio@unu.edu.pe

DEDICATORIA.

A Dios, por brindarme la salud y por darme las fuerzas para superar los obstáculos y la sabiduría durante mi etapa universitaria que sin Él no hubiera sido posible concluir mi carrera.

A mis padres y hermanos, por su cariño y haberme forjado a ser la persona que soy en la actualidad y motivarme con su amor y apoyo incondicional en mis estudios universitarios.

A mi hijo Milan Paolo, mi motor y motivo para seguir adelante y a mi pareja Víctor Reátegui Maynas, por su apoyo incondicional.

AGRADECIMIENTO.

A mi alma mater, la Universidad Nacional de Ucayali por abrirme la puerta y formarme como profesional con docentes calificados de la región Ucayali.

A todos los docentes de la Escuela Profesional de Agronomía de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, por sus innumerables expresiones de enseñanza brindadas durante mi formación profesional.

A mi asesor Ing. M.Sc. José Antonio López Ucarieque, por haberme brindado sus conocimientos, así como sus consejos desde el inicio hasta el final de la tesis.

A mis compañeros de estudios con quienes compartí muchas experiencias durante mi etapa de estudiante.

ÍNDICE.

	Pág.
RESUMEN.....	x
ABSTRACT.....	xi
LISTA DE CUADROS.....	xii
LISTA DE FIGURAS.....	xiii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Objetivo General.....	2
1.2. Objetivos Específicos.....	2
II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	4
2.1. Antecedentes de la Investigación.....	4
2.1.1. A Nivel Internacional.....	4
2.1.2. A Nivel Nacional.....	4
2.1.3. A Nivel Regional.....	5
2.2. Marco Teórico.....	6
2.2.1. El cadmio.....	6
2.2.2. La roca fosfórica.....	8
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	10
3.1. Tipo de Investigación.....	10
3.2. Localización del Ensayo.....	10
3.3. Duración del Ensayo.....	11
3.4. Condiciones Ecológicas y Climáticas.....	11
3.5. Análisis Físico-químico del Suelo.....	11
3.6. Materiales y Equipos.....	12

3.7. Variables del Estudio.....	12
3.8. Operacionalización de las Variables.....	13
3.9. Conducción del Ensayo.....	14
3.10. Población y Muestra.....	15
3.11. Diseño Experimental.....	16
3.12. Dimensiones del Área Experimental.....	17
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	19
4.1. Contenido de Cd extractable en el suelo.....	19
4.2. Contenido de Cd total en el grano de cacao.....	21
4.3. Relación entre Cd en grano con Cd en suelo, Ca en suelo y P en suelo.....	24
V. CONCLUSIONES.....	29
VI. RECOMENDACIONES.....	30
VII. LITERATURA CITADA.....	31
VIII. ANEXO.....	35

RESUMEN.

El experimento se desarrolló en una parcela de cacao ubicada en el sector Tahuantinsuyo Padre Abad, con el propósito de determinar el efecto de diferentes dosis de roca fosfórica sobre el contenido de Cadmio (Cd) extractable en el suelo y total en el grano de cacao. El suelo presenta un relieve ondulado, con una textura arcillosa, pH neutro y bajo contenido de materia orgánica. Los tratamientos probados fueron 100, 200, 300 y 400 g de roca fosfórica y un testigo sin aplicación, bajo un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones. La evaluación del contenido de Cd extractable en el suelo y total en el grano se efectuaron después de 12 meses de monitoreo en campo, demostrándose que, las aplicaciones de 300 y 400 g del fertilizante fosforado por planta de cacao, influyeron positivamente en la reducción del contenido de Cd en el suelo y en el grano de cacao, y esta respuesta significativa se sustenta por la acción del Ca y el P presentes en la roca fosfórica y aplicados al suelo a través de diferentes dosis.

Palabras claves: Suelo, grano de cacao, cadmio, roca fosfórica, dosis.

ABSTRACT.

The experiment was carried out in a cocoa plot located in the Tahuantinsuyo Padre Abad sector, with the purpose of determining the effect of different doses of phosphoric rock on the extractable Cadmium (Cd) content in the soil and total in the cocoa bean. The soil presents an undulating relief, with a clayey texture, neutral pH and low organic matter content. The tested treatments were 100, 200, 300 and 400 g of phosphate rock and a control without application, under a randomized complete block design with three replicates. The evaluation of the Cd content in the soil and in the grain were carried out after 12 months of monitoring in the field, demonstrating that the applications of 300 and 400 g of phosphorous fertilizer per cocoa plant had a positive influence on the reduction of the Cd content. Cd in the soil and in the cocoa bean, and this significant response is supported by the action of Ca and P present in the phosphate rock and applied to the soil through different doses.

Keywords: Soil, cocoa bean, cadmium, phosphate rock, dose.

LISTA DE CUADROS.

En el texto:	Pág.
Cuadro 1. Variables independientes y dependientes.....	12
Cuadro 2. Análisis de varianza.....	16
Cuadro 3. Contenido de Cd extractable en el suelo al inicio y final.....	19
Cuadro 4. Contenido de Cd total en el grano al inicio y final del ensayo.....	22
Cuadro 5. Niveles de Cd final en el suelo y en el grano de cacao por tratamiento.....	24
Cuadro 6. Contenido de Ca y Cd en el suelo al inicio y final por tratamiento...	25
Cuadro 7. Contenido de P disponible en el suelo al inicio y final del ensayo...	26
Cuadro 8. Correlaciones entre Cd suelo, P suelo, Cd suelo y Cd grano.....	27
En el anexo:	
Cuadro 9A. ANVA de Cd disponible en el suelo al iniciar el ensayo.....	36
Cuadro 10A. ANVA de Cd disponible en el suelo al finalizar el ensayo.....	36
Cuadro 11A. ANVA de Cd total en el grano al iniciar el ensayo.....	36
Cuadro 12A. ANVA de Cd total en el grano al finalizar el ensayo.....	37
Cuadro 13A. ANVA de la diferencia de Cd en grano al inicio y al final del ensayo.....	37
Cuadro 14A. ANVA de la reducción de Cd en grano al inicio y al final del ensayo	37
Cuadro 15A. ANVA de Cd cambiante en el suelo al inicio del ensayo.....	38
Cuadro 16A. ANVA de Cd cambiante en el suelo al final del ensayo.....	38
Cuadro 17A. ANVA de P disponible en el suelo al inicio del ensayo.....	38
Cuadro 18A. ANVA de P disponible en el suelo al final del ensayo.....	39

LISTA DE FIGURAS.

En el texto:	Pág.
Figura 1. Ubicación de la parcela experimental.....	10
Figura 2. Croquis de la parcela.....	18
Figura 3. Distribución de la unidad experimental.....	18
Figura 4. Contenido de Cd extractable en el suelo al inicio y final.....	20
Figura 5. Contenido de Cd total en grano de cacao al inicio y final.....	23
 En el anexo:	
Figura 6A. Reconocimiento del área experimental con el asesor.....	40
Figura 7A. Señalización de plantas en el área experimental.....	40
Figura 8A. Recolección de mazorcas de cada unidad experimental.....	41
Figura 9A. Recolección muestras de suelo de cada unidad experimental.....	41
Figura 10A. Limpieza alrededor de la copa del cacao.....	42
Figura 11A. Peso de diferentes dosis para cada tratamiento.....	42
Figura 12A. Aplicación de roca fosfórica y tapado con hojarasca.....	43
Figura 13A. Colocación de identificación por tratamiento y la gigantografía con el nombre del trabajo de investigación.....	43
Figura 14A. Muestra de mazorca (grano) final.....	44
Figura 15A. Muestra de suelo final.....	44
Figura 16A. Identificación de mazorcas y muestra de suelo.....	45
Figura 17A. Las muestras de mazorca y suelo.....	45
Figura 18A. Resultado de los análisis de suelo inicio.....	46
Figura 19A. Análisis de suelo final.....	47
Figura 20A. Análisis de almendra inicio.....	49

Figura 21A. Análisis de almendra final.....	51
Figura 22A. Ficha técnica de la roca fosfórica.....	52

I. INTRODUCCIÓN.

El cultivo de cacao representa una alternativa viable para los productores asentados en la provincia de Padre Abad, la cual es confirmada con las actuales estadísticas de siembra y producción del INEI (2022), quien señala que la región Ucayali cuenta al 2021, con un área cosechada de 24,500 ha que producen 21700 t de grano de cacao, siendo dedicada mayormente a la exportación.

Sin embargo, uno de los problemas que se ha detectado en los suelos donde actualmente se siembra este cultivo, lo constituye la presencia de metales pesados como el Cadmio (Cd), en niveles por encima de los límites permisibles por la Comisión Europea y el Codex Alimentarius (López, 2019).

El Cd es un elemento altamente tóxico para casi todos los organismos vivos. Está disponible en forma natural en los suelos, donde eventualmente es absorbido por las raíces de las plantas y de allí pasa por toda la cadena de alimentos, poniendo en riesgo la salud humana de quienes consuman productos contaminados con este metal pesado. Por ello, desde el 1 de enero de 2019 entró en vigencia la norma establecida por la Unión Europea que restringe el porcentaje de contenido máximo de Cd en los productos alimenticios. Este porcentaje debe estar en el rango entre 0,10 y 0,80 mg.kg⁻¹, para chocolates con porcentajes entre 50% y 70% de masa de cacao (Hoyos, 2017).

Una de las alternativas orgánicas que se viene investigando en los programas de fertilización del cultivo de cacao, lo constituye la aplicación de P, a través de diferentes dosis de fuentes fosfóricas como la roca fosfórica, la cual contiene Cd entre 8 a 500 mg kg⁻¹, por lo que, es recomendable analizar hasta qué punto, las aplicaciones de esta fuente fosfórica, pueden contribuir a la bioacumulación del Cd en el suelo y en el grano de cacao (Huamaní *et al.*, 2012).

Rodríguez (2017) indica que, estudios realizados en Chile, demuestran que, la roca fosfórica tiene en promedio 6 mg kg^{-1} de Cd, mientras que, en Brasil, los fertilizantes fosfatados contienen entre 0,6 a $3,5 \text{ mg kg}^{-1}$, lo cual indica que, la aplicación reiterada de estos fertilizantes tiende a aumentar las cantidades de Cd en el suelo.

En relación a los fertilizantes fosfatados, la absorción de Cd por las plantas es significativamente menor a partir de la roca fosfórica que de los fertilizantes fosfatados, debido a que, el Cd que forma parte de la apatita en la roca fosfórica es completamente insoluble en agua (Sánchez y Sarria, 2012).

Bajo estas consideraciones, una de las formas químicas para disminuir el Cd en el suelo, sería la precipitación en forma de fosfato que posee la roca fosfórica, ya que también contiene Ca, que al aumentar el pH del suelo disminuyen la absorción radicular del Cd (Sánchez y Sarria, 2012).

1.1. Objetivo General.

- Determinar el efecto de la aplicación de diferentes dosis de roca fosfórica sobre el contenido de Cadmio (Cd) en el suelo y en el grano de cacao (*Theobroma cacao* L.) en el sector Tahuantinsuyo-Irazola, Padre Abad.

1.2. Objetivos Específicos.

- Evaluar el efecto de la aplicación de diferentes dosis de roca fosfórica sobre el contenido de Cadmio (Cd) en el suelo y en el grano de cacao (*Theobroma cacao* L.) en el sector Tahuantinsuyo-Irazola, Padre Abad.

- Identificar una dosis de roca fosfórica que disminuya el contenido de Cadmio (Cd) en el suelo y en el grano de cacao (*Theobroma cacao* L.) en el sector Tahuantinsuyo-Irazola, Padre Abad.

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.

2.1. Antecedentes de la Investigación.

2.1.1. A Nivel Internacional.

Contreras *et al.* (2012), desarrolló un ensayo en dos suelos de Mérida (Venezuela), con la finalidad de evaluar, por medio del análisis foliar, el efecto de la aplicación de Carbonato de calcio (CaCO_3), en la absorción de Cd en cacao. Los resultados indican que, en ambos suelos, disminuyó la absorción del Cd y se incrementó el contenido de Ca en las plantas al utilizar CaCO_3 respecto al tratamiento testigo. Igualmente, el contenido de C foliar se incrementó por las dosis de Ca aplicadas en los tratamientos.

Por otro lado, Bonomelli *et al.* (2003), evaluó el efecto de la aplicación de superfosfato triple de calcio (SFT) sobre el contenido de Cd disponible en cuatro suelos de Chile frente a un testigo control. Los suelos se incubaron en estufa durante 90 días, a 25 °C y humedad de capacidad de campo y se midió el contenido de Cd disponible a los 1, 2, 7, 14, 21, 36, 49, 63, 77 y 90 días después de la incubación. Los resultados indican que, la aplicación de SFT tuvo un efecto significativo sobre la concentración de Cd disponible en los suelos estudiados, sin embargo, no hubo respuesta del tiempo de incubación en la disponibilidad del metal pesado.

2.1.2. A Nivel Nacional.

Un ensayo desarrollado por Abanto (2016) en Lima, tuvo como propósito, determinar el efecto de diferentes fuentes y dosis de fertilizantes

fosfatados en el contenido de Cd en el cultivo de maíz en dos tipos de suelos. Los tratamientos fueron fosfato di amónico (FDA) y roca fosfórica acidulada con ácido sulfúrico, en tres dosis (50 ppm, 100 ppm y 200 ppm) interaccionando en dos tipos de suelo (franco-arenoso y arenoso). Los resultados respecto a la extracción total de Cd, demostraron que, el tratamiento sin aplicación de P y con roca fosfórica acidulada con ácido sulfúrico, frente a la aplicación de FDA, tuvieron las menores extracciones de Cd en el cultivo de maíz

Por su parte, Huaynates (2013) en Tingo María, evaluó el efecto de la aplicación de compost y guano de islas a las dosis de 0,5, 1,0 y 1,5 kg ha⁻¹, sobre el contenido de Cd en el suelo sembrado con cacao. Se encontró una disminución del metal pesado en el suelo, siendo la interacción de las concentraciones menores de ambas fuentes orgánicas, la que dio mejores resultados, ya que, el contenido de Cd varió de 3,5 a 0,3 mg kg⁻¹ en los tratamientos compost y guano de islas a la dosis de 1,5 kg ha⁻¹ en ambos casos.

2.1.3. A Nivel Regional.

Sabino (2020) determinó que el nivel óptimo de cascarilla carbonizada de arroz para remediar suelos contaminados con Cd en la zona de San Alejandro fue de 1 t ha⁻¹, reduciendo el nivel de 0,86 a 0,69 mg kg⁻¹, mientras que con la aplicación de dolomita a razón de 1 t ha⁻¹, redujo el valor de Cd de 0,83 a 0,77 mg kg⁻¹, no superando los niveles permisibles que establece la norma de la Unión Europea, la cual ha fijado en 1,4 mg kg⁻¹ de Cd en el suelo, pudiéndose concluir que es posible reducir los niveles de Cd en el suelo mediante aplicaciones de cascarilla de arroz y dolomita.

Por su parte, Estrada (2019) evaluó en Von Humboldt Padre Abad, el efecto de la aplicación de tres dosis (1,1.5 y 2,0 t ha⁻¹) de cascarilla carbonizada de arroz sobre la reducción del Cd en el suelo, hojas y granos de cacao, bajo un diseño de bloques completos al azar con 4 repeticiones. Los resultados demostraron que, la mayor disminución de Cd en el suelo, foliar y en el grano de cacao, fue obtenida aplicándose 1 t ha⁻¹ con 0,14, 0,60 y 0,15 mg kg⁻¹, respectivamente.

Otro estudio realizado por Hoyos (2017) en San Alejandro Padre Abad, para determinar el contenido de Cd en granos de cacao, bajo tres sistemas de cultivo, determinó que, no hubo diferencias significativas entre los sistemas evaluados, con promedios de 0,75, 0,71 y 0,54 mg kg⁻¹ de Cd, entre los sistemas orgánico, químico y tradicional respectivamente. Estos valores se consideran ligeramente superiores a los permitidos por la Unión Europea (0,5 mg kg⁻¹) que entraron en vigencia a partir del 1 de enero de 2019.

2.2. Marco Teórico.

2.2.1. El cadmio.

El Cd es un metal que se encuentra disponible en forma natural en los suelos, donde eventualmente es absorbido por las raíces de las plantas y de allí pasa por toda la cadena de alimentos, poniendo en riesgo la salud humana de quienes consuman productos contaminados con este metal pesado. Por ello, desde el 1 de enero de 2019 entró en vigencia la norma establecida por la Unión Europea que restringe el porcentaje de contenido máximo de Cd en los productos alimenticios. Este porcentaje debe estar en el rango entre 0,10 y 0,80

mg.kg⁻¹, para chocolates con porcentajes entre 50% y 70% de masa de cacao (Agrosavia, 2021).

La movilidad y concentración de Cd en la solución del suelo es relativamente baja, por lo tanto, las cantidades extraídas por los cultivos representan menos de un 1% de las cantidades totales de Cd en el suelo, por lo que el contenido total no es un buen índice de disponibilidad, ya que esta dependerá de los niveles de Cd en la solución del suelo (Sánchez y Sarria, 2012).

De igual modo, la presencia de Cd como catión divalente en el suelo, depende de las propiedades físicas y químicas del suelo, particularmente, el pH y potencial redox, son factores importantes para determinar su retención o disponibilidad (Sánchez y Sarria, 2012).

Según Agrosavia (2021), las posibles fuentes de Cd son el agua de riego, algunas enmiendas y fertilizantes, diferentes fuentes de agua, en algunos suelos de forma natural y algunas actividades mineras y, una vez absorbido por la planta es transportado al tejido de la planta junto con otros iones como el Zn, Fe, Ca, Cu y Mg, pero su contenido disminuye a partir de las raíces tallos, hojas, cáscaras de mazorcas, cáscaras de granos y granos.

Varios factores pueden afectar el proceso de absorción y repartición del Cd en las plantas de cacao, como la edad del árbol o la nutrición de la planta. Particularmente interesante es la variabilidad en la absorción de Cd a través de diferentes genotipos de cacao, lo que abre la posibilidad de identificar variedades de cacao de baja acumulación. Los resultados de los estudios no permiten conclusiones claras, parece que las prácticas post cosecha, como la fermentación, el secado, el tostado y el descascarillado, pueden afectar el

contenido de Cd en los granos de cacao (Agrosavia, 2021).

Los niveles establecidos por la regulación de la Unión Europea son similares a los del Codex Alimentarius de $0,6 \text{ mg kg}^{-1}$ para chocolate con mayor o igual a 50% a menos de 70% de sólidos de cacao, y $0,9 \text{ mg kg}^{-1}$ para chocolate con más de 70% de sólidos de cacao.

2.2.2. Roca fosfórica.

Denominada químicamente como CaPO_4 , constituye un recurso natural no renovable y los depósitos geológicos se encuentran en todo el mundo. En la actualidad se explotan escasos yacimientos de roca fosfórica y cerca del 90% de la producción es usada en la fabricación de fertilizantes fosfatados (FAO, 2007).

Sin embargo, muchos depósitos naturales de roca fosfórica ubicados en las zonas tropicales no son trabajados, debido a que no reúnen las normas de calidad establecidas para la producción de fertilizantes fosfatados solubles en agua y otra razón es que el pequeño tamaño de los yacimientos no justifica una inversión para su producción industrial (FAO, 2007).

Estudios efectuados han determinado que, la aplicación de fertilizantes fosfatados no contaminados con Cd, reducen la disponibilidad del Cd al inmovilizarlo en el suelo, o lo incrementa al reducir el pH del suelo (He *et al.* 2015) y Mahar *et al.* 2015).

En Venezuela, Nereida (2011) demostró que, con la aplicación de P entre 50 a 150 mg kg^{-1} de dihidrógeno fosfato de potasio por planta de cacao, reduce el nivel de Cd en el suelo.

En Bolivia, Gramlich *et al.* (2017) encontró un efecto negativo del nivel de P del suelo en el contenido de Cd disponible y un efecto negativo débil en la concentración de Cd en las cáscaras de mazorcas, mientras que Zug *et al.* (2019) encontraron que el contenido de P disponible del suelo se correlaciona de manera positiva con el contenido de Cd en el suelo.

III. MATERIALES Y MÉTODOS.

3.1. Tipo de Investigación.

El tipo de investigación desarrollada en nuestro trabajo fue experimental, debido a que, usando métodos previamente establecidos, tratamos de comprobar el valor de la hipótesis planteada.

3.2. Localización del Ensayo.

El ensayo se concentró específicamente en el predio de cacao del productor Yonel Cierito Yanac, ubicado en el sector Tahuantinsuyo distrito de Irazola, provincia de Padre Abad, región Ucayali.

La ubicación geográfica de la parcela experimental es la siguiente:

Longitud: 75°52'33" E.

Latitud: 8° 12'02" S.

Altitud: 220 msnm.



Fuente: Sabino (2018).

Figura 1. Ubicación de la parcela experimental.

3.3. Duración del Ensayo.

El ensayo se inició en el mes de julio del 2021 y culminó en el mes de julio del 2022 con una duración de 13 meses.

3.4. Condiciones Ecológicas y Climáticas.

El suelo experimental corresponde a un Inceptisol de textura arcillosa, que tiene una topografía ondulada, con pendientes que van entre 20 a 30%, pH neutro (6,53), baja disponibilidad de materia orgánica (2,18%), bajo contenido de N (0,10%) y de P (7,86 mg kg⁻¹); contenido medio de K (0,28 cmol L⁻¹) y alta CIC (16,19 cmol L⁻¹), conforme lo refiere Sabino (2020).

El clima es húmedo y cálido, propio de las zonas tropicales, sin variaciones en el promedio anual de temperatura y sin estación seca bien definida. La temperatura máxima anual oscila entre 30,6 °C y 32,5 °C mientras que, la mínima está entre 20,3 °C y 24,6 °C. Las temperaturas más altas se registran entre los meses de marzo a agosto y las mínimas entre los meses de enero a febrero. Presenta una precipitación pluvial total anual promedio de 2 556 mm y una humedad relativa entre 88,4 y 91,2% (Aybar *et al.* 2017).

3.5. Análisis Físico Químico del Suelo.

El suelo presenta una textura arcillosa, con un pH ácido (5,38) bajo contenido de materia orgánica (1,38%), de P disponible (2,50 ppm) y K disponible (135 ppm), CIC de 28,32 meq/100 g de suelo, con predominancia de Ca (16,90 meq/100 g de suelo) y de mg (1,95 meq/100 g de suelo) y escasa presencia de Al (Sabino, 2020).

3.6. Materiales y Equipo.

Los materiales y equipos empleados en la investigación fueron: 45 plantas de cacao del clon CCN 51, 50 kg de roca fosfórica, 10 cintas de rafia de diferentes colores, un tablero de identificación del ensayo, 2 palas rectas, 2 rastrillos, 2 azadones, 2 machetes; además se utilizó una laptop HP, 1 molino manual, 1 GPS Garmin Plus, 1 balanza gramera y 1 calculadora científica.

3.7. Variables del Estudio.

Las variables independientes y dependientes que se estudiaron en ensayo de investigación, se presentan en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Variables independientes y dependientes.

Variables	Definición de variables	Dimensiones	Indicadores	Unidad de medición
Independiente	Dosis de roca fosfórica	Propiedades físicas	T1 = testigo (0 g de roca fosfórica por planta) T2 = 100 g de roca fosfórica por planta T3 = 200 g de roca fosfórica por planta T4 = 300 g de roca fosfórica por planta T5 = 400 g de roca fosfórica por planta En el suelo al inicio y al final P disponible	g por planta
Dependiente	Contenido de Cd	Propiedades químicas	Ca intercambiable Cd cambiante En el grano al inicio y al final Cd total	ppm
	Historia de campo	Propiedades químicas	Cd en el suelo y grano	mg/kg
Interviniente	Datos climáticos	Propiedades físicas	Temperatura Precipitación Humedad relativa	°C mm %

3.8. Operacionalización de las Variables.

En primer lugar, se realizó el alineamiento del campo experimental, tomando en cuenta a los tratamientos y repeticiones. Luego, se señaló con cinta plástica, las plantas netas de cacao CCN 51 de 7 años de edad, que fueron evaluadas por el efecto de la aplicación de diferentes dosis de roca fosfórica. Después, se extrajo 5 muestras de suelo a los 30 cm de profundidad, de 200 g de peso (una por cada tratamiento) en la parcela experimental, las cuales una vez secadas y tamizadas, fueron enviadas al Laboratorio de Suelos de la Universidad Nacional Agraria de la Selva Tingo María, para su posterior análisis por el contenido de P, Ca y Cd disponibles.

Asimismo, se procedió a extraer dos mazorcas de la parte central de cada planta de cacao, por cada tratamiento y repetición, y luego en el Laboratorio de Suelos de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, se efectuó el corte y extracción de los granos, los cuales se secaron al ambiente, se molieron y se obtuvo una muestra de 100 g por cada tratamiento, para ser trasladados al Laboratorio de Suelos de la Universidad Nacional Agraria de la Selva Tingo María, para su posterior análisis de Cd total en el grano de cacao.

Una vez identificadas las plantas seleccionadas por cada unidad experimental, se procedió a aplicar las diferentes dosis de roca fosfórica, alrededor de cada planta y en forma localizada al suelo, para después, cubrir el fertilizante con hojarasca, a fin de evitar posibles pérdidas por arrastre.

El ensayo fue continuado después de 12 meses de la aplicación de las dosis de roca fosfórica, mediante la extracción de una muestra de suelo de 200 g de peso, a 30 cm de profundidad por cada tratamiento, con el mismo protocolo que se usó al inicio del ensayo, y en el caso de grano de cacao, se

colectó 2 mazorcas por planta de cacao en estado óptimo para la cosecha de la parte media de la planta y por cada tratamiento, de las cuales se obtuvieron los granos, los que una vez separadas de la mazorca, fueron secados al ambiente y posteriormente fueron molidos y embolsados, a razón de 100 g por tratamiento, y debidamente registradas con su respectivo código, las bolsas fueron enviadas al Laboratorio de Suelos de la Universidad Nacional Agraria de la Selva Tingo María, a efectos de analizar el contenido de Cd total por cada tratamiento.

3.9. Conducción del Ensayo.

La ejecución de la investigación se desarrolló con las siguientes actividades:

- **Reconocimiento del área experimental:** En primer lugar, se hizo una visita de reconocimiento de la parcela de cacao del productor Yonel Cierito Yanac, ubicada en el sector Tahuantinsuyo, Padre Abad, a 5 km de la margen derecha de la carretera Federico Basadre.
- **Delimitación del terreno:** Se procedió a ubicar los tratamientos y repeticiones, en base al croquis experimental, tomando en cuenta el número de plantas de cacao por cada tratamiento. Una vez efectuada esta labor se identificó las plantas con su código respectivo.
- **Limpieza de la superficie del suelo:** Una vez identificadas las plantas de cacao donde se aplicaron los tratamientos, se procedió a limpiar cada una de ellas, alrededor de la planta, especialmente en la proyección de la copa de cada planta.

- **Selección de plantas de cada unidad experimental:** Esta labor se realizó solo con las tres plantas por cada unidad experimental.
- **Aplicación de los tratamientos:** A las plantas identificadas por cada tratamiento, se les aplicó las diferentes dosis de roca fosfórica al suelo de manera uniforme y alrededor de la proyección de la copa de la planta, procediendo a enterrar el producto con la hojarasca que está cerca de la planta.
- **Tabulación de datos:** Con los resultados de los análisis de Cd en suelo y grano de cacao se procedió a realizar el análisis estadístico a efectos de determinar si existieron diferencias entre tratamientos.
- **Visita del jurado:** Esta acción se realizó en el mes de junio del 2022, con la finalidad de recoger las observaciones del jurado, con el propósito de mejorar la metodología de la investigación.
- **Redacción del informe final:** Con los datos procesados se efectuó la redacción del informe final, siempre contando con el asesoramiento del docente responsable de la investigación

3.10. Población y Muestra.

La población estuvo conformada por las 6940 plantas de cacao CCN 51 de 7 a 12 años de edad, que corresponden a las 5 ha de cacao, mientras que la muestra estuvo conformada por 45 plantas de cacao CCN 51 de 7 años de edad.

3.11. Diseño Experimental.

Se utilizó el diseño de Bloques completos al azar (DBCA) con cinco (5) tratamientos y tres repeticiones, formando un total de 15 unidades experimentales. Cada unidad experimental estuvo compuesta de 3 plantas de cacao, de las cuales, todas fueron evaluadas por cada variable dependiente. Los promedios de las variables respuestas fueron analizados mediante la prueba de Tukey a un nivel de significación del 5%.

Modelo aditivo lineal:

$$Y_{ij} = U + \beta_i + \delta_j + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} : Cualquier observación en estudio.

U : Media general.

β_i : Efecto del i -ésimo bloque.

δ_j : Efecto del j -ésimo tratamiento.

ε_{ijk} : Efecto del error residual.

Cuadro 2. Análisis de varianza.

Fuente de variabilidad	Grados de libertad
Bloques	$3 - 1 = 2$
Tratamientos	$5 - 1 = 4$
Error	$(3-1) (5-1) = 8$
Total	$(3) (5) - 1 = 14$

3.12. Dimensiones del Área Experimental.

Campo Experimental:

Largo: 9 m.

Ancho: 45 m.

Área total: 405 m².

Nº de tratamientos: 5.

Nº total de plantas: 45 plantas.

Repeticiones:

Nº de repeticiones: 3.

Largo: 3 m.

Ancho: 45 m.

Área total: 135 m².

Unidad Experimental:

Nº Total de UE: 15.

Largo: 9 m.

Ancho: 3 m.

Área total: 27 m².

Densidad de siembra: 3 m x 3 m.

Nº de plantas por parcela: 3.

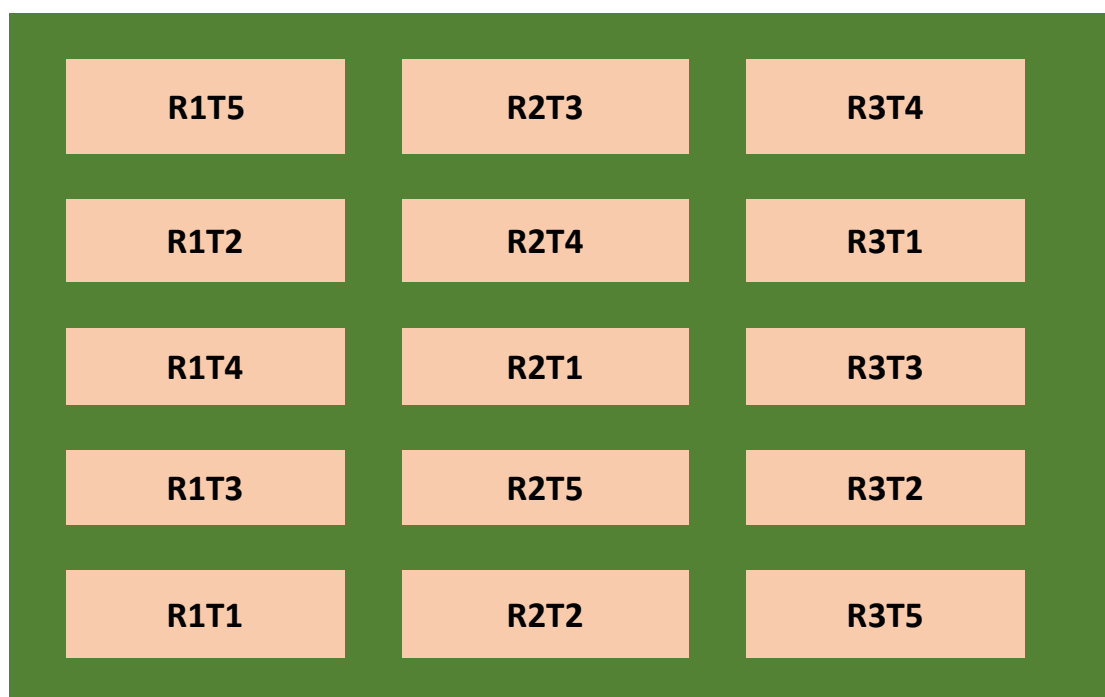


Figura 2. Croquis de la parcela.

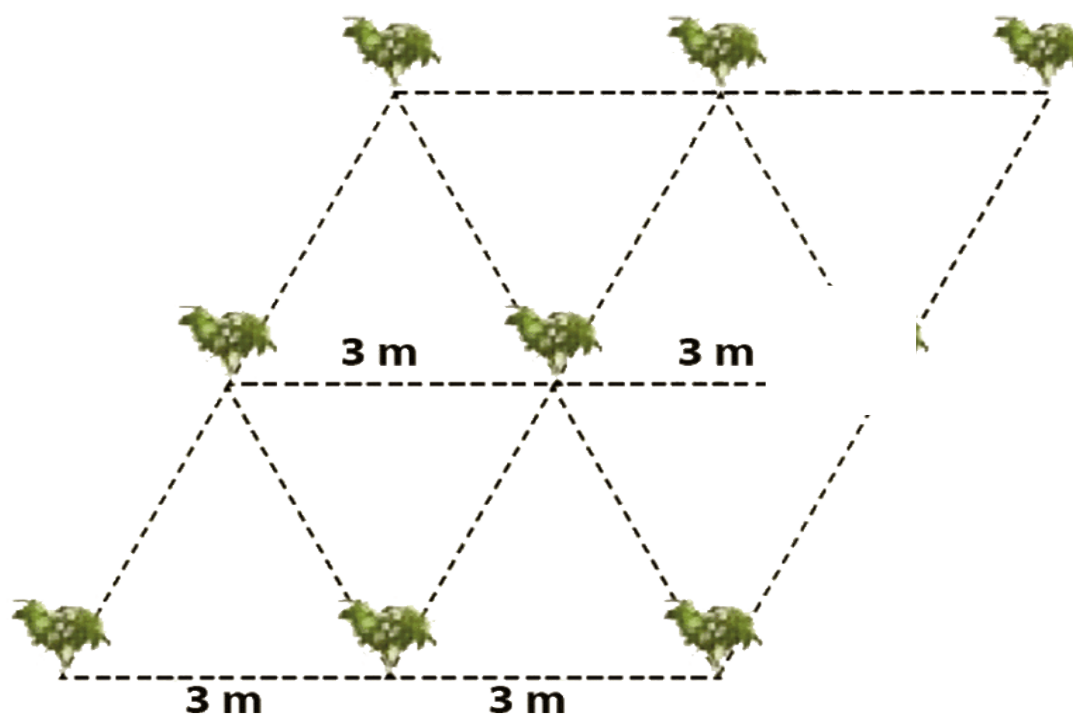


Figura 3. Distribución de la unidad experimental.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

4.1. Contenido de Cd extractable en el suelo.

La evaluación por el contenido de Cd extractable en el suelo por efecto de las diferentes dosis de roca fosfórica, se realizó en dos ocasiones, la primera, al inicio del ensayo, en el mes de julio del 2021 y la segunda, después de un año, cuando finalizó el mismo.

En la primera evaluación, antes de la aplicación de los diferentes niveles de roca fosfórica, el Cd extractable en el suelo mostró diferencias altamente significativas entre los tratamientos probados. (Cuadro 3 y Figura 4).

Cuadro 3. Contenido de Cd extractable en el suelo al inicio y final.

Tratamientos (g de RF planta ⁻¹)	Cd inicio (mg/kg)	Cd final (mg/kg)	Diferencia (mg/kg)	Reducción (%)
T1 =Testigo	0,1307 b	0,119 a	0,0117 c	8,95 c
T2 =100 g de RF	0,0771 d	0,154 a	-0,0769 e	0,00 e
T3 = 200 g de RF	0,1513 a	0,149 a	0,0023 d	1,50 d
T4 = 300 g de RF	0,1323 b	0,096 a	0,0363 a	27,43 a
T5 = 400 g de RF	0,0956 c	0,084 a	0,0116 b	12,13 b

*Letras iguales en la columna significan que no existen diferencias entre tratamientos.

Al inicio del experimento, las concentraciones del metal pesado son variadas, encontrándose que, los más altos valores corresponden a los tratamientos (T3) 200 g de RF planta⁻¹, (T4) 300 g de RF planta⁻¹ y al (T1) testigo, con 0,1513, 0,1323 y 0,1307 mg kg⁻¹, cada uno, mientras los tratamientos (T5) 400 g de RF planta⁻¹ y el (T2) 100 g de RF planta⁻¹, registraron

los valores más bajos con 0,0956 y 0,0771 mg kg⁻¹ de Cd en el suelo.

Posterior a la aplicación de los diferentes niveles de roca fosfórica, se observa que, la concentración del metal pesado en el suelo, disminuyó considerablemente, aunque los tratamientos no muestran diferencias estadísticas entre ellos, pero corresponde el menor valor al tratamiento donde se aplicaron las mayores dosis como (T5) y (T4) con 0,084 y 0,096 mg kg⁻¹ de Cd extractable en el suelo, corroborando lo sostenido por Sánchez y Sarria (2012) quienes señalan que, la reacción del Cd en el suelo tratado con la roca fosfórica es bastante diferente de aquella de los fertilizantes fosfatados solubles en agua debido a que el Cd presente en la roca fosfórica, está ligado a la fluorapatita en la estructura de la apatita, la cual es insoluble en agua.

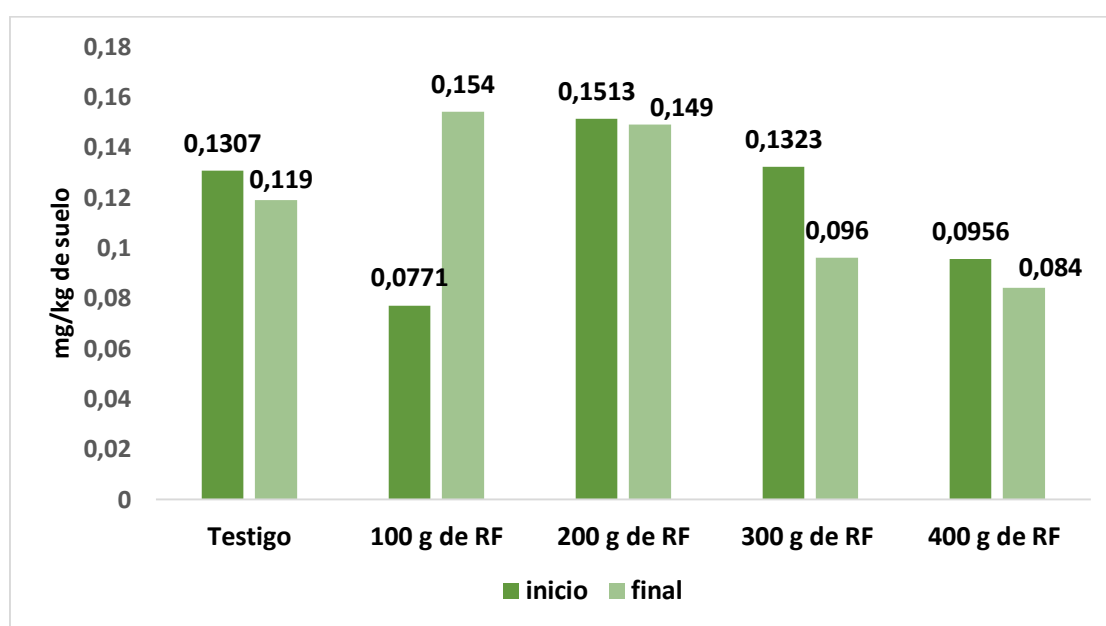


Figura 4. Contenido de Cd extractable en el suelo al inicio y final.

Por otro lado, podemos señalar que, el contenido de Cd extractable en el suelo por efecto de las diferentes aplicaciones de niveles de roca fosfórica fue diferente, en nuestro caso, para el tratamiento testigo (T1) se redujo en 8.95%, mientras que, los tratamientos donde se aplicó las mayores dosis de

roca fosfórica, la reducción fue mayor en 27,43 y 12,13% en los tratamientos (T4) y (T5) donde se aplicó 300 y 400 g de roca fosfórica por planta, lo cual no fue igual, cuando se aplicó los niveles de (T2) 100 g y (T3) 200 g de roca fosfórica por planta, quienes redujeron en 0,00 y 1,50%, respectivamente. Esto puede explicarse, posiblemente por la mayor liberación del P en la solución del suelo, como producto de la aplicación de altas dosis del fertilizante fosforado, ya que investigaciones de S. He *et al.* y Mahar *et al.* (2015) han demostrado que, la aplicación de fertilizantes fosfatados como la roca fosfórica, reduce la biodisponibilidad del Cd al inmovilizar el Cd en el suelo, mientras que, en Venezuela, Nereida (2011) encontró que la aplicación de P a 50 a 150 mg kg⁻¹ por árbol de cacao en la forma de dihidrógeno fosfato de potasio, reducía considerablemente los niveles de Cd biodisponible en el suelo.

De igual forma, se corroboran los resultados de Bonomelli *et al.* (2003), cuando probando el efecto de la aplicación de superfosfato triple (SFT), que tenía una concentración de 53,2 mg de Cd kg⁻¹, sobre la concentración de Cd disponible en cuatro tipos de suelos, concluye que hubo un efecto significativo sobre la concentración de Cd disponible en los suelos estudiados, aun cuando, no hubo efecto del tiempo de incubación (1, 2, 7, 14, 21, 36, 49, 63, 77 y 90 días después de la incubación) en la disponibilidad del metal pesado.

4.2. Contenido de Cd total en el grano de cacao.

La evaluación del contenido de Cd total en el grano de cacao antes de la aplicación de los diferentes tratamientos, también determinó diferencias altamente significativas, como se puede observar en el Cuadro 4.

En la primera evaluación, el contenido de Cd total en el grano fue diferente, en todos los tratamientos estudiados, al igual que su contenido en el suelo, siendo mayor, en los tratamientos testigo (T1) y (T5) con 0,081 y 0,076 mg kg⁻¹, mientras que los menores valores del metal pesado fueron registrados por los tratamientos (T3), (T2) y (T4), con 0,058, 0,028 y 0,039 mg kg⁻¹, respectivamente (Cuadro 4 y Figura 5).

Cuadro 4. Contenido de Cd total en el grano al inicio y final del ensayo.

Tratamientos	Cd inicio (mg/kg)	Cd final (mg/kg)	Diferencia (mg/kg)	Reducción (%)
T1 =Testigo	0.0810 a	0.0623 a	0.0186 b	22.85 b
T2 =100 g de RF	0.0286 d	0.0176 d	0.0110 b	38.09 ab
T3 = 200 g de RF	0.0586 b	0.0303 c	0.0283 a	48.23 a
T4 = 300 g de RF	0.0393 c	0.0240 d	0.0153 b	38.18 ab
T5 = 400 g de RF	0.0760 a	0.0526 b	0.0233 b	30.47 ab

*Letras iguales en la columna significan que no existen diferencias entre tratamientos.

Después de 12 meses de monitoreo del experimento en campo, se observa que, también existen diferencias altamente significativas en el contenido de Cd total en el grano de cacao, correspondiendo el mayor valor al tratamiento (T1) testigo con 0.0623 mg kg⁻¹, mientras que los tratamientos donde se aplicó las diferentes dosis de roca fosfórica, obtuvieron 0,0526, 0,0303, 0,0240 y 0,0176 mg kg⁻¹ de Cd total para los tratamientos (T5), (T3), (T4) y (T2), respectivamente.

Esto puede explicarse, cuando analizando los resultados y comparando los valores de esta variable en términos de reducción del metal pesado por tratamiento, observamos que la mayor disminución de Cd total en el grano, se obtuvo cuando se aplicó la roca fosfórica todos sus niveles, frente al tratamiento

testigo, destacando los tratamientos T3 (200 g de RF planta⁻¹) y T4 (300 g de RF planta⁻¹), quienes al finalizar el ensayo, minimizaron el contenido de Cd inicial en el grano de cacao con 48,29 y 38,93%, cada uno. (Figura 5).

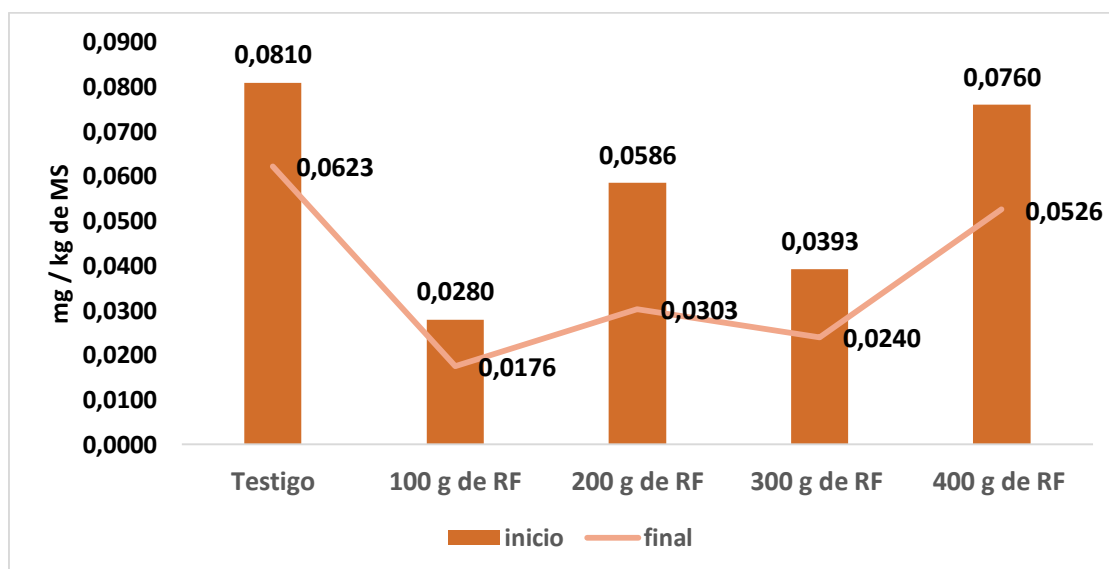


Figura 5. Contenido de Cd total en grano de cacao al inicio y final.

Estos resultados se explican, comparando los niveles de Cd en el grano de cacao, al finalizar el experimento, donde la más alta reducción del metal pesado se produjo al aplicar las dosis de (T2) y (T4), quienes redujeron en 0,0176 y 0,0240 mg kg⁻¹ de Cd, mientras que, los demás tratamientos mostraron una menor disminución del metal pesado, así, el testigo (T1) redujo el contenido de Cd a 0,0567 mg kg⁻¹, sin mostrar diferencias con los tratamientos (T4) y (T5) cuyas reducciones fueron de 0,0720 y 0,0314 mg kg⁻¹ de Cd.

En el caso de las diferencias encontradas por el contenido de Cd total en el grano, cuando se comparó el valor inicial con el final, se encontró diferencias altamente significativas, donde la mayor diferencia fue obtenida con el T3 (200 g de RF por planta) con 0.0283 mg kg⁻¹, superior a los demás

tratamientos, donde el T2 (100 g de RF por planta) registró la menor diferencia con 0.011 mg kg⁻¹ de Cd total en el grano.

Respecto al nivel de reducción del contenido de Cd en grano, cuando se comparó el valor inicial con el final, se encontró diferencias altamente significativas ($P < 0.01$), correspondiendo el mayor porcentaje de reducción al tratamiento T3 (200 g de RF por planta) con 48.23%, sin mostrar diferencias estadísticas con los tratamientos T4 (300 g de RF por planta), T2 (100 g de RF por planta) y el T5 (400 g de RF por planta) con 38.18, 38.09 y 30.47%, siendo en todo caso, superiores al testigo (T1) cuya reducción sólo fue de 22.85%.

4.3. Relación entre Cd en grano con Cd en suelo, Ca en suelo y P en suelo.

Al establecer la relación entre el contenido de Cd final en el suelo y en el grano de cacao, observamos que, las mayores disminuciones del metal pesado fueron logradas por los tratamientos (T2) y (T3) con 0,1364 y 0,1187 mg kg⁻¹ de Cd, mientras que la menor reducción se produjo con el tratamiento (T4) con 0,0314 mg kg⁻¹ de Cd.

Cuadro 5. Niveles de Cd final en el suelo y en el grano de cacao por tratamiento.

Tratamientos	Cd final en el suelo (mg kg ⁻¹)	Cd final en el grano (mg kg ⁻¹)	Diferencia (mg kg ⁻¹)
T1 = Testigo	0,119 a	0,0623 a	0,0567 b
T2 = 100 g de RF	0,154 a	0,0176 e	0,1364 a
T3 = 200 g de RF	0,149 a	0,0303 c	0,1187 a
T4 = 300 g de RF	0,096 a	0,0240 d	0,0720 b
T5 = 400 g de RF	0,084 a	0,0526 b	0,0314 c

*Letras iguales en la columna significan que no existen diferencias entre tratamientos.

Para el caso del Ca, antes de la aplicación de las diferentes dosis de RF, el nivel de Ca disponible en el suelo, presentó diferencias altamente significativas ($P < 0,05$), mientras que, al finalizar el ensayo, las diferencias por el contenido de Ca en el suelo no fueron significativas entre los tratamientos probados.

Cuadro 6. Contenido de Ca y Cd en el suelo al inicio y final por tratamiento.

Tratamientos	Ca en suelo (meq 100 g ⁻¹)		Cd en suelo (meq 100 g ⁻¹)	
	inicio	final	inicio	final
Testigo	3,803 b	5,397 a	0,1307 b	0,119 a
100 g de RF planta ⁻¹	1,953 c	5,630 a	0,0771 d	0,154 a
200 g de RF planta ⁻¹	2,113 b	5,127 a	0,1513 a	0,149 a
300 g de RF planta ⁻¹	5,713 a	4,363 a	0,1323 b	0,096 a
400 g de RF planta ⁻¹	5,946 a	5,813 a	0,0956 c	0,084 a

*Letras iguales en la columna significan que no existen diferencias entre tratamientos.

Al inicio, los tratamientos donde se aplicó las dosis de 300 y 400 g de RF por planta (T5) y (T4) registraron cada uno, 5,946 y 5,713 meq de Ca 100 g de suelo⁻¹, mientras que, al finalizar el ensayo, todos los tratamientos presentaron contenidos similares de Ca cambiante, demostrándose el aporte de Ca al suelo, por efecto de la aplicación de las diferentes dosis de roca fosfórica, especialmente en los tratamientos (T1) y (T2).

Por otro lado, se interrelacionaron los resultados del análisis de suelo para los valores de Ca y Cd después de un año de monitoreo, corroborándose la inexistencia de un grado de dependencia entre ellos, por efecto de la aplicación de diferentes dosis de roca fosfórica, sin embargo, se llegó a

demostrar que las concentraciones de Ca provenientes de la roca fosfórica, lograron aumentar el pH del suelo y por tanto, disminuir la concentración del metal pesado, debido posiblemente, a que, conforme lo acreditan Sánchez y Sarria (2012), la aplicación de las diferentes dosis de roca fosfórica, que además contiene Ca, ha influenciado en el incremento del pH del suelo disminuyendo de esta manera, la absorción de Cd por las raíces del cultivo.

Para el caso de P disponible en el suelo, al inicio, los valores del anión no presentan diferencias por efecto de la aplicación de las dosis de RF, sin embargo, al finalizar el experimento, a pesar de haberse incrementado los valores de P, tampoco muestran diferencias estadísticas entre los tratamientos.

Cuadro 7. Contenido de P disponible en el suelo al inicio y final del ensayo.

Tratamientos	Inicio (mg kg ⁻¹ de suelo)	Final
T1 = Testigo	9,550 a	10,340 a
T2 = 100 g de RF por planta	7,550 a	7,943 a
T3 = 200 g de RF por planta	9,097 a	11,343 a
T4 = 300 g de RF por planta	10,057 a	8,790 a
T5 = 400 g de RF por planta	9,897 a	7,987 a

*Letras iguales significan que no existen diferencias entre tratamientos.

Esta mayor acumulación de P en el suelo al término del experimento, especialmente en los tratamientos (T3) y (T4), puede deberse a la respuesta del suelo por la aplicación de las dosis crecientes de RF, a excepción del tratamiento (T4), que redujo su concentración en esta etapa del ensayo.

Finalmente, se compararon los niveles de Cd en el grano con las correspondientes concentraciones de Cd en el suelo, Ca en el suelo y P en el suelo al término del ensayo de los diferentes tratamientos, mediante un análisis de correlación bivariada de Pearson entre los diferentes niveles de Ca, P y Cd en el suelo con el nivel de Cd en el grano, con la finalidad de encontrar una relación de correspondencia entre ellos, por efecto de la aplicación de diferentes dosis de roca fosfórica al suelo.

De este modo, en el Cuadro 8, se observa que, no existe una correlación significativa entre el contenido de Ca en el suelo y el Cd en el grano de cacao, por efecto de la aplicación de las diferentes dosis de roca fosfórica, probablemente debida a la liberación lenta del Ca, al igual que otros cationes como Zn, Cu o Fe, que ayudan a reducir la biodisponibilidad de Cd, conforme lo sostiene Rodríguez (2017) cuando estudia la dinámica del Cd en suelos con alto contenido del metal pesado en campos de cacao de Colombia.

Cuadro 8. Correlaciones entre Cd suelo, P suelo, Cd suelo y Cd grano.

		Cd suelo	Cd grano
Ca suelo	C. Pearson	0.145	0.401
	sig. bilateral	0.816	0.503
	N	4	4
P suelo	C. Pearson	0.382	0.217
	sig. bilateral	0.526	0.725
	N	4	4

De igual forma, para el caso del P del suelo y el contenido de Cd en el grano, se presenta una correlación negativa (0,725), lo cual nos indica una escasa relación entre el contenido de P disponible en el suelo y el contenido de Cd en el grano de cacao, a diferencia de los resultados reportados por Zug

et al. (2019) quienes encontraron que el contenido de P del suelo se correlacionó positivamente con el contenido de Cd en el suelo y en el grano de cacao, pero creen que esto se deba al uso de fertilizantes fosfatados contaminados con metales pesados, aun cuando debemos de tomar en cuenta que, posiblemente exista una respuesta diferente en la acumulación del Cd en el grano, por efecto de otros factores edafoclimáticos que influyeron, como el contenido de materia orgánica, el pH del suelo, las concentraciones de otros cationes como el Zn, entre otros.

Finalmente, es preciso, indicar que, hubo un efecto positivo al aplicar las dosis de 100, 200 y 300 g de roca fosfórica, ya que, permitieron reducir el contenido de Cd a niveles por debajo de los permitidos por la Unión Europea, mediante su disposición en el Reglamento 2021/1323, el cual establece que, el límite permitido para cacao en polvo vendido al consumidor final o como ingrediente en polvo edulcorado vendido al consumidor final (chocolate para beber) no debe exceder de $0,6 \text{ mg kg}^{-1}$ de polvo de cacao.

V. CONCLUSIONES.

De acuerdo a los objetivos propuestos se concluye lo siguiente:

- Se ha demostrado que, con la aplicación de la roca fosfórica bajo diferentes dosis, influye positivamente en la reducción del contenido de Cd en el suelo y en el grano de cacao.
- Con los tratamientos (T4) 300 g de RF por planta y (T5) 400 g de RF por planta, se consiguió la mayor reducción del contenido de Cd en el suelo, con 27.43 y 12.13%, cada uno, mientras que, con los tratamientos (T3) 200 g de RF por planta y (T4) 300 g de RF por planta, se obtuvo la mayor reducción del contenido de Cd en el grano de cacao, con 48.29 y 38.93%, respectivamente.
- La respuesta significativa en la reducción del Cd en el suelo y en el grano de cacao se sustenta por la presencia del Ca y el P constituyentes de la roca fosfórica y aplicados al suelo a través de diferentes dosis estudiadas.

VI. RECOMENDACIONES.

Con los resultados encontrados se recomienda:

- Difundir que, mediante la aplicación de roca fosfórica al suelo, se ha reducido significativamente el contenido de Cd disponible en el suelo y el contenido de Cd total en el grano de cacao.
- Difundir el resultado de nuestra investigación a los productores de cacao de la zona, así como a los extensionistas y técnicos dedicados al cultivo de cacao.
- Incentivar el uso de roca fosfórica en el cultivo de cacao a los agricultores, especialmente con las dosis 300 y 400 g planta⁻¹.

VII. LITERATURA CITADA.

- Abanto, M. 2016. Fuentes fosfatadas en dos suelos en la concentración de cadmio foliar en maíz bajo condiciones de invernadero. Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria La Molina. 108 p.
- Agrosavia. 2021. Hojarasca y pH del suelo, factores determinantes para la presencia de Cd en cacao. Consultado en línea. 12 diciembre 2022. Disponible: <https://www.redagricola.com/co/hojarasca-y-ph-del-suelo-factores-determinantes-para-la-presencia-de-cadmio-en-cacao/>
- Aybar, C; Lavado-Casimiro, W.; Sabino, E.; Ramírez, S.; Huerta, J.; Felipe-Obando, O. 2017. Atlas de zonas de vida del Perú – Guía Explicativa. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI). Dirección de Hidrología. Lima Perú. 35 p.
- Bonomelli, C.; Bonilla, A.; Valenzuela, M. 2003. Efecto de la fertilización fosforada sobre el contenido de cadmio en cuatro suelos de Chile. Pesquisa Agropecuaria. Brasilia. Vol 38 N° 10, p. 1179-1186.
- Contreras, F.; Herrera, T.; Izquierdo, A. 2012. Efecto de dos fuentes de carbonato de calcio (CaCO_3) sobre la disponibilidad de cadmio para plantas de cacao (*Theobroma cacao* L.) en suelos de Barlovento, estado Miranda. In Revista Venesuelos. Consultado en línea 12 de marzo 2021. Disponible: http://saber.ucv.ve/ojs/index.php/rev_venes/article/view/979
- Estrada, J. 2019. Aplicación de niveles de sílice al suelo, como cascarilla carbonizada de arroz, sobre la disminución de cadmio en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) en Von Humboldt. Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional de Ucayali. 68 p.

- FAO. 2007. Utilización de las rocas fosfóricas para una agricultura sostenible, Boletín técnico Fertilizantes y Nutrición Vegetal N° 13. Roma, Italia. 94 p.
- Gramlich, A., Tandy, S., Andrés, C., Paniagua, J., Armengot, L., Schneider, M. & Schulin, R. 2017. Cadmium uptake by cocoa trees in agroforestry and monoculture systems under conventional and organic management. Science of the Total Environment 580, 677-686. In Revista Cadmio en el Cacao en América Latina y El Caribe.
- Hoyos, J. 2017. Determinación del contenido de cadmio (Cd) en almendras de cacao (*Theobroma cacao* L) cultivado bajo 3 sistemas de manejo en San Alejandro - distrito de Irazola - provincia de Padre Abad – departamento de Ucayali. Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional de Ucayali. 73 p.
- He, S., He, Z., Yang, X., Stoffella, P. J., Baligar, V. C. 2015. Chapter Four - Soil Biogeochemistry, Plant Physiology, and Phytoremediation of Cadmium-Contaminated Soils (D. L. Sparks, Ed.). In (pp. 135–225).
- Huamani, H. A.; Huauya-Rojas, M. A.; Mansilla-Minaya, L. G.; Florida-Rofner, N. & Neira-Trujillo, G. M. 2012. Presencia de Metales pesados en cacao orgánico (*Theobroma cacao* L.) In Acta Agronómica. 62 (4): 309-314. Obtenido de: <https://www.redalyc.org/pdf/1699/169926831006.pdf>
- Huaynates, J. 2013. Efecto de la materia orgánica en la absorción de cadmio por el suelo, en la localidad de Supte. Tesis Universidad Nacional Agraria de la Selva. Consultado en línea 12 de diciembre 2020. Disponible: <https://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14292/451/T.CSA-84.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- INEI. 2022. Gob.pe. Recuperado el 15 de septiembre de 2023, de https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1872/COMPENDIO2022.html
- López, J. 2019. Determinación del contenido de Cadmio (Cd) en almendras de Cacao (*Theobroma cacao L*) cultivado bajo tres sistemas de manejo en San Alejandro-región Ucayali.
- Mahar, A., Ping, W., Ronghua, L. I., & Zengqiang, Z. (2015). Immobilization of Lead and Cadmium in Contaminated Soil Using Amendments: A Review. *Pedosphere: An International Journal*, 25(4), 555–568.
- Nereida, S. 2011. Cadmium availability in two Venezuelan soils : phosphorus effect. *Revista Ingeniería UC.*, 18(2), 7–14. Consultado en línea. Disponible: [https://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/1505/Cadmio en el cacao de America Latina y el Caribe.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/1505/Cadmio%20en%20el%20cacao%20de%20America%20Latina%20y%20el%20Caribe.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Rodríguez, H. 2017. Dinámica del cadmio en suelos con niveles altos del elemento, en zonas productoras de cacao de Nilo y Yacopí, Cundinamarca. Tesis Maestría en Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. Colombia. 133 p.
- Sabino, D. 2020. Determinación de niveles de enmiendas para la remediación de suelos contaminados con cadmio (Cd) en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao L.*) en la zona de San Alejandro Padre Abad Ucayali. Tesis Maestría Gestión Ambiental. Universidad Nacional de Ucayali. Pucallpa Perú. 95 p.
- Sánchez, E.; Sarria, K. 2012. Papel del suelo en la toxicidad del cadmio. Trabajo de grado. Facultad de Farmacia. Universidad Complutense España.

Zug, K. L. M., Huamaní Yupanqui, H. A., Meyberg, F., Cierjacks, J. S., & Cierjacks, A. 2019. Cadmium accumulation in Peruvian cacao (*Theobroma cacao* L.) and opportunities for mitigation. *Water, Air, and Soil Pollution*, 230(3).

VIII. ANEXO.

Cuadro 9A. ANVA de Cd disponible en el suelo al iniciar el ensayo.

Variables	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	Pr > F
Repeticiones	2	0,0001	0,000006	0,91	0,4406
Tratamientos	4	0,0109	0,00273	40,98	<0,0001**
Error	8	0,00053	0,00006		
Total	14	0,01160			
CV = 6.95%			R ² = 0.95		

Cuadro 10A. ANVA de Cd disponible en el suelo al finalizar el ensayo.

Variables	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	Pr > F
Repeticiones	2	0,0020	0,0010	0,24	0,794 ns
Tratamientos	4	0,0111	0,0028	0,67	0,630 ns
Error	8	0,0343	0,0042		
Total	14	0,0478			
CV = 54.15%			R ² = 0.28		

Cuadro 11A. ANVA de Cd total en el grano al inicio del ensayo.

Variables	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	Pr > F
Repeticiones	2	0.000026	0.000013	1.64	0.2536 ns
Tratamientos	4	0.006162	0.001540	192.99	< 0.001 **
Error	8	0.000063	0.000007		
Total	14	0.006252			
CV = 4.98 %			R ² = 0. 98		

Cuadro 12A. ANVA de Cd total en el grano al finalizar el ensayo.

Variables	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	Pr > F
Repeticiones	2	0.00001	0.000009	1.17	0.358
Tratamientos	4	0.00442	0.001105	131.84	< 0.001 **
Error	8	0.00006	0.000008		
Total	14	0.00450			
CV = 7.74 %			R ² = 0.98		

Cuadro 13A. ANVA de la diferencia de Cd en grano al inicio y al final del ensayo.

Variables	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	Pr > F
Repeticiones	2	0.000073	0.00036	1.27	0.332 ns
Tratamientos	4	0.000548	0.00013	4.71	0.03 *
Error	8	0.000232	0.000029		
Total	14	0.000855			
CV = 27.9 %			R ² = 0.72		

Cuadro 14A. ANVA de la reducción de Cd en grano al inicio y al final del ensayo.

Variables	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	Pr > F
Repeticiones	2	305.47	152.73	2.24	0.168 ^{ns}
Tratamientos	4	1083.73	270.93	3.97	0.04 *
Error	8	545.43	68.17		
Total	14	1934.64			
CV = 23.2 %			R ² = 0.71		

Cuadro 15A. ANVA de Cd cambiabile en el suelo al inicio del ensayo.

Variables	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	Pr > F
Repeticiones	2	0.4414	0.2207	0.93	0.434 ns
Tratamientos	4	43.40	10.85	45.59	<0.0001**
Error	8	1.90	0.2380		
Total	14	45.74			
CV = 12.49%			R ² = 0.95		

Cuadro 16A. ANVA de Cd cambiabile en el suelo al final del ensayo.

Variables	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	Pr > F
Repeticiones	2	49.28	24.64	7.86	0.012
Tratamientos	4	3.85	0.96	0.31	0.865 ns
Error	8	25.08	3.13		
Total	14	78.22			
CV = 33.62%			R ² = 0.67		

Cuadro 17A. ANVA de P disponible en el suelo al inicio del ensayo.

Variables	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	Pr > F
Repeticiones	2	6.22	3.11	0.13	0.88
Tratamientos	4	12.21	3.05	0.31	0.96 ns
Error	8	194.14	24.26		
Total	14	212.58			
CV = 53.37%			R ² = 0.08		

Cuadro 18A. ANVA de P disponible en el suelo al final del ensayo.

Variables	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	Pr > F
Repeticiones	2	4.05	2.02	0.56	0.59
Tratamientos	4	27.24	6.81	1.89	0.20 ^{ns}
Error	8	28.88	3.61		
Total	14	60.18			
CV = 20.4%			R ² = 0.52		

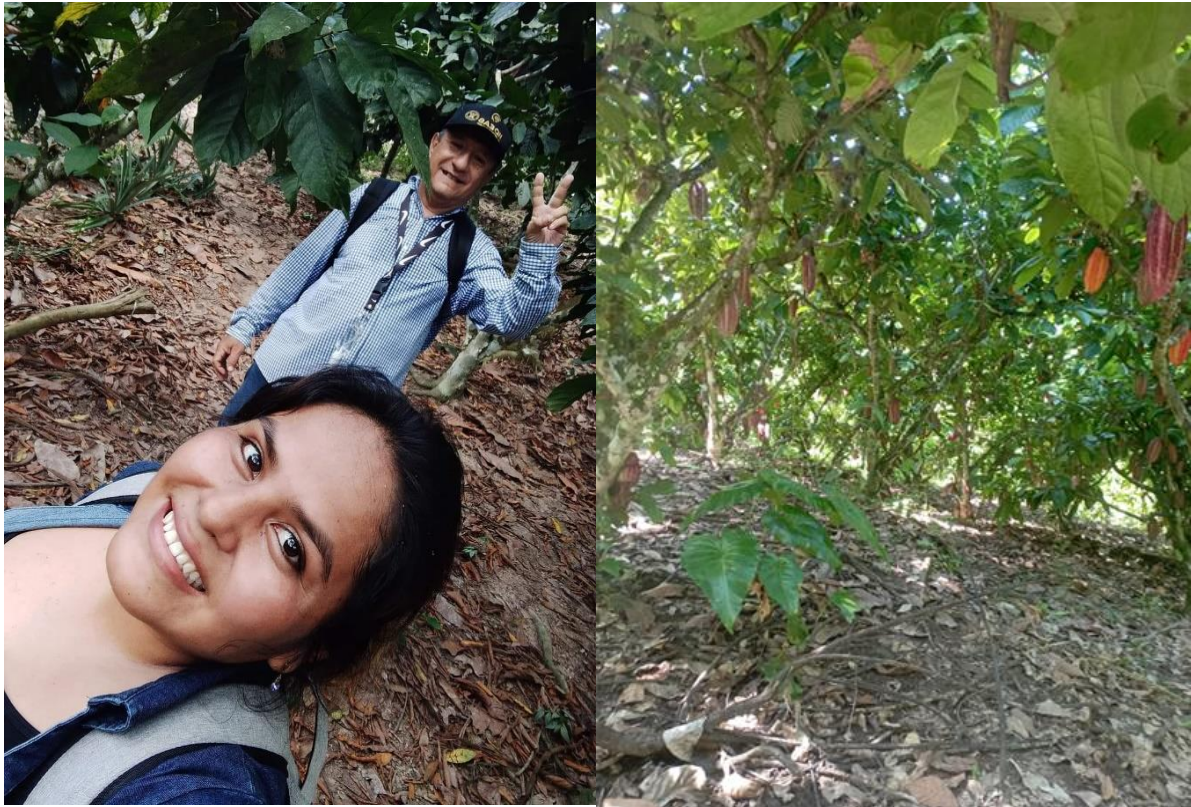


Figura 6A. Reconocimiento del área experimental con el asesor.



Figura 7A. Señalización de plantas en el área experimental.



Figura 8A. Recolección de mazorcas de cada unidad experimental.



Figura 9A. Recolección muestras de suelo de cada unidad experimental.



Figura 10A. Limpieza alrededor de la copa del cacao.



Figura 11A. Peso de diferentes dosis para cada tratamiento.



Figura 12A. Aplicación de roca fosfórica y tapado con hojarasca.



Figura 13A. Colocación de identificación por tratamiento y la gigantografía con el nombre del trabajo de investigación.



Figura 14A. Muestra de mazorca (grano) final.



Figura 15A. Muestra de suelo final.



Figura 16A. Identificación de mazorcas y muestra de suelo.



Figura 17A. Las muestras de mazorca y suelo.



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Carretera Central Km 1.21 - Tingo María - CELULAR 944407531

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

analisisdesuelosunas@hotmail.com



ANALISIS DE SUELOS

SOLICITANTE: SUSY DAZA HIDALGO	PROCEDENCIA: UCAYALI
--------------------------------	----------------------

N°	DATOS		P	Cmol(+)/kg	Cd
	CODIGO DEL LAB.	REFERENCIA	disponible ppm	Ca	total ppm
1	S0767-1	T 1 - R 1	6.67	3.20	0.1296
2	S0767-2	T 1 - R 2	6.27	3.05	0.134
3	S0767-3	T 1 - R 3	15.71	3.16	0.1287
4	S0767-4	T 2 - R 1	5.71	1.96	0.0811
5	S0767-5	T 2 - R 2	5.95	1.97	0.0804
6	S0767-6	T 2 - R 3	10.99	1.93	0.0899
7	S0767-7	T 3 - R 1	6.43	2.08	0.1432
8	S0767-8	T 3 - R 2	8.51	2.11	0.1511
9	S0767-9	T 3 - R 3	12.35	2.15	0.1598
10	S0767-10	T 4 - R 1	9.23	5.77	0.1388
11	S0767-11	T 4 - R 2	14.75	5.71	0.1297
12	S0767-12	T 4 - R 3	6.19	5.66	0.1286
13	S0767-13	T 5 - R 1	16.59	5.99	0.0955
14	S0767-14	T 5 - R 2	7.71	5.90	0.0933
15	S0767-15	T 5 - R 3	5.39	5.95	0.0971

MUESTREO POR EL SOLICITANTE

RECIBO 001 N° 0632492

TINGO MARIA, 09 DE AGOSTO 2021

[Handwritten signature]
Ing. Luis C. Marsilla Viqueve
JEFE



Figura 18A. Resultado de los análisis de suelo inicio.



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

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

Carretera Central Km 1.21 - Tingo María - Celular 944407531

analisisdesuelosunas@hotmail.com



ANALISIS ESPECIAL

SOLICITANTE:		SUSY DAZA HIDALGO			PROCEDENCIA:	UCAYALI
MUESTRA:		ALMENDRAS DE CACAO				
DATOS DE LA MUESTRA				Cd TOTAL		
Código Laboratorio	Cultivo	Referencia		ppm		
E0308 - 1	CACAO	T1	R1	0.063		
E0308 - 2	CACAO	T1	R2	0.059		
E0308 - 3	CACAO	T1	R3	0.065		
E0308 - 4	CACAO	T2	R1	0.018		
E0308 - 5	CACAO	T2	R2	0.020		
E0308 - 6	CACAO	T2	R3	0.015		
E0308 - 7	CACAO	T3	R1	0.031		
E0308 - 8	CACAO	T3	R2	0.032		
E0308 - 9	CACAO	T3	R3	0.028		
E0308 - 10	CACAO	T4	R1	0.021		
E0308 - 11	CACAO	T4	R2	0.027		
E0308 - 12	CACAO	T4	R3	0.024		
E0308 - 13	CACAO	T5	R1	0.051		
E0308 - 14	CACAO	T5	R2	0.057		
E0308 - 15	CACAO	T5	R3	0.050		

MUESTREADO POR EL SOLICITANTE
Tingo María 29 de junio 2022



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María

Dr. HUGO ALFREDO HUAMANI YUPANQUI
Jefe (e) Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología



Figura 19A. Análisis de suelo final.



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Carretera Central Km 1.21 - Tingo Maria - WhatsApp 944407531

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

analisisdesuelosunas@hotmail.com



ANALISIS ESPECIAL

SOLICITANTE: SUSY DAZA HIDALGO					PROCEDENCIA: UCAYALI
					MUESTRA: ALMENDRAS DE CACAO
N°	DATOS				Cd total
	COD LAB	CULTIVO	REFERENCIAS		ppm
1	M0809-1	CACAO	T 1	R 1	0.078
2	M0809-2	CACAO	T 1	R 2	0.085
3	M0809-3	CACAO	T 1	R 3	0.080
4	M0809-4	CACAO	T 2	R 1	0.028
5	M0809-5	CACAO	T 2	R 2	0.028
6	M0809-6	CACAO	T 2	R 3	0.030
7	M0809-7	CACAO	T 3	R 1	0.058
8	M0809-8	CACAO	T 3	R 2	0.058
9	M0809-9	CACAO	T 3	R 3	0.060
10	M0809-10	CACAO	T 4	R 1	0.040
11	M0809-11	CACAO	T 4	R 2	0.035
12	M0809-12	CACAO	T 4	R 3	0.043
13	M0809-13	CACAO	T 5	R 1	0.075
14	M0809-14	CACAO	T 5	R 2	0.073
15	M0809-15	CACAO	T 5	R 3	0.080

MUESTREO POR EL SOLICITANTE

RECIBO 001 N° 0632492

TINGO MARIA, 17 DE AGOSTO 2021

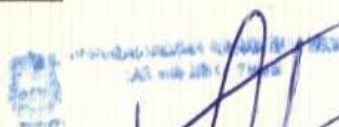


Figura 20A. Análisis de almendra inicio.



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Carretera Central Km 1.21 - Tingo María - CELULAR 944407531

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

analisisdesuelosunas@hotmail.com



ANALISIS DE SUELOS

SOLICITANTE: SUSY DAZA HIDALGO

PROCEDENCIA: UCAYALI

N°	DATOS		P	Ca	Cd total
	CODIGO DEL LABORATORIO	CODIGO DEL SOLICITANTE	disponible	Cmol(+) / kg	ppm
			ppm		
1	S0901-1	T1 R1	9.83	4.47	0.2040
2	S0901-2	T1 R2	8.37	4.92	0.1720
3	S0901-3	T1 R3	10.21	4.46	0.1920
4	S0901-4	T2 R1	7.92	2.75	0.0270
5	S0901-5	T2 R2	7.04	2.22	0.0350
6	S0901-6	T2 R3	8.45	2.78	0.0320
7	S0901-7	T3 R1	7.71	3.30	0.1620
8	S0901-8	T3 R2	9.57	3.60	0.1640
9	S0901-9	T3 R3	10.26	3.24	0.1740
10	S0901-10	T4 R1	10.13	8.17	0.1280
11	S0901-11	T4 R2	12.74	8.94	0.1232
12	S0901-12	T4 R3	7.75	8.67	0.1288
13	S0901-13	T5 R1	14.25	7.32	0.0924
14	S0901-14	T5 R2	8.19	7.10	0.0899
15	S0901-15	T5 R3	6.79	7.05	0.0901

MUESTREADO POR EL SOLICITANTE
TINGO MARIA, 28 DE JUNIO 2022



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Tingo María

Dr. HUGO ALFREDO HUAMANI YUPANQUI

Jefe (e) Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología



Figura 21A. Análisis de almendra final.



FICHA TÉCNICA “ROCA FOSFÓRICA FOSYEIKI”

NOMBRE COMERCIAL: ROCA FOSFORICA

PROCEDENCIA: Bayovar - Sechura – Piura – Peru

PRODUCTOR: FOSYEIKI SAC

DIRECCION: Av. Tingo Maria 1148 – Cercado de Lima, Lima 1 PERU.

TELEFONO: (+51)-1-4258002

E-MAIL: info@fosyeiki.pe

CALIDAD GARANTIZADA: La Empresa de Fosfatos FOSYEIKI SAC garantiza que la roca fosfórica que comercializa tiene la siguiente calidad:

1. COMPOSICION MINIMA GARANTIZADA :

• FOSFORO (P ₂ O ₅)	20 %
• CALCIO (CaO)	32 %
• MAGNESIO (MgO)	0.6 %
• AZUFRE (SO ₄)	5.5 %

2. CARACTERISTICAS FISICAS

• ESTADO FISICO	: Arena de grano fino
• HUMEDAD	: 8% - 10%
• PH	: 6.0 - 8.0
• COLOR	: MARRON – PLOMO
• DENSIDAD	: 1.49 a 1.51 TM/m ³
• OLOR	: INODORO

3. SOLUBILIDAD: La Solubilidad en ácido cítrico del P₂O₅ contenido en la roca fosfórica de Fosyeiki, es de 13.51% de P₂O₅ que equivale al 60% del P₂O₅ total contenido en la muestra, lo que la clasifica como la MAS REACTIVA DE LAS ROCAS FOSFORICAS CONOCIDAS A NIVEL MUNDIAL.

4. PRESENTACION: granulada tipo arena, 100% por malla #20.

5. EMPAQUE: Saco de polipropileno laminado de 50 Kilos.

Figura 22A. Ficha técnica de la roca fosfórica.