

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**  
**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL**



**EFFECTO DEL CADMIO DE LA ROCA FOSFORICA EN LA MACRO FAUNA DEL  
SUELO EN CULTIVOS DE CACAO, PROVINCIA DE LEONCIO PRADO, REGIÓN  
HUANUCO**

**Tesis**

**Para optar el título de**

**INGENIERO AMBIENTAL**

**PRESENTADO POR:**

**RICARDO FERNANDO AFFA MONTOYA**

**2021**



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA  
Tingo María – Perú  
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES



## ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N° 048-2021-FRNR-UNAS


Los que suscriben, Miembros del Jurado, reunidos con fecha 08 de Noviembre de 2021, a horas 08:30 a.m. en la Sala virtual Ms TEAM de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental para calificar la Tesis titulada:

### **“EFECTO DEL CADMIO DE LA ROCA FOSFORICA EN LA MACRO FAUNA DEL SUELO EN CULTIVOS DE CACAO, PROVINCIA DE LEONCIO PRADO, REGIÓN HUANUCO”**

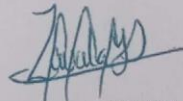
Presentado por el Bachiller: **AFFA MONTOYA, Ricardo Fernando**, después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara **APROBADA** con el calificativo de **“MUY BUENO”**

En consecuencia, el sustentante queda apto para optar el Título de **INGENIERO AMBIENTAL**, que será aprobado por el Consejo de Facultad, tramitándolo al Consejo Universitario para el otorgamiento del Título correspondiente.

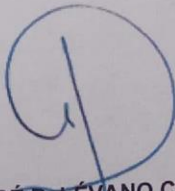
Tingo María, 29 de Diciembre de 2021

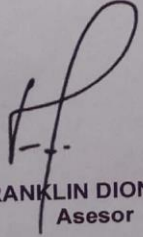
  
Dr. LUIS EDUARDO ORÉ CIERTO  
Presidente



  
Ing. M. Sc. SANDRA ZAVALA GUERRERO  
Miembro

  
Ing. ERLE OTTO SCAGLIONI BUSTAMANTE  
Miembro

  
Ing. M. Sc. JOSÉ D. LÉVANO CRISÓSTOMO  
Asesor

  
Ing. M. Sc. FRANKLIN DIONISIO MONTALVO  
Asesor

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**  
**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL**



**EFFECTO DEL CADMIO DE LA ROCA FOSFORICA EN LA MACRO FAUNA DEL  
SUELO EN CULTIVOS DE CACAO, PROVINCIA DE LEONCIO PRADO, REGIÓN  
HUANUCO**

**Autor** : Ricardo Fernando AFFA MONTOYA

**Asesor(es)** : MSc. LÉVANO CRISÓSTOMO, José Dolores  
MSc. Ing. DIONISIO MONTALVO, Franklin.

**Programa de investigación:** Ciencias y Tecnologías Ambientales.

**Línea de investigación** : Diversidad Biológica.

**Eje temático** : Estudio de la población y comunidad bióticas y su  
relación con el clima

**Lugar de ejecución** : Universidad Nacional Agraria de la Selva.

**Duración** : 7 meses.

**Financiamiento** : Propio

**Tingo María – Perú**

**2021**

## **DEDICATORIA**

A mi madre Esther MONTOYA

PEREZ DE AFFA por creer en mí.

A mi padre Ricardo AFFA  
REATEGUI, por guiarme por el  
buen camino

A mis adorados hermanos Franco,  
Luis y Holanda por apoyar y  
motivar en cumplir mis metas en la  
vida.

A Herlinda SANCHEZ DAZA,  
por estar conmigo y apoyarme  
durante la investigación.

## **AGRADECIMIENTO**

Al MSc. Ing. José Dolores LÉVANO CRISÓSTOMO, por su constante orientación en la ejecución de la investigación para corregir y mejorar este trabajo.

Al MSc. Ing. Franklin, DIONISIO MONTALVO, por compartir sus sabios consejos y siempre estuvo dispuesto a brindar asesoramiento técnico y metodológico a mi persona

A los agricultores Elías CAMPOS y Marcial GAMARRA por aceptar y apoyar en culminar satisfactoriamente esta investigación.

## ÍNDICE

Contenido	Página
I. INTRODUCCION.....	1
1.1 Objetivo General.....	2
1.2 Objetivos específicos.....	2
II. REVISIÓN DE LITERATURA .....	3
2.1. Antecedentes.....	3
2.1.1. Antecedentes internacionales .....	3
2.1.2. Antecedentes Nacionales .....	4
2.2. Bases teóricas.....	4
2.2.1. Metales pesados.....	4
2.2.2. Cadmio .....	5
2.2.3. Cadmio en el suelo. ....	6
2.2.4. Toxicidad del cadmio en la macro fauna.....	7
2.2.5. Roca Fosfórica .....	8
2.2.6. Macrofauna edáfica. ....	8
2.2.7. Clasificación taxonómica a nivel familia .....	10
2.2.8. Cultivo orgánico y convencional.....	12
2.2.9. Índice diversidad de Simpson.....	13
III. MATERIALES Y METODOS .....	14
3.1. Lugar de ejecución. ....	14
3.1.1. Ubicación política.....	14
3.1.2. Ubicación geográfica.....	15
3.2. Materiales y métodos.....	16
3.2.1. Materiales y equipos:.....	16
3.2.2. Metodología. ....	16
3.2.2.1. Fase de pre campo .....	16
3.2.2.2. Fase de campo.....	17
3.2.2.3. Fase de laboratorio: .....	19

3.2.2.4.	Fase de gabinete .....	21
3.2.2.5.	Nivel de investigación. ....	21
3.2.2.6.	Tipo de investigación.....	22
3.2.2.7.	Diseño de investigación.....	22
3.2.2.8.	Variables de investigación. ....	23
3.2.2.9.	Análisis de varianza.....	23
IV.	RESULTADOS Y DISCUSION.....	25
4.1.	Determinar la concentración de cadmio disponible en el suelo en cultivos de cacao (orgánico y convencional), antes y después de fertilizar.....	25
4.2.	Determinar la concentración de cadmio disponible en roca fosfórica. ....	28
4.3.	Determinar el índice de diversidad de Simpson en cultivos de cacao.....	28
4.4.	Efecto de la concentración de cadmio en la diversidad de macro fauna edáfica en cultivos de cacao.....	35
4.4.1.	Efecto de la dosis de roca fosfórica sobre la diversidad en cada sistema ....	35
4.4.2.	Efecto de los sistemas sobre la diversidad en base a cada dosis de roca fosfórica.....	39
V.	CONCLUSIONES .....	43
VI.	PROPUESTA A FUTURO .....	44
VII.	REFERENCIAS.....	45
	ANEXOS .....	49

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Página
1. Estándar de calidad para suelos.....	6
2. Valores de concentración de cadmio en algunos fosfatos en el mundo.....	8
3. Parcelas de extracción de muestras.....	14
4. Coordenadas geográficas de las parcelas. ....	15
5 . Análisis de Variancia (ANVA) .....	23
6. Prueba t para la concentración de cadmio en dos tipos de cultivo de cacao por efecto de las dosis de roca fosfórica.....	25
7. Resultado del análisis químico de la Roca fosfórica presente el cadmio disponible. .	28
8. Resultados de la diversidad de Simpson, antes de la aplicación de roca fosfórica para ambos cultivos.....	29
9. Resultados de la diversidad de Simpson por efecto de los niveles de roca fosfórica a los tres meses en los cultivos.....	30
10. Resultados de la diversidad de Simpson, después de la segunda aplicación de roca fosfórica para el cultivo de convencional y orgánico. ....	32
11. ANVA para la diversidad de macrofauna por efecto de las dosis de roca fosfórica en un cacaotal convencional a tres meses de su aplicación. ....	36
12. Prueba Duncan para la diversidad Simpson por efecto de las dosis de roca fosfórica en un cacaotal convencional a tres meses de su aplicación.....	36
13. ANVA para la diversidad de macrofauna por efecto de las dosis de roca fosfórica en un cacaotal orgánico a tres meses de su aplicación. ....	37
14. Prueba Duncan para la diversidad de macrofauna por efecto de las dosis de roca fosfórica en un cacaotal orgánico a tres meses de su aplicación. ....	37
15. ANVA para la diversidad de macrofauna por efecto de las dosis de roca fosfórica en un cacaotal convencional a seis meses de su aplicación.....	38

16. Prueba Duncan para la diversidad de macrofauna por efecto de las dosis de roca fosfórica en un cacaotal convencional a seis meses de su aplicación. ....	38
17. ANVA para la diversidad de macrofauna por efecto de las dosis de roca fosfórica en un cacaotal orgánico a seis meses de su aplicación.....	39
18. Prueba Duncan para la diversidad de macrofauna por efecto de las dosis de roca fosfórica en un cacaotal orgánico a seis meses de su aplicación. ....	39
. Prueba t para la diversidad de macrofauna edáfica en dos tipos de cultivo de cacao por efecto de las dosis de roca fosfórica.....	40
20. Cadmio disponible presente en las muestras de roca fosfórica .....	54
21. Cadmio disponible en las muestras de suelos de los grupos de control.....	54
22. Cadmio disponible en las muestras de suelos a los 3 meses de la primera fertilizada. ....	55
23. Cadmio disponible en las muestras de suelos a los 3 meses de la segunda fertilizada. ....	56

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Esquema de lombriz de tierra (EDWARDS 2010).....	11
<b>Figura 2.</b> Mapa de ubicación de la zona a muestreo ( ARC Gis AFFA, 2021). .....	15
<b>Figura 3.</b> Esquema de diseño completo al azar (DCA AFFA, 2021).....	22
<b>Figura 4.</b> Familia dominante del cultivo convencional ( AFFA 1 , 2021).....	34
<b>Figura 5.</b> Familia dominante del cultivo orgánico ( AFFA 1 , 2021).....	35
<b>Figura 6.</b> Diversidad de macrofauna edáfica en dos tipos de cultivo de cacao por efecto de las dosis de roca fosfórica( AFFA TB 1, 2021).....	42
<b>Figura 7.</b> Cadmio disponible en las muestras de suelos de los grupos de control .....	57
<b>Figura 8.</b> Cadmio disponible presente en las muestras de roca fosfórica.....	58
<b>Figura 9.</b> Cadmio disponible en las muestras de suelos a los 3 meses de la primera ...	59
<b>Figura 10.</b> Cadmio disponible en las muestras de suelos a los 3 meses de la primera .	60
<b>Figura 11.</b> Muestreo de la macrofauna en las parcelas.....	61
<b>Figura 12.</b> Recolección macrofauna de la parcela convencional. ....	61
<b>Figura 13.</b> Recolección macrofauna de la parcela orgánico. ....	62
<b>Figura 14.</b> Clasificación de macrofauna. ....	62
<b>Figura 15.</b> Identificación de la macrofauna de cultivos los cacaos. ....	63
<b>Figura 16.</b> Registro macrofauna de cultivos los cacaos. ....	63
<b>Figura 17.</b> Familia Araneidae, Araneae.....	64
<b>Figura 18.</b> Familia Julida.....	64
<b>Figura 19.</b> Familia Blattidae. ....	65
<b>Figura 20.</b> Familia Elateridae.....	65
<b>Figura 21.</b> Insecta, Coleoptera, familia Scarabaeidae, Adulto Lateral .....	66
<b>Figura 22.</b> Insecta, Coleoptera, Scarabaeidae, Larva.....	66

<b>Figura 23.</b> Insecta, Coleoptera, Staphylidae.....	67
<b>Figura 24.</b> Insecta, Dermaptera, Labiduridae .....	67
<b>Figura 25.</b> Insecta, Hymenoptera, Formicidae, Paraponera clavata .....	68
<b>Figura 26.</b> Isopoda, Armadillidiidae, Armadillidium sp. ....	68

## RESUMEN

Se evaluó la presencia de cadmio disponible en suelos de cacao sobre el índice de diversidad de Simpson, en 2 tipos de sistema agrícola; orgánico y convencional. En coordinación con la cooperativa Naranjillo, seleccionamos 2 parcelas de agricultores cacaoteros orgánico y convencional ambos localizados en el caserío de Río Negro, distrito de Luyando, provincia de Leoncio Prado, región de Huánuco. Cada parcela fue dividida en cuatro partes; 01 grupo control, 03 tratamientos de 100 g, 150 g y 200 g, durante dos etapas de fertilización. Se obtuvo muestra de suelos para análisis químico de acuerdo a la metodología establecida; para la macrofauna se utilizó el método del programa Tropical Soil Biology and Fertility (TSBF) con extracciones de seis a ocho monolitos suelos de 25 x 25 x 20 cm, logrando identificar taxonómicamente al nivel de familia, donde se determinó el índice de diversidad de Simpson. Posteriormente se utilizó el análisis estadístico de ANVA y la Prueba de rangos múltiples de Duncan y prueba de T Student. El contenido promedio de cadmio disponible para cultivo convencional y orgánico en los grupos de control fueron, 0.183 ppm y 0.003 ppm respectivamente. Al final de dos fertilizadas se encontró valores altos 0.537 ppm y 0.373 ppm para la convención y orgánico a los 6 meses ambos para tratamiento de 200 g. Influyo la mayor cantidad de roca fosfórica sobre el índice de diversidad de Simpson, de tal modo al incrementar el cadmio disponible disminuye el número de familia, mayoritariamente las familias de Lumbricidae, Formicidae.

Palabra clave: índice de diversidad de Simpson, Cadmio disponible, cultivo de cacao orgánico, cultivo de cacao inorgánico y macrofauna.

## ABSTRACT

It was evaluated the presence of cadmio available on the grounds of cocoa regarding to the rating of diversity of Simpson, in two types of agricultural systems; organic and conventional. In coordination with the cooperative Naranjillo, farming plots were selected of organic of cocoa farmer and conventional, both take place in the small village of Río Negro, Luyand district, Leoncio Padro province, Huánuco region. Each plot was split up in four parts; one control group, three treatments of 100g., 150g., 200g., during two phases of fertilization. For chemical analysis were obtained proof from the grounds according to the established methodology, for the macrofauna was used the method of the Tropical Soil Biology and Fertility (TSBF) program with extractions of seis to eight soils monoliths of 25 x 25x 20 cm, achieving to identify taxonomically until the family level where was identified the index of variety of Simpson. Subsequently, was used the statistical analysis of ANVA and the proof of multiples ranges and the proof of T student. The average contained of cadmio available for the conventional and organic cultivation in the groups of control were between de 0.183 ppm y 0.003 ppm, respectively. At the end if the two fertilized were found the higher values “0.537 ppm y 0.373 ppm” for the conventional and organic after six moths both for the 200g. treatment, influenced the great amount of phosphoric rock above the rating of diversity de Simpson, in such a way, by increasing the cadmio available, decrease the species number, mainly in the Lumbricidae, Formicidae.

Keywords: Simpson diversity index Cadmium available, , organic cocoa farming, organic cocoa farming y macrofauna.

## I. INTRODUCCION

La acumulación del cadmio en los suelos de cultivo de cacao debido a la actividad antropogénica genera gran preocupación porque está causando degradación de la calidad ambiental, debido a su prolongado uso de roca fosfórica como abono para mejorar el rendimiento de grano de cacao. Huauya y Huamaní (2014) evaluó 17 parcelas de cacao en la provincia de Leoncio Prado, determinando el contenido medio de 0,66 ppm de cadmio en suelos de cultivo de cacao. El Perú cuenta con 01 yacimiento de roca fosfórica que es procesado por la empresa FOSYEIKI, donde describe el componente cadmio con una aproximación de 12 ppm; la inexistencia de ley sobre la roca fosfórica y su aplicación directa existiendo preocupación por la acumulación y por su movilidad, que pudiera dar lugar a la pérdida de la diversidad edáfica y suelos contaminados. Por tanto, en el presente trabajo de investigación se planteó el siguiente problema: ¿Cuál es el efecto del cadmio presente de la roca fosfórica sobre la macrofauna en cultivos de cacao, provincia de Leoncio Prado y región Huánuco? La macrofauna edáfica son organismo con diámetro de cuerpo mayor a 2 mm como lombrices, ciempiés, termitas, hormigas, coleópteros, milpiés, etc; actúan como principales agentes conductores del ciclo nutriente, al regular las dinámicas de la composición orgánica del suelo, la emisión de gases de efecto invernadero. Estos servicios resultan esenciales para el funcionamiento de los ecosistemas naturales ya que constituyen un importante recurso para la gestión sostenible de los sistemas agrícolas. Ante este problema se planteó como hipótesis que: HA: La macro fauna edáfica varía según la concentración de cadmio presente en la roca fosfórica. HO: La macro fauna edáfica no varía según la concentración de cadmio presente en la roca fosfórica.

### **1.1 Objetivo General**

➤ Evaluar el efecto de la concentración de cadmio presente de la roca fosfórica sobre la macrofauna edáfica en cultivos de cacao.

### **1.2 Objetivos específicos**

➤ Determinar la concentración de cadmio con suelo en cultivos de cacao (orgánico y convencional), antes y después de fertilizar.

➤ Determinar la concentración de cadmio disponible en la roca fosfórica.

➤ Determinar la diversidad de la macrofauna edáfica en suelos de cultivos de cacao.

➤ Evaluar el efecto de la concentración de cadmio en la diversidad de macrofauna en los suelos de cultivos de cacao.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Antecedentes

#### 2.1.1. Antecedentes internacionales

Meneses y Reina (2015) en su investigación titulada “Cuantificación de macrofauna del suelo en un sistema silvopastoril comparado con un sistema convencional en una zona de bosque seco tropical (bs-t)” con el fin de determinar el potencial biológico de esta macrofauna. Se utilizó el método de muestreo de la macrofauna (TSBF). Lo más abundante fue la familia Formicidae con el 37,2%, seguida del grupo de miriápodos con 19,5%, lombrices el 18,8% y la familia Scarabaeidae con 7,2%; el 17,3% restante estuvo distribuido en 10 especies. En el sistema convencional se encontraron 123 individuos correspondientes a 13 familias, la mayoría de los organismos recolectados pertenecen a las familias Formicidae (37,4%), Scarabaeidae (25,2%), el grupo de lombrices (21,1%), y el 16,3% en las demás familias, concluye el número de grupos taxonómicos y la proporción de individuos de cada grupo fueron mayores en el sistema silvopastoril. Los órdenes más predominantes fueron Hymenoptera, grupos de lombrices y de miriápodos. El orden Coleóptera y los grupos de lombrices, miriápodos y arañas son de gran importancia para los servicios ambientales de los sistemas ganaderos, mientras que las hormigas son indicadoras de perturbación del suelo, y las larvas de mariposas generadoras de daños en la vegetación. Se observó que el sistema silvopastoril presenta el valor índice de Simpson (0,78) más alto en diversidad en comparación convencional (0,75).

Andrea *et al.*, (2018) en el estudio titulado “bioacumulación de metales pesados en una comunidad de artrópodos de la comuna de Puchuncaví” con el objetivo de niveles de bioacumulación de metales pesados en diferentes grupos de artrópodos con su diversidad y rol en las cadenas tróficas de suelo en función de la

concentración de metales en el ambiente, tuvo como conclusión acumulación en las concentraciones de Cd; preocupación pueden resultar nocivos para la comunidad de artrópodos terrestres.

### **2.1.2. Antecedentes Nacionales**

Villanueva, (2019) en su investigación titulada “relación entre las características del suelo y la concentración de cadmio en los tejidos de la planta de cacao (*Theobroma cacao* L.) en Pumahuasi, Huánuco” con el objetivo analizar las relaciones entre la concentración del cadmio en el sistema suelo-planta de cacao y las propiedades fisicoquímicas de los suelos de las plantaciones de cacao (*Theobroma cacao* L.), se eligieron tres parcelas representativas, una con manejo convencional, tradicional y orgánico respectivamente, la metodología aplicada concentración del cadmio disponible empleando EDTA 0,05 M; Según los resultados la concentración de cadmio disponible en el suelo, tiene relación, de acuerdo a las parcelas, con MO, pH, CaCO<sub>3</sub>, CIC, P, entre otros, concluye que la concentración del cadmio en los granos de cacao supera los límites permisibles, a pesar que las concentraciones de este elemento en el suelo están por debajo de los límites máximos permisible.

Huauya y Huamaní (2014), realizaron una investigación titulada “Presence of heavy metals in organic cacao (*Theobroma cacao* L.) crop” con el propósito de evaluar los contenidos de cadmio en los suelos de cacao en las regiones de Huánuco y Ucayali. Se recolecto 22 muestras en cultivo orgánico cuyo valor de cadmio disponible en suelo fue de 0.53 ppm. siendo las taxonomías predominantes Hymenoptera y Oligochaeta.

## **2.2. Bases teóricas**

### **2.2.1. Metales pesados.**

Elementos cuyo peso específico es superior a 5g/cm<sup>3</sup>, excluyendo a metales alcalinos y alcalinotérreos; representan propiedades de acumulación en los seres vivos, en imperceptible proporción según Sepúlveda (2005), Que los peligros derivados

dependerán de la capacidad de acumulación y toxicidad. Por otra parte, pueden cambiar de forma química y moverse debido a transformación en las condiciones del entorno, variaciones del uso de la tierra Abanto (2018). Asimismo los metales pesados en el tierra derivados de fuentes no natural tienden a ser más móviles, y entre ellas: agroquímico, plaguicidas, estiércol, residuos industriales Ballesta (2017).

En investigaciones ambientales, se desarrolla a todos aquellos elementos que surgen continuamente asociados a dificultades de contaminación. Algunos de ellos son fundamentales para los seres vivos en cantidades pequeñas, como Cu, Mo, Ni, Mn, Cu, Fe, Zn, que se retornan nocivos cuando las concentraciones son elevadas; como Cd, Hg o Pb el no desempeñan ninguna función biológica e implican altamente tóxicos Ballesta (2017).

### **2.2.2. Cadmio**

El símbolo es Cd y su color es blanco-plateado, es dúctil y maleable. Su lugar en la tabla periódica es en el Grupo IIB, tiene una valencia de 2, su punto de ebullición es de 767° C, su peso atómico relativo es 112.41 g, su número atómico es 48 y tiene una estructura cristalina hexagonal García (2002). El cadmio es un metal innecesario y escaso en la superficie terrestre Stoeppler (1991).

MINAM (2013) Se aprobó con la finalidad de establecer las concentraciones de elementos inorgánicos y orgánicos presentes en la tierra, en cuyos niveles de concentración no deberán representar peligro revelador para el ambiente. Este estándar es aplicable a los proyecto y actividad, cuyo desarrollo pueda generar riesgos de contaminación del suelo.

**Tabla 1.** Estándar de calidad para suelos.

<b>Parámetros en mg/kg PS(2)</b>	<b>Usos del suelo (1)</b>			<b>Métodos de ensayo (7) y (8)</b>
	<b>Suelo agrícola (3)</b>	<b>Suelo agrícola (3)</b>	<b>Suelo Comercial(5)/ Industrial/ Extractivo(6)</b>	
<b>inorgánicos</b>				
cadmio	1,4	10	22	EPA 3050 EPA 3051

Fuente: MIMAM 2013.

PRODUCE (2017) evaluación preliminar (EVAP) del proceso de la “Planta procesadora de Fertilizante fosfatada” refiere la materia prima de rocas fosfórica que serán obtenidas de los yacimiento ubicados en el desierto Bayovar, demuestra sus componente como el cadmio y su concentración con aproximación a 12 ppm.

### 2.2.3. Cadmio en el suelo.

Tolentino (2020) Según en su investigación muestra el testigo sin aplicación de roca fosfórica presento mínima concentración de Cd en el suelo. Al emplear el cadmio dentro de la roca fosfórica como contaminante, estadísticamente fue menor la concentración de Cd en el suelo con la aplicación de 1.5 ppm de Cd, y mayor con la aplicación de 4.5 ppm; demostrar el aumento con dosis altas de roca fosfórica aplicado al suelo y después de un periodo de 4 meses; mostro mayor presencia de Cd en el suelo.

Lo más importantes del cadmio es su notable resistencia al deterioro. Debido a su toxicidad, el cadmio se halla sumiso a una de las reglamentaciones más inflexibles en términos del medio ambiente. El cadmio se presente regularmente en

suelo a concentraciones inferiores a 1 ppm; Además la acumulación de este metal depende de los procesos biológicos, químicos, físicos. Este metal se disipa en la tierra a causa por combinación con otros elementos, actividad antropogénica o lixiviación según Abanto (2018).

Según Huamaní et al (2012), en su investigación encontraron la presencia de cadmio en los suelos de cultivo cacao orgánicos, siendo 5 parcelas de la regiones de Ucayali y 17 de Huánuco, encontrando la media de cadmio disponible 0.53 ppm. Mite et al, (2010) determino los niveles de contaminación por cadmio en los diferentes sistemas de cultivo de cacao en Ecuador, los resultados observados se ha determinado que existen zonas con altos niveles de Cd, en suelos que sobrepasan los niveles permisibles, se puede notar que en dos localidades de la provincia de Esmeraldas los mayores valores llegan a 0,88 ppm y 22,00 ppm

Reyes y María, (2004) determinó el porcentaje de cadmio disponible siendo 33.3% del cadmio total en suelos de cacao, se halla disponible para los organismos. La disponibilidad del cadmio en cultivo en relación al total es considerada elevada.

#### **2.2.4. Toxicidad del cadmio en la macro fauna**

León et al, (2018) El estrés oxidativo es fruto del daño generado por los radicales libres, los cuales muestran toxicidad en las biomoléculas como lípidos, proteínas y en el ADN, dificultado su correcto desempeño.

### 2.2.5. Roca Fosfórica

Mineral que ostenta mínimas cantidades de cadmio, por lo que al servir éste como fuente en la elaboración de fertilizantes, estos presentan niveles de cadmio diferentes Bonomelli et al, (2003). Existe también preocupación en la utilización de fertilizantes fosfatados aumente lentamente el contenido de cadmio en la tierra cultivable y que esto pudiera dar lugar, con el tiempo, a que exista un nivel de cadmio en los productos agrícolas que exceda los niveles aceptables Fao (2007).

**Tabla 2.** Valores de concentración de cadmio en algunos fosfatos en el mundo.

Fuente de Roca Fosfórica	cadmio
	mg Cd/Kg de roca
Minjingu, Tanzania	1
Taiba, Senegal	87
Hahotoe Togo	48
Khouribga, Marruecos	3
Carolina del Norte, EEUU	33
Florida, EEUU	6
Riecito, Venezuela	4
Khouribga, Marruecos	3
Khneifiss, Siria	3
Sechura, Perú	11

Fuente: FAO, 2007.

### 2.2.6. Macrofauna edáfica.

El conjunto macrofauna incluye aquellos organismos de la tierra que miden más de un centímetro de largo, o diámetro de más de 2 mm. Estos se reúnen en conjuntos más significativos: lombrices de tierra, hormigas, termitas y escarabajos. Las lombrices de tierra son, posiblemente, los invertebrados más significativos en la

superficie; sin embargo, en zonas tropicales, predominan las hormigas y las termitas, que cumplir un importante papel en los ambientes edáficos Sataloff et al, (2012).

La macrofauna puede además subdividirse en organismos epigeos, endogeos y anécicos, presentando cada categoría un papel diferente en el funcionamiento del ecosistema edáfico. Los epigeos viven y comen en la superficie del suelo; la mayor parte se alimentan de la hojarasca (macroartrópodos detritívoros, pequeñas lombrices de tierra pigmentadas), y otros (arañas, hormigas, ciempiés y algunos escarabajos) son predadores del resto de la fauna. La función primordial de los epigeos es fragmentar la hojarasca y promover su descomposición. Los endogeos, representados principalmente por las lombrices de tierra y los termes, viven en el suelo y se alimentan de materia orgánica o de raíces (vivas o muertas). Los anécicos, representados por las lombrices de tierra, los termes y las hormigas, se alimentan principalmente de la hojarasca de la superficie (también pueden ingerir estiércol de ganado o excretas de otros invertebrados), pero viven en el suelo formando redes semi-permanentes de galerías y a veces nidos como vivienda y lugar para acumular recursos. Para construirlas, ingieren o transportan grandes cantidades de suelo que alteran la agregación del suelo y producen galerías abiertas hacia la superficie del suelo que promueven la oxigenación e infiltración del agua Brown et al, (2001).

El cambio del uso de la tierra y el grado de perturbación o intensidad en el manejo del suelo, provocan un impacto directo sobre las propiedades físico- químicas del suelo, e indirecto sobre la composición taxonómica y funcional, diversidad de la fauna edáfica Silva et al, (2018). Cualquier intervención antrópica o natural genera un efecto positivo o negativo en la dinámica de la fauna del suelo, especialmente en la macrofauna. Esto debido a que son los organismos edáficos de mayor talla, con distintas estrategias de movilidad y alimentación, más expuestos en la superficie e interior del suelo, y por tanto más susceptibles a los cambios ambientales Cabrera (2012).

El estudio evaluó el comportamiento de la macrofauna edáfica en suelos ganaderos, con diferentes grados de contaminación por metales pesados. Se

muestrearon tres parcelas dedicadas al cultivo de pastos con un gradiente de concentración de Zn inferior al límite de intervención y de Pb biodisponible de hasta 3,5 veces superior al límite de intervención; y una parcela no contaminada, como control. El total de organismos disminuyeron significativamente al aumentar la concentración de Pb y Zn biodisponible. Todos los taxones evaluados mostraron disminuciones de sus poblaciones disminuyó significativamente con el aumento de la concentración del metal. Los grupos tróficos predominantes fueron los depredadores, y disminuyó la presencia de descomponedores. El muestreo relativo de poblaciones de la clase Diplopoda, fitófagos de los órdenes Coleoptera e Hymenoptera y lombrices de tierra (Oligochaeta) puede ser suficiente para indicar el estado ecológico de los suelos Mesa et al, (2016).

Cabrera y Crespo (2001) que las lombrices del suelo y las Isópoda se responsabilizan en gran medida por la creación de condiciones adecuadas de aireación del suelo y constituyen por tal motivo los iniciadores de la actividad. La revisión realizada muestra la influencia que ejerce la actividad la macrofauna para indicar los estados ecológicos de los suelos.

#### **2.2.7. Clasificación taxonómica a nivel familia**

##### a) Lumbricidae.

Son anélidos oligoquetos clitelados macroscópicos (figura 1), que viven en el suelo. Son gusanos segmentados, bilateralmente simétricos, con una glándula externa (clitelo) para producir capullos, un lóbulo sensorial en la parte frontal de la boca (prostomio) y un ano en el extremo del cuerpo del animal, con un pequeño número de cerdas (setas) en cada segmento.

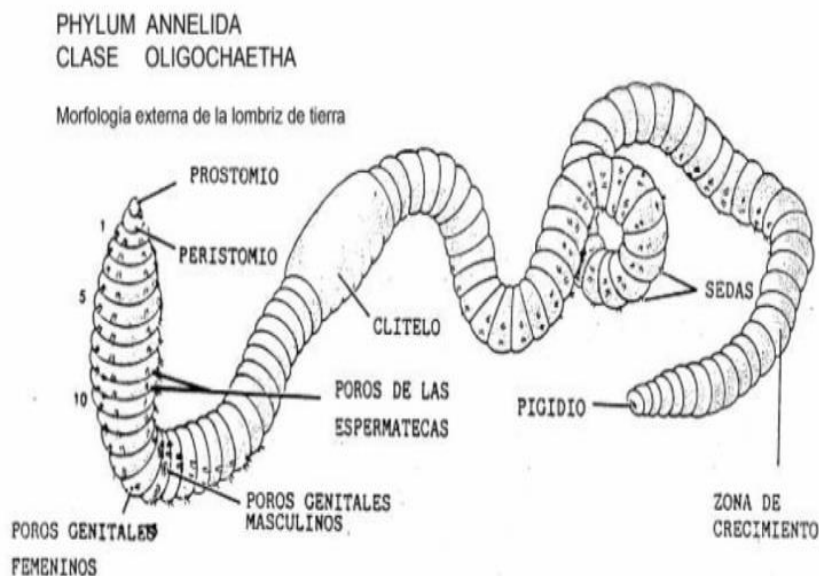


Figura 1. Esquema de lombriz de tierra (EDWARDS 2010).

Son animales hermafroditas, y la reproducción normalmente ocurre a través de la copulación y la fertilización cruzada. Cada individuo produce capullos que contienen 1-20 óvulos fertilizados. Las lombrices de tierra muestran un crecimiento indeterminado y pueden seguir creciendo en tamaño después de completar su desarrollo sexual, aunque no agregan EDWARDS, (2010). La producción de capullos, las tasas de desarrollo y el crecimiento de las lombrices son críticamente afectadas por las condiciones ambientales (Arancon y Edward 2011).

Ojeda et al, (2019) encontraron que las Lumbricidae fueron sensibles a la acumulación e la macro fauna edáfica de metales pesados. Esto resultó en una disminución de peso debido a la bioacumulación y eliminación de los metales pesados ya que tienen un costo metabólico al utilizar sus fuerzas en sobrevivir para impedir la acumulación de los metales pesados en los tejidos, en vez para el crecimiento, en muchos casos pasan los estándares internacionales que establecen la Environment Protection Agency de los Estados Unidos de América y la Unión Europea.

#### b) Formicidae.

La biodiversidad de las hormigas se ha estudiado con objetivo de comprender las perturbaciones causadas por simplificaciones constantes de los ecosistemas naturales, como es el caso del monocultivo de eucalipto Majer (1996) que provoca, según la literatura, una gran disminución de la biodiversidad local - porque además de responder al estrés ambiental, las hormigas tienen una amplia distribución y abundancia local Agosti et al, (2000).

La evaluación de metales en las diferentes clases de tamaño *C. rufipes* muestra que los niveles de rango de cadmio entre 0,000 a 0,004 mg / kg La determinación de metales en *C. rufipes* mostró que los trabajadores con una cápsula cefálica considerados de tamaño niveles intermedios (2,0 a 2,6 mm) más altos de cadmio Oliveira (2010).

#### c) Isóptera

El contenido promedio de cadmio disponible en los suelos fue 0,53 mg/kg  $cd^{+2}$ . Se determinó que la Isóptera presentó una correlación significativa positiva con el contenido de cadmio disponible del suelo, así mismo la mayor presencia de cadmio no originaría toxicidad de este metal en la termita. Huauya y Huamaní (2014).

#### d) Especies raras.

Da Silva y Silvestre (2004), muestra la clasificación de acuerdo al número de veces registradas entre ellas son; especies Raro (1) moderadamente raro (2-10), moderadamente frecuente (11-20), y frecuente (20-40) y finalmente abundante (> 40)

### 2.2.8. Cultivo orgánico y convencional

Carmen et al, (2020) estructura trófica del organismo del suelo, convencionales y silvopastoriles. En ambos sistemas, se observó la existencia de tres familias con importantes diferencias, en comparación con las familias ocasionales. Se vio

marcada la similitud entre cultivos, al encontrarse Formicidae y Lumbricidae entre las predominantes.

### **2.2.9. Índice diversidad de Simpson**

Noguera et al, (2017) con el objetivo de determinar la diversidad de la macrofauna edáfica como indicador biológico de la salud del suelo y el efecto de prácticas de manejo agroecológico y manejo convencional, determinó la diversidad fue mayor en cultivo agroecológica, en comparación del convencional y destacó una mayor equitatividad de familias. El número de individuos taxonómicas estableció los indicadores que permitió diferenciar entre los sistemas de manejo, la salubridad de la tierra.

Andrea et al., (2018) en el presente trabajo al medir la diversidad (1-D de Simpson) al correlacionar los índices de diversidad con las cantidades de Cd en suelo, se encontraron correlaciones negativas entre la diversidad de especies y la concentración de metales en sitios contaminados con Cd.

Soares et al, (2000) la diversidad de comunidades de macro fauna que se producen en dos diferentes estructuras vegetativas: bosque nativo y plantación de eucaliptos El índice de diversidad de Simpson, que está fuertemente influenciada por la abundancia de las especies más comunes y por tanto, representa un índice de dominancia

### III. MATERIALES Y METODOS

#### 3.1. Lugar de ejecución.

##### 3.1.1. Ubicación política

Las muestras de suelos extraído de las siguientes parcelas, se detalladas a continuación.

**Tabla 3.** Parcelas de extracción de muestras

---

<b>Punto Roberto (Parcela convencional)</b>	<b>Punto Elías (Parcela orgánico)</b>
---	---------------------------------------

---

Región : Huánuco.

Región : Huánuco.

Provincia : Leoncio prado

Provincia : Leoncio prado

Distrito : Luyando

Distrito : Luyando

Localidad : Río negro

Localidad : Río negro

---

Fuente: Ubicación de las parcelas ( AFFA 2021).

El análisis de concentración de cadmio disponible se llevó a cabo en el Laboratorio de Suelos de la Universidad Nacional Agraria de la Selva y la identificación de macro fauna se realizó en el laboratorio de Entomología de la Facultad de Agronomía.

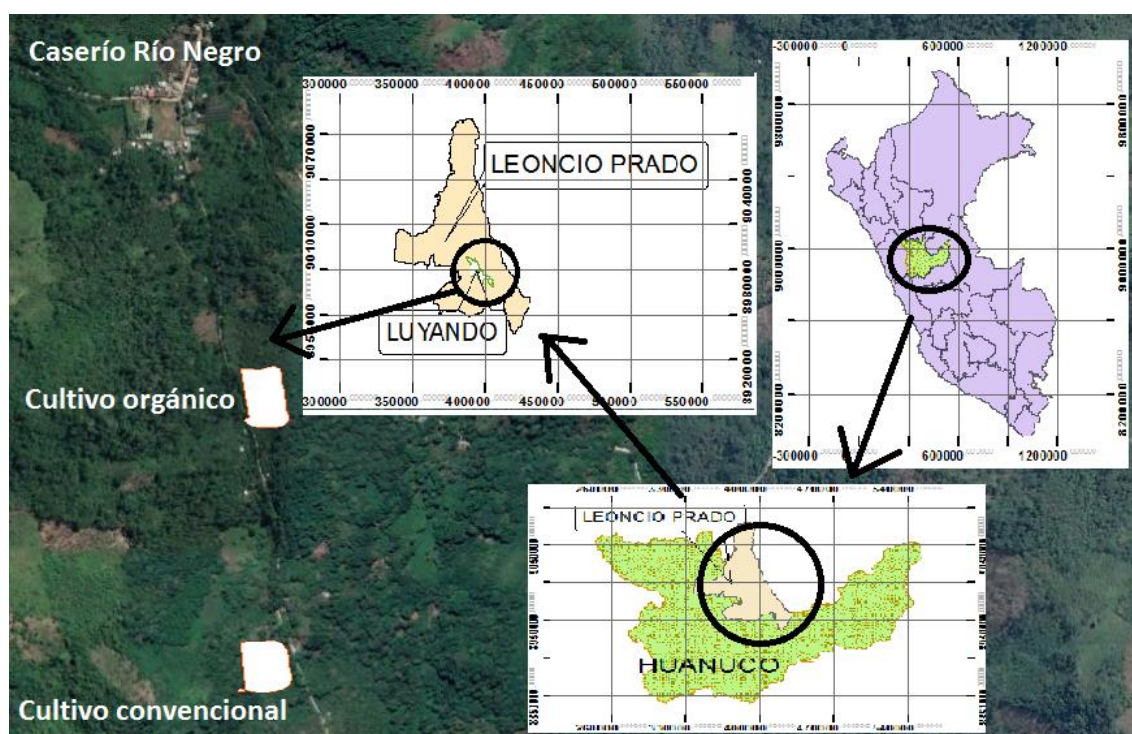


Figura 2. Mapa de ubicación de la zona a muestreo ( ARC Gis AFFA, 2021).

### 3.1.2. Ubicación geográfica

Geográficamente, las parcelas están ubicados en el distrito de Luyando, caserío Río Negro.

Tabla 4. Coordenadas geográficas de las parcelas.

Descripción	este	norte	altitud
Punto Elías (Parcela Orgánico)	399878	8972497	716
Punto Marcial (Parcela convención)	399892	8972157	715

Fuente: Coordenadas geográfica de las parcelas (AFFA data, 2021).

## **3.2. Materiales y métodos**

### **3.2.1. Materiales y equipos:**

Los materiales que se usó para el presente trabajo de investigación fueron: Cuadro de metal de 25 x 25 x 20 cm (muy resistente), pala, plástico de 1 m x 1 m de color blanco, tapers de plásticos de 4 oz color blanco, pinzas para insectos, frascos 60 ml con tapadera hermética, alcohol 90% en L, lupa de 40x, balanza digital 0.01g, envases de plástico, cinta de color, cámara fotográfica, Libreta de campo, lapicero, claves de identificación de Insectos, etiquetas, planchas de tecno por, cámara fotográfica. Los equipos que se usó para la ejecución del trabajo de investigación son: GPS Garmin, software (SPSS, OFFICE 2016, ArcGIS 10.3, computadora portátil), Espectrofotómetro de Absorción Atómica (AAS) – Marca GBC – Modelo SensAA, Tamizador 1 mm, baño maría, balanza analítica, colector de filtros, agitador, contenedores de plástico.

### **3.2.2. Metodología.**

La siguiente investigación se realizó a través de una secuencia de actividades de campo, laboratorio y gabinete que se resume de la siguiente forma.

#### **3.2.2.1. Fase de pre campo**

A través de la base de datos de la Cooperativa Agraria Industrial Naranjillo, se seleccionó a dos agricultores con cultivo orgánico y convencional.

Se tuvo una reunión con cada uno de los agricultores justificando la importancia del proyecto, luego se recopiló y analizo la información existente en el área de estudio. Recolección de datos fue a través de encuestas se compilo datos de los agricultores, referente al tipo de abonamiento del cultivo. Anexo A y B.

El enfoque planteado se basó en la evaluación de la variación de la cantidad de roca fosfórica (100 g, 150 g y 200 g) sobre el índice de diversidad de Simpson.

a) Cronología pre campo

Fecha: 02 al 03 -01- 2018. Selección de las parcelas.

Fecha: 04- 01-2018. Recopilación de datos del abonamiento.

**3.2.2.2. Fase de campo**

Las para la división de las parcelas se consideró 15 m de margen en todo el perímetro para evitar errores, la repetición consistía de 42 plantas de cacao, abarcando 432 m<sup>2</sup>.

b) Cronología del experimento.

Fecha: 07 - 01 - 2018. Acondicionamiento y división de los tratamientos.

Fecha: 08 al 10 - 01 - 2018. Muestreo químico y biológico de los suelos, en los grupos de control en ambas parcelas.

Fecha: 12 al 13 – 01 - 2018. Primera fertilización.

Fecha: 14 al 18- 04 - 2018. segundo muestreo químico y biológico de los suelos, de los tratamientos en ambas parcelas.

Fecha: 22 al 23 -04 - 2018. Segunda fertilización.

Fecha: 22 al 27- 07 -2018. Segundo muestreo químico y biológico de los suelos, de los tratamientos en ambas parcelas.

a) Muestreo de suelo para identificar cadmio disponible, el tipo de muestreo aleatorio

1. Limpié la cobertura vegetal y raspé la superficie del suelo, aproximadamente a una profundidad de un centímetro.

2. Excavé un hueco en forma de "V" del ancho de la pala hasta una profundidad de 15 centímetros. En seguida se corte una tajada de suelo de 2 a 3 cm de gruesa en la pared del hueco.

3. Corté con machete y tomé una franja de 3 cm de ancho en el centro de la tajada y colóquela en el balde.

4. Repitió esta operación en 6 a 8 lugares del área delimitada para la toma de submuestras con la finalidad de obtener la muestra final.

5. Posteriormente, se quebró los terrones y mezcló bien el suelo extraído. Saque la cantidad adecuada del balde para llenar la bolsa plástica e identifique la muestra con la siguiente especificación: identificación del propietario de la parcela y fecha de muestreo Zárate (2014).

b) El muestreo de la macro fauna edáfica, se desarrolló el método Programa Tropical Soil Biology and Fertility (TSBF), así el muestreo de la macro fauna se realizó en las mañanas donde tienen mayor actividad en el suelo. Se siguió los siguientes pasos:

1. Se trazó cuadrantes en el suelo de 25 x 25 cm con una profundidad de 20 cm, con el distanciamiento entre cuadrantes de 5 m pero no más de 20 m, el muestreo completamente aleatorizado para un total 10 monolitos por repetición.

2. Se extrajo por cuadrante el contenido de suelo y se lo depositó en mantas de polietileno, posteriormente se rompió los terrones para su recolección de todos los organismos visibles, utilizando pinceles y pinzas pequeñas.

3. Después de recolectar todos los organismos, se situó la macro fauna extraída en frascos de vidrio y plástico con tapas, que contengan formaldehído al 37% para conservar las lombrices de tierra y alcohol etílico al 90% para preservar el resto de los organismos; teniendo cuidado que cada frasco tenga una cantidad suficiente que cubra los organismos recolectados. Se rotuló cada frasco indicando el número de parcela estudiado y la fecha recolectada.

4. Finalmente realice la separación y conteo de la macrofauna en el laboratorio. El análisis se contempló la suma de los cuadrantes por parcela estudiada. Se siguió los siguientes pasos Anderson y Ingram (2012).

### **3.2.2.3. Fase de laboratorio:**

#### a) Cronología de laboratorio.

Fecha: 11 - 01 - 2018. Primera Análisis químico para la obtención de cadmio disponible en los grupos de control.

Fecha: 21-01 - 2018. Primera clasificación e identificación de la macro fauna en los grupos de control.

Fecha: 19 – 04 - 2018. Segunda Análisis químico para la obtención de cadmio disponible de los tratamientos.

Fecha: 24 al 26 - 04-2018. Segunda clasificación e identificación de la macro fauna de los tratamientos.

Fecha: 02 – 07 - 2018. Tercer análisis químico para la obtención de cadmio disponible de los tratamientos.

Fecha: 04 al 09 – 07 - 2018. Tercer clasificación e identificación de la macro fauna de los tratamientos.

Fecha: 13 al 17-08-2018. segundo muestreo químico y biológico de los suelos, de los tratamientos en ambos cultivos.

Fecha: 19-08-2018. tercera Análisis químico para la obtención de cadmio disponible de los tratamientos.

Fecha: 20 al 22- 08-2018. clasificación e identificación de la macro fauna de los tratamientos.

#### b) Determinación de cadmio disponible.

Análisis de suelos, las muestras 1 kg que fue enviado al laboratorio de análisis de suelos para su respectivo análisis, cuyo método de análisis de Extractante EDTA 0.05M pH 7.

- 1.-Secado y tamizado en malla de 2 mm la muestra de suelo.
- 2.- Peso 5 g de suelo y colocarlos en contenedor de plásticos con tapa con una capacidad de 60 ml.
- 3.- Agrego 50 ml de ácido nítrico 4 molar (260 ml/litro) en los contenedores de plástico.
- 4.- Coloco en baño maría a 12 horas a 70 °C.
- 5.-Sacado del baño maría y dejarlo a temperatura ambiente.
- 6.-Agitar por una hora en placa.
- 7.-Filtró y colectó el filtrado.
- 8.-Analizó el residuo filtrado en absorción atómica (Soil testing and Plant Analysis (en línea) , 1990).

c) Clasificación, identificación y registro de la macro fauna.

- 1.-. Clasificó organismo que superar el 1 cm de largo.
- 2.- El montaje del organismo se hizo en papel bond color blanco con las antenas y patas de los individuos extendidas de manera adecuada
- 3.- Cuando los especímenes eran grandes se montaron con alfileres entomológicos, teniendo en cuenta, no dañar o romper partes.
- 4.- Se utilizó la guía entomológica y microscopio para la identificación a nivel taxonómica de familia.

5.-Los datos se almacenaron en una plantilla Excel.

Determinación de índices diversidad de Simpson, las especies identificadas fueron clasificadas en unidades taxonómicas, según el caso y la macro fauna se clasifico hasta el nivel taxonómico de familia.

#### **3.2.2.4. Fase de gabinete**

Se organizó los datos obtenidos en el laboratorio, fueron procesados, evaluados y comparados. Se utilizó el programa SPSS Statisticsy análisis estadístico de ANVA, Pruebas post hoc =DUNCAN ALPHA (0.05) y prueba de T Studen.

La determinación de la diversidad se utilizó índice diversidad de Simpson (SiD), el cual mide la probabilidad de que dos individuos seleccionados al azar de una muestra pertenezcan a la misma especie (categoría), el rango oscila de 0 a 1, mientras más se acerca a 1 tendrá un ecosistema edafico homogéneo o equilibrado:

$$SiD = 1 - \sum pi = 1 - Dsi$$

Donde:

$\sum$  = suma de todas especies

$pi$  = abundancia proporcional de la iésima especie  $Dsi$

$ni$ : Número de individuos de las especies  $i$

$N$ : Número total de individuos de todas las especies Sataloff et al, (2012).

#### **3.2.2.5. Nivel de investigación.**

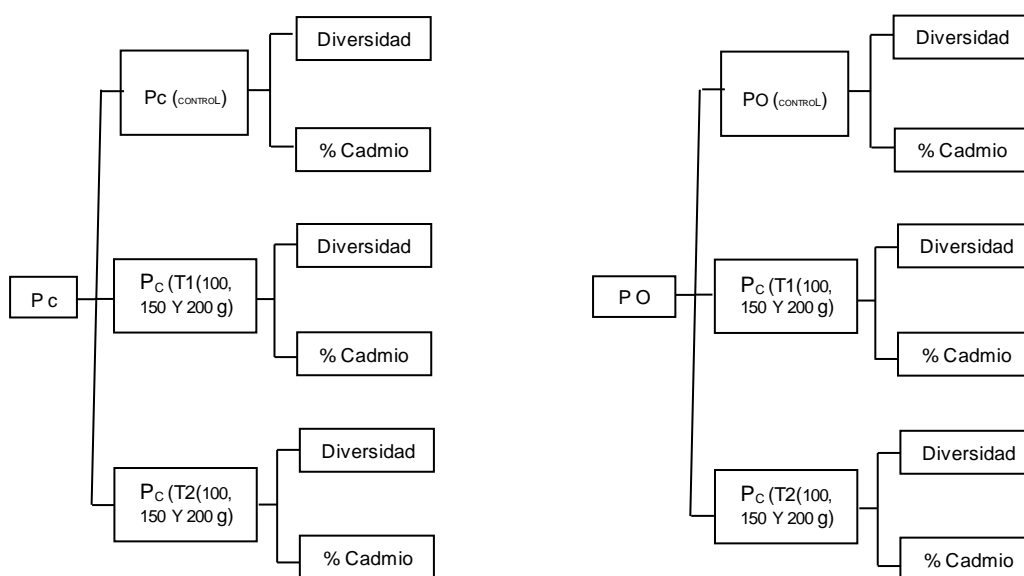
El estudio presenta el nivel explicativo donde se planteó la relación de causalidad entre el cadmio presente en la roca fosfórica sobre la macro fauna edáfica en los cultivos de cacao convencional y orgánico.

### 3.2.2.6. Tipo de investigación.

Esta investigación cuantitativa se recopiló muestra de suelos y de macro fauna edáfica en los cultivos de cacao que posteriormente se analizó e identificó respectivamente. Se utilizó la herramienta SPSS con el propósito de cuantificar el problema.

### 3.2.2.7. Diseño de investigación.

En la investigación se ejecutó el diseño completo al azar con 6 tratamientos cada una con 3 repeticiones, para lo cual se utilizó 2 parcela cuya superficie fue de 35,000 m<sup>2</sup> cultivo convencional y 10,000 m<sup>2</sup> cultivo orgánico, dicha superficie se eliminaron 15 m alrededor del perímetro evitando posibles efectos erróneos en el muestreo



**Figura 3.** Esquema de diseño completo al azar (DCA AFFA, 2021).

Leyenda:

[Pc]: parcela Convencional, [Po]: parcela Orgánica; [Pc( T1(100,1500, 200 )): sub muestras de la parcela convencional por tratamiento a 3 meses, [Po( T1(100,1500, 200 )): sub muestras de la parcela orgánico por tratamiento a 3 meses; [Pc( T2(100,1500, 200 )): sub muestras de la parcela convencional por tratamiento a 6 meses, [Po( T1(100,1500, 200 )): sub muestras de la parcela orgánico por tratamiento a 6 meses; [Diversidad]: Índice diversidad de macrofauna; [% cadmio]: Concentración de Cadmio disponible en el suelo.

### 3.2.2.8. Variables de investigación.

#### a. Variables dependientes

Referido a aquellas características que sufren alteraciones por efecto de las variables independientes. Para el presente estudio las variables dependientes corresponden a:

- Diversidad (índices diversidad de Simpson).
- Concentración de cadmio (ppm).

#### b. Variables independientes

Referido a aquellos factores cuya modificación origina la alteración de las variables dependientes. Para el presente estudio las variables independientes corresponden a:

- Roca Fosfórica (cadmio)

### 3.2.2.9. Análisis de varianza.

Se distribuyó las variables estadísticas de acuerdo al diseño descriptivo para un modelo estadístico completamente al azar (DCA) con tres repeticiones, utilizando el programa SPSS, para un nivel de significación del 5%.

**Tabla 5.** Análisis de Variancia (ANVA)

<b>Fuente de variación</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Signif</b>
Tratamientos	t – 1	ST- e	SCtrat/GLtrat	CMtrat/CMe	Fc > Ft
Error	t(r-1)	SCT-SCtrat	SCerror/GLe		
TOTAL	t.r-1				

Se utilizó la Prueba de rangos múltiples de Duncan: La prueba de Duncan ajusta la diferencia crítica considerando si los dos promedios que se comparan son adyacentes o sí por el contrario existe uno o más medias entre las medias que se están comparando.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSION

### 4.1. Determinar la concentración de cadmio disponible en el suelo en cultivos de cacao (orgánico y convencional), antes y después de fertilizar.

En la tabla 6: se observa el análisis con dos aplicaciones de roca fosfórica a dos tipos de cultivo, donde se determinó que existe diferencias estadísticas altamente significativas entre las dosis de roca fosfórica. Asimismo, el valor del coeficiente variabilidad del grupo control del cultivo orgánico de fue igual 173.21%.

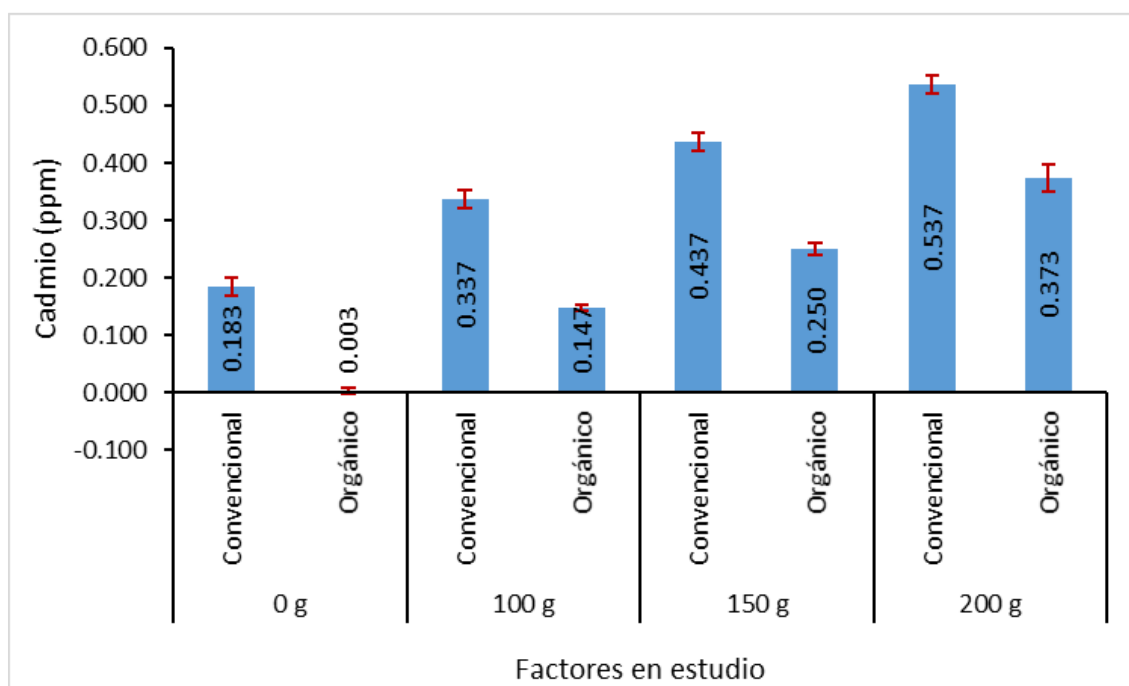
**Tabla 6.** Prueba t para la concentración de cadmio en dos tipos de cultivo de cacao por efecto de las dosis de roca fosfórica.

RF (g)	Sistema	N	Media	DE	CV (%)	t	GL	p-valor
0	Convencional	3	0.187	0.02	8.77	18.255	4	<0.001**
	Orgánico	3	0.003	0.01	173.21			
100	Convencional	3	0.337	0.02	4.54	20.153	4	<0.001**
	Orgánico	3	0.147	0.01	3.94			
150	Convencional	3	0.437	0.02	3.50	17.709	4	<0.001**
	Orgánico	3	0.250	0.01	4.00			
200	Convencional	3	0.537	0.02	2.85	10.217	4	<0.001**
	Orgánico	3	0.373	0.02	6.19			

\*: Diferencias estadísticas significativas (99%); RF: Roca fosfórica; DE: Desviación estándar; CV: Coeficiente de variación; t: estadístico de prueba; GL: grados de libertad.

De acuerdo a la figura 3:

- El contenido de cadmio disponible del suelo del cultivo convencional sin roca fosfórica fue (0.183 ppm) mayor en comparación al contenido de cadmio disponible del suelo del cultivo orgánico sin roca fosfórica (0.003 ppm).
- La media de cadmio disponible del suelo de cultivo convencional con dos aplicaciones, de 200 g de roca fosfórica fue mayor en comparación al contenido de cadmio disponible por efecto de dos aplicaciones de 150 y 100 g de roca fosfórica a dos tipos de cultivo, excepto el de 200 g del cultivo convencional.
- El promedio del contenido de cadmio disponible en los suelos de todos los tratamientos en estudio fue mayor a los contenidos de cadmio disponible de los dos testigos.
- Asimismo, el contenido de cadmio disponible del suelo por efecto con dos aplicaciones de 150 g de roca fosfórica del cultivo convencional fue (0.437) mayor en comparación al contenido de cadmio disponible por efecto con dos aplicaciones de 200 g de roca fosfórica del cultivo orgánico (0.373)



**Figura 3.** Concentración de cadmio en dos tipos de cultivos de cacao por efectos de las dosis de roca fosfórica (AFFA Tab, 2021)

#### 4.1.1. Concentración de cadmio disponible antes de fertilizar.

Según Huamaní et al, (2012) determinó la presencia de cadmio disponible en 22 suelos de cultivos en cacao orgánico que correspondiente a las regiones de Huánuco y Ucayali, encontrando la media 0.53 ppm; por otra parte Mite et al, (2010) muestra concentraciones de cadmio en los suelos dedicados a los cultivos de cacao cuyos resultados oscila entre 0.88 ppm a 0.22 ppm; En la investigación se obtuvo valores antes de fertilizar 0.003 ppm y 0.183 ppm (tabla 6) por lo tanto resulta cierto encontrar de cadmio disponible en el suelo en cultivos de cacao (orgánico y convencional) de manera natural o antropogénico.

#### 4.1.2. Concentración de cadmio disponible después de fertilizar.

Tolentino (2020), evaluó la presencia de cadmio disponible en suelos de cacao antes y después, empleo la roca fosfórica como contaminante de suelos, manifestó el incremento de cadmio disponible después de fertilizar, a mayor cantidad de fertilización con roca fosfórica se incrementa el cadmio disponible en los suelos de cultivo de cacao. En la investigación después de la segunda fertilizada se obtuvo la mayor concentración de cadmio disponible (0.537 ppm) que corresponde al cultivo convencional de 200 g (tabla 6), el cual se confirma la concentración de cadmio disponible en el suelo en cultivos de cacao, aumenta debido a la prolongada fertilización con la roca fosfórica. El criterio señalado para establecer si una superficie agrícola muestra contaminación por metales pesados está sustentado en el contenido total de metales pesados en este caso para el cadmio total es 1.4 ppm MINAM (2013); Reyes y María (2004), manifiesta que el cadmio disponible representa el 33% del cadmio total en los cultivos de cacao; En base a estas referencias se puede considerar que los suelos como niveles máximos permitidos de cadmio disponible 0,46 ppm. De las 14 muestras analizadas, solo una de ellas se tuvo el contenido que sobrepasa los niveles de cadmio disponible (0.537 ppm) mientras que los 13 restantes no superaron nivel permitido.

#### 4.2. Determinar la concentración de cadmio disponible en roca fosfórica.

En resultado del análisis químico muestra alto contenido de cadmio disponible en la roca fosfórica cuya fuente de yacimiento es Foyeiski.

PRODUCE (2017), describe las características de composición de roca fosfórica de la fuente de yacimiento de roca fosfórica en el Perú perteneciente a la empresa Fosyeiki, uno de los componentes es el cadmio, en el cual presenta concentración aproximada de 12 ppm. En esta investigación se determinó la concentración de cadmio disponible en la roca fosfórica siendo 24.47 ppm, lo se confirma niveles alto de cadmio disponible. Por otro lado las concentraciones de cadmio difieren por la fuente y composición del yacimiento Bonomelli et al, (2003); asimismo se distingue en gran medida las concentraciones en esta investigación en el cual refiere Produce. Se puede señalar actualmente la inexistencia de ley sobre la roca fosfórica y su aplicación directa existiendo preocupación por la acumulación, que pudiera dar lugar a la pérdida de la diversidad edáfica en los cultivos cacao.

**Tabla 7.** Resultado del análisis químico de la Roca fosfórica presente en el cadmio disponible.

<b>Tipo</b>	<b>cadmio (ppm)</b>	<b>cadmio (%)</b>
Roca fosfórica	24,47	0,0024

Fuente: Análisis químico de cadmio de fertilizante RF (Análisis químico, 2019)

#### 4.3. Determinar el índice de diversidad de Simpson en cultivos de cacao.

En la tabla 8 se observa que el cultivo convencional presenta mayor índice de diversidad Simpson 0,6845 con respecto al cultivo orgánico que fue 0,6106, esto se debe que registra la mayor taxonomía de macro fauna edáfica con 14 familias, en comparación de 13 familias identificada en el cultivo convencional. También se aprecia que las familias más abundantes en primer lugar fue Lumbricidae, en suelo orgánico se encontró 304.0 individuos mayor que el convencional que registra 145.8; en segundo

lugar, para la familia Formicidae, en suelo orgánico se encontró 142.2 individuos mayor que el convencional que registra 90.7; en tercer lugar, para la familia Isóptera, en suelo orgánico se encontró 62.2 individuos mayor que el convencional que registra 37.3.

De acuerdo a los datos obtenidos (tabla 8) se observa menor índice diversidad de Simpson (0,6106) del cultivo orgánico mientras el convencional obtuvo (0,6845), debido a que la índice diversidad de Simpson tiene en cuenta la riqueza familiar y que tan uniforme se encuentran distribuidas las familias. También registra mayor índice diversidad de Simpson taxonómica edáfica con 14 familias en comparación con el convencional con 13 familias; Noguera et al, (2017) manifiesta que el sistema agroecológico registró el mayor índice diversidad de Simpson taxonómica de la macrofauna edáfica, con respecto convencional, lo cual se niega que los sistema menos alterado hay mayor índice diversidad de Simpson. Asimismo los resultados revelaron para ambos cultivos predomina la familia Lumbricidae, segundo lugar Formicidae y tercero la Isóptera en cuanto cantidad de familias agrupadas; como afirma Carmen et al , (2020) que los cultivo convencional y silvopastoreal ,existen tres familias (Lumbricidae, Formicidae y termitas) con notables diferencias de cantidad individuos por familias con respeto a la especies ocasionales; debido a que estas especies son comunes en zonas tropicales tal como manifiesta Cabrera y Crespo (2001), esa familias pueden ser suficiente para indicar el estados ecológicos de los suelos.

**Tabla 8.** Resultados de la diversidad de Simpson, antes de la aplicación de roca fosfórica para ambos cultivos.

<b>Familia</b>	<b>Convencional</b>	<b>Orgánico</b>
Lumbricidae	145,8	304,0
Armadillidae	0,0	5,3
Blattidae	3,6	1,8
Cryptocercidae	3,6	5,3
Siricoidea	1,8	3,6
Formicidae	90,7	142,2
Scarabaeidae	12,4	8,9

Elateridae	7,1	0,0
Dytiscidae	3,6	1,8
Chrysomelidae	3,6	7,1
Staphylinidae	1,8	3,6
Gryllotalpidae	3,6	1,8
Isóptera	37,3	62,2
Julidae	1,8	1,8
Caponiidae	0,0	1,8
Diversidad Simpson	0,6845	0,6106

Fuente: Elaboración propia (2021).

Según la tabla 9. El Índice diversidad de Simpson del cultivo orgánico con 150 g de tratamiento fue (0.6046) menor en comparación que las índices diversidades de Simpson de los demás tratamientos en estudio según la figura 4, también se observa la índice diversidad de Simpson del cultivo orgánico es menor en los tres tratamientos en comparación con el cultivo convencional para los tres tratamientos. Para los dos cultivos con 100 g tratamientos se identificó 14 familias; mientras para 150 g de tratamiento de los dos cultivos se encontró 11 familias; finalmente para 200 g de tratamiento para el cultivo orgánico se identificó 1 familia más en comparación de cultivo convencional que fue 13.

**Tabla 9.** Resultados de la diversidad de Simpson por efecto de los niveles de roca fosfórica a los tres meses en los cultivos.

Familia	100 g RF		150 g RF		200 g RF	
	Convencion al	Orgánic o	Convencion al	Orgánic o	Convencion al	Orgánic o
Lumbricidae	142,2	250,7	119,1	264,9	101,3	232,9
Armadillidae	1,8	7,1	0,0	0,0	0,0	3,6

Blattidae	1,8	0,0	1,8	1,8	7,1	0,0
Cryptocercidae	5,3	8,9	0,0	5,3	3,6	5,3
Siricoidea	1,8	5,3	1,8	1,8	1,8	3,6
Formicidae	80,0	129,8	92,4	122,7	69,3	119,1
Scarabaeidae	5,3	7,1	7,1	8,9	10,7	12,4
Elateridae	5,3	5,3	1,8	1,8	0,0	1,8
Dytiscidae	5,3	3,6	1,8	1,8	8,9	5,3
Chrysomelidae	5,3	8,9	0,0	3,6	1,8	3,6
Staphylinidae	1,8	7,1	1,8	1,8	3,6	3,6
Gryllotalpidae	5,3	1,8	3,6	0,0	5,3	1,8
Isóptera	33,8	78,2	42,7	64,0	48,0	72,9
Julidae	3,6	3,6	1,8	0,0	5,3	7,1
Caponiidae	0,0	3,6	0,0	0,0	7,1	1,8
Diversidad Simpson	0,6889	0,6777	0,6745	0,6046	0,7516	0,6664

Fuente: Elaboración propia (2021).

En la tabla 10, la índice diversidad de Simpson del cultivo convencional de 200 g de tratamiento fue (0.7516) mayor con respecto a los 5 tratamiento. También se aprecia que las familias Lumbricidae, en suelo orgánico con 100 g de tratamiento que registra 238.2 individuos mayor en comparación con 200 g de tratamiento del mismo cultivo que registra 60.4 individuos; asimismo para el cultivo convencional con 100 g de tratamiento registra 96.0 mayor en comparación con 200 g de tratamiento que registra 26.7. Se aprecia que las familias Formicidae, en suelo orgánico con 100 g de tratamiento que registra 106.7 individuos mayor en comparación con 200 g de tratamiento del mismo cultivo que registra 56.9 individuos; asimismo para el cultivo convencional con 100 g de tratamiento registra 71.1 mayor en comparación con 200 g de tratamiento que registra 33.8. Finalmente, que las familias Isóptera, en suelo orgánico con 100 g de tratamiento

que registra 62.2 individuos mayor en comparación con 200 g de tratamiento del mismo cultivo que registra 58.7 individuos; asimismo para el cultivo convencional con 100 g de tratamiento registra 42.7 mayor en comparación con 200 g de tratamiento que registra 40.9, en caso se observa leve disminución de individuos.

La (tabla 10) revela a los 6 meses de la segunda aplicación de roca fosfórica en el cultivo convencional presentan mayor índice diversidad de Simpson en comparación al cultivo orgánico con las dosis de 100 g y 150 g. Por otra parte indica mayor (0.7160) índice diversidad de Simpson para el cultivo orgánico en dosis 200 g con respecto al cultivo convencional (0.6995), corroborado por Meneses y Reina (2015) donde afirma que los cultivo convencional presenta menos diversidad de Simpson con respecto al cultivo silvopastoril; debido a que los números de familias evaluadas disminuye significativamente a 6 para el cultivo convencional según el tabla 10, teniendo relación con lo mencionado por Soares et al, (2000) en el cual menciona que el índice diversidad de Simpson está influenciado por la cantidad de familia dominantes; esta variación de la riqueza taxonómica se debe al alto contenido de cadmio disponible en el cultivo convencional en dosis de 200 g (0.537 ppm).

**Tabla 10.** Resultados de la diversidad de Simpson, después de la segunda aplicación de roca fosfórica para el cultivo de convencional y orgánico.

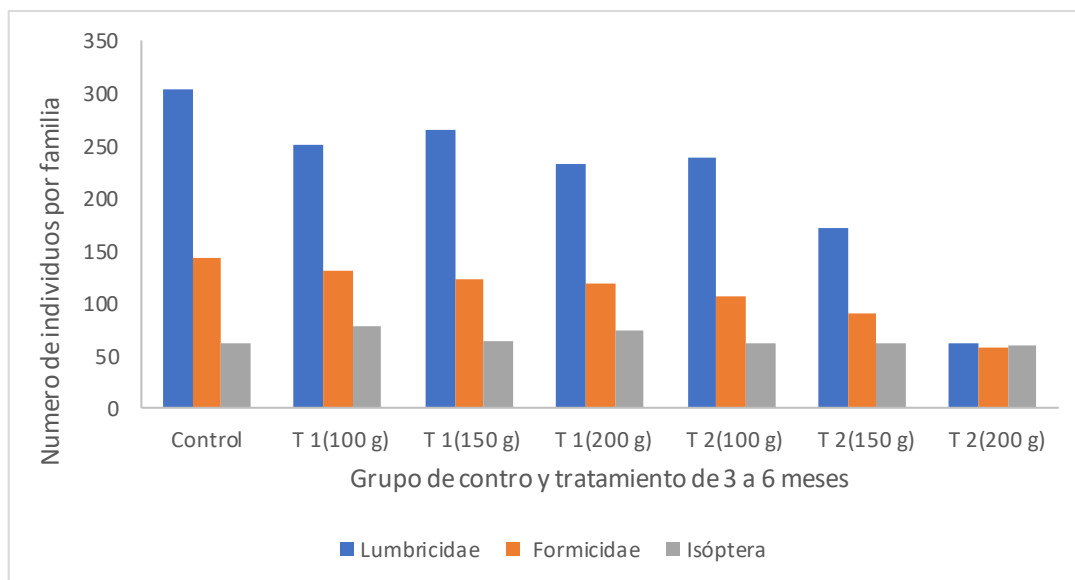
Familia	100 g RF		150 g RF		200 g RF	
	Convencion al	Orgánic o	Convencion al	Orgánic o	Convencion al	Orgánic o
Lumbricidae	96,0	238,2	67,6	170,7	26,7	60,4
Armadillidae	7,1	5,3	1,8	3,6	0,0	3,6
Blattidae	3,6	1,8	0,0	1,8	1,8	1,8

Cryptocercid ae	3,6	3,6	5,3	1,8	0,0	3,6
Siricoidea	1,8	1,8	0,0	1,8	0,0	3,6
Formicidae	71,1	106,7	51,6	90,7	33,8	56,9
carabaeidae	5,3	1,8	3,6	7,1	3,6	3,6
Elateridae	8,9	5,3	3,6	3,6	0,0	0,0
Dytiscidae	3,6	7,1	0,0	3,6	0,0	1,8
Chrysomelida e	5,3	1,8	0,0	0,0	0,0	0,0
Staphylinidae	1,8	0,0	1,8	1,8	0,0	1,8
Gryllotalpida e	3,6	3,6	1,8	0,0	0,0	0,0
Isóptera	42,7	62,2	33,8	60,4	40,9	58,7
Julidae	7,1	3,6	3,6	7,1	3,6	1,8
Caponiidae	1,8	1,8	1,8	8,9	0,0	0,0
Diversidad Simpson	0,7516	0,6290	0,7108	0,6861	0,6995	0,7160

Fuente: Elaboración propia (2021).

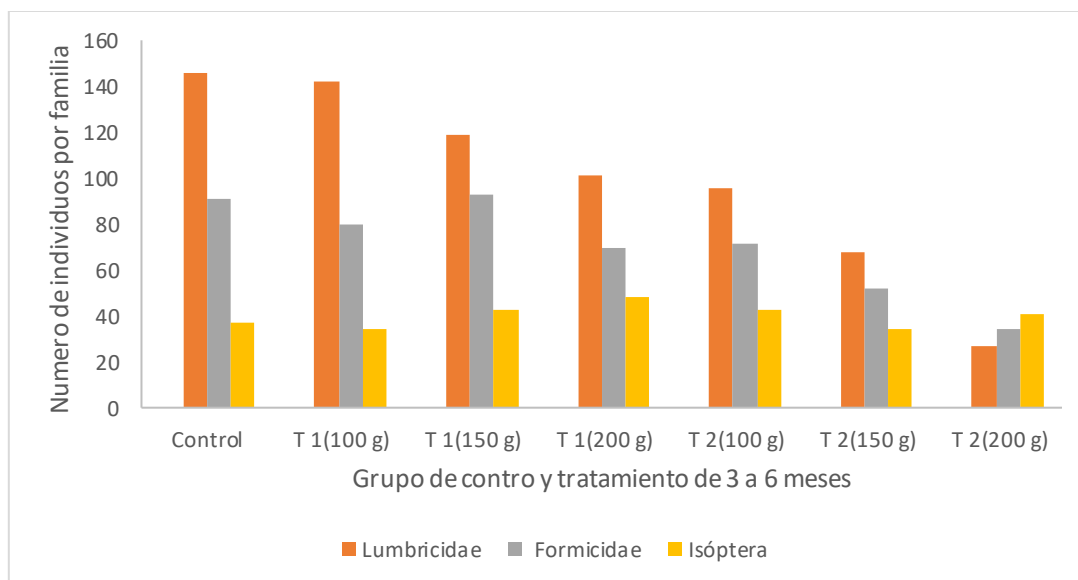
Se observa en la tabla 6 el número de población de la familia Lumbricidae fue 145.8 y 304.0 (convencional y orgánico) y en la tabla 10 para dosis de 200 g en ambos cultivos contiene 26.7 y 60.4 (convencional y orgánico), y al comparar se revela la disminución notoria de la población Lumbricidae, se puede atribuir a la disponibilidad de cadmio disponible en el suelo. Bonomelli et al, (2003) manifiesta el comportamiento del cadmio incorporado al suelo está en función del tipo de reacción química, física y biológica, en este sentido, Ballesta (2017), afirma el cadmio no ejerce función biológica. Por otra parte, Ojeda et al, (2019) señala las lombrices acumulan una

gran cantidad de metales pesados en su tejido, en este sentido, León et al, (2018) confirma deterioro ocasionado por los radicales libres (teoría del estrés oxidativo), muestran toxicidad en las biomoléculas imposibilitando su correcto funcionamiento. Por lo que podemos decir que la prolongada fertilización con roca fosfórica ocasiona estrés a la comparación con el tratamiento control.



**Figura 4.** Familia dominante del cultivo convencional ( AFFA 1 , 2021)

Bonomelli et al, (2003) manifiesta el comportamiento del cadmio incorporado al suelo está en función del tipo de reacción química, física y biológica, en este sentido Abanto (2018), afirma el cadmio no desempeñan ninguna función biológica. Por otra parte Oliveira (2010), concluye que la familia Formicidae acumula alto contenido de cadmio, debido a su comportamiento que realiza los trabajo en los nichos y durante la búsqueda de alimentos, en este sentido según Agosti et al , (2000) manifiesta que la hormigas responder al estrés ambiental. Se observa en la tabla 6 el número de población de la familia Formicidae 90.7 y 142.2 (convencional y orgánico) y la tabla 10 para dosis de 200 g en ambos cultivos contiene 33.8 y 56.9 (convencional y orgánico), y al comparar se nuestra la disminución notoria de la población, se puede atribuir a la disponibilidad de cadmio disponible en el suelo; Como consecuencia se produce de disminución de la población de hormigas.



**Figura 5.** Familia dominante del cultivo orgánico (AFFA 1, 2021)

Se observa en la tabla 6 que el número de población de la familia Isóptera 37.3 y 62.2 (convencional y orgánico) y en la tabla 10 para dosis de 200 g en ambos cultivos contiene 40.9 y 58.7 (convencional y orgánico), donde presentó el mayor contenido de cadmio disponible de los suelos evaluados y al comparar se demuestra poca variación en la población, corroborado, Huauya y Huamaní (2014) lo que implica considerar que los invertebrados no presenta problemas de toxicidad conforme se incrementa el contenido de cadmio del suelo. De este modo, la mayor presencia de cadmio no afecta con mucha toxicidad.

#### **4.4. Efecto de la concentración de cadmio en la diversidad de macro fauna edáfica en cultivos de cacao.**

##### **4.4.1. Efecto de la dosis de roca fosfórica sobre la diversidad en cada sistema**

Los resultados obtenidos en el análisis de varianza del índice de diversidad de Simpson nos muestran que existe diferencia estadística significativa el 99% entre los tratamientos, al menos uno de los tratamientos es diferente a los demás.

**Tabla 11.** ANVA para la diversidad de macrofauna por efecto de las dosis de roca fosfórica en un cacaotal convencional a tres meses de su aplicación.

<b>Fuente de variación</b>	<b>SC</b>	<b>GL</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>p-valor</b>
Roca fosfórica	0.013	3	0.004	7.061	0.012*
Error experimental	0.005	8	0.001		
<b>Total</b>	<b>0.018</b>	<b>11</b>			

\*: Diferencias estadísticas significativas (95%).

De acuerdo con la prueba de Dunca ( $\alpha=0.05$ ), se observa que (tabla 12):

El índice de diversidad de Simpson con dosis de 200 g fue estadísticamente diferente en comparación con los tratamientos de 100 g, 150 g y control.

**Tabla 12.** Prueba Duncan para la diversidad Simpson por efecto de las dosis de roca fosfórica en un cacaotal convencional a tres meses de su aplicación.

<b>Dosis de RF</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Subconjunto</b>
200	3	0.76	A
0	3	0.68	B
100	3	0.69	B
150	3	0.67	B

Letras diferentes demuestran diferencias estadísticas significativas.

Los resultados obtenidos en el análisis de varianza del índice de diversidad de Simpson, nos muestra que existe diferencia estadística significativa el 99% entre los tratamientos, al menos uno de los tratamientos es diferente a los demás.

**Tabla 13.** ANVA para la diversidad de macrofauna por efecto de las dosis de roca fosfórica en un cacaotal orgánico a tres meses de su aplicación.

<b>Fuente de variación</b>	<b>SC</b>	<b>GL</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>p-valor</b>
Roca fosfórica	0.010	3	0.003	9.144	0.006**
Error experimental	0.003	8	0.000		
Total	0.013	11			

\*\* : Diferencias estadísticas significativas (99%).

De acuerdo con la prueba de Dunca ( $\alpha=0.05$ ), se observa que (tabla 14):

El índice de diversidad de Simpson con dosis de 100 g fue estadísticamente diferente en comparación con los tratamientos de 150 g y 200 g y control.

**Tabla 14.** Prueba Duncan para la diversidad de macrofauna por efecto de las dosis de roca fosfórica en un cacaotal orgánico a tres meses de su aplicación.

<b>Dosis de RF</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Subconjunto</b>
100	3	0.68	A
200	3	0.63	B
0	3	0.61	B
150	3	0.60	B

Letras diferentes demuestran diferencias estadísticas significativas.

Los resultados obtenidos en el análisis de varianza del índice de diversidad de Simpson, nos muestra que no existe diferencia estadística significativa al 95% entre los tratamientos.

**Tabla 15.** ANVA para la diversidad de macrofauna por efecto de las dosis de roca fosfórica en un cacaotal convencional a seis meses de su aplicación.

<b>Fuente de variación</b>	<b>SC</b>	<b>GL</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>p-valor</b>
Roca fosfórica	0.007	3	0.002	0.806	0.525 <sup>ns</sup>
Error experimental	0.025	8	0.003		
Total	0.032	11			

ns: No existe diferencias estadísticas significativas (95%).

De acuerdo con la prueba de Dunca ( $\alpha=0.05$ ), se observa que (tabla 16):

El índice de diversidad de Simpson no existe diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos y el control.

**Tabla 16.** Prueba Duncan para la diversidad de macrofauna por efecto de las dosis de roca fosfórica en un cacaotal convencional a seis meses de su aplicación.

<b>Dosis de RF</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Subconjunto</b>
100	3	0.75	A
150	3	0.71	A
200	3	0.70	A
0	3	0.68	A

Letras diferentes demuestran diferencias estadísticas significativas.

Los resultados obtenidos en el análisis de varianza del índice de diversidad de Simpson, nos muestra que existe diferencia estadística altamente significativa el 99% entre los tratamientos, al menos uno de los tratamientos es diferente a los demás.

**Tabla 17.** ANVA para la diversidad de macrofauna por efecto de las dosis de roca fosfórica en un cacaotal orgánico a seis meses de su aplicación.

<b>Fuente de variación</b>	<b>SC</b>	<b>GL</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>p-valor</b>
Roca fosfórica	0.022	3	0.007	17.874	0.001**
Error experimental	0.003	8	0.000		
<b>Total</b>	<b>0.025</b>	<b>11</b>			

\*: Diferencias estadísticas significativas (99%).

De acuerdo con la prueba de Dunca ( $\alpha=0.05$ ), se observa que (tabla 18):

La índice diversidad de Simpson de las dosis de 200 g y 150 g no existe diferencia estadísticamente significativa; sin embargo, ambos índices de diversidad de Simpson fueron estadísticamente mayores en comparación al índice de diversidad de Simpson con las dosis de 100 g y testigo.

**Tabla 18.** Prueba Duncan para la diversidad de macrofauna por efecto de las dosis de roca fosfórica en un cacaotal orgánico a seis meses de su aplicación.

<b>Dosis de RF</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Subconjunto</b>
200	3	0.72	A
150	3	0.69	A
100	3	0.63	B
0	3	0.61	B

Letras diferentes demuestran diferencias estadísticas significativas.

#### **4.4.2. Efecto de los sistemas sobre la diversidad en base a cada dosis de roca fosfórica.**

- Existen diferencias estadísticas altamente significativas entre los tratamientos en estudio; es decir, que al menos un tratamiento en estudio obtuvo resultados

diferentes que los demás tratamientos para la índice diversidad de Simpson, es decir se rechaza la hipótesis nula y se acepta la altera.

- No existen diferencias estadísticas significativas al 95% a los 3 meses con dosis de 100 g.
- Existen diferencias estadísticas significativas al 95% a los 3 meses con dosis de 150 g.
- Existen diferencias estadísticas significativas al 99% a los 3 meses con dosis de 200 g.
- No existen diferencias estadísticas significativas entre las dosis de roca fosfórica a los 6 meses.

**Tabla 19.** Prueba t para la diversidad de macrofauna edáfica en dos tipos de cultivo de cacao por efecto de las dosis de roca fosfórica.

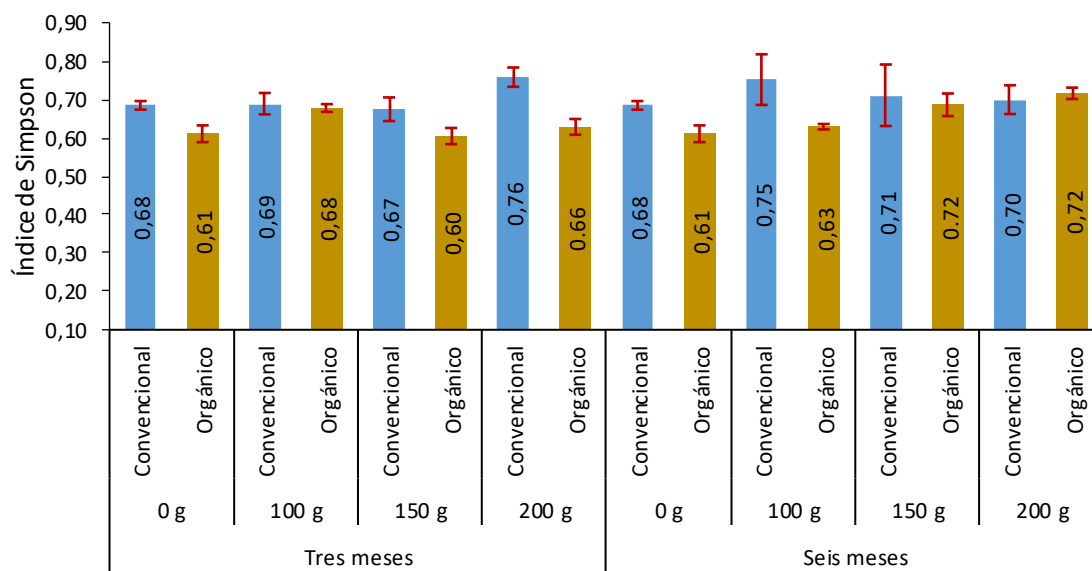
Mes	Dosis RF	Cultivo	N	Media	DE	CV (%)	t	GL	p-valor
3	0 g	Co	3	0.68	0.01	1.64	5.22	4	0.006**
		Or	3	0.61	0.02	3.58			
	100 g	Co	3	0.69	0.03	4.05	0.65	4	0.551 <sup>ns</sup>
		Or	3	0.68	0.01	1.48			
	150 g	Co	3	0.67	0.03	4.56	3.25	4	0.031*
		Or	3	0.60	0.02	3.49			
200 g	Co	3	0.76	0.03	3.32	6.91	4	0.002**	
	Or	3	0.63	0.02	3.27				
6	0 g	Co	3	0.68	0.01	1.64	5.22	4	0.006**
		Or	3	0.61	0.02	3.58			
	100 g	Co	3	0.75	0.07	8.78	3.20	2	0.083 <sup>ns</sup>

	Or	3	0.63	0.01	1.13			
150 g	Co	3	0.71	0.08	11.27	0.50	4	0.642 <sup>ns</sup>
	Or	3	0.69	0.03	4.30			
200 g	Co	3	0.70	0.04	5.36	-0.71	4	0.517 <sup>ns</sup>
	Or	3	0.72	0.01	2.07			

\*\* : Diferencias estadísticas significativas (99%); \* : Diferencias estadísticas significativas (95%); ns: No presentan diferencias estadísticas significativas (95%); RF: Roca fosfórica; Cultivo: Or-Orgánico, Co-Convencional; DE: Desviación estándar; CV: Coeficiente de variación; t: estadístico de prueba; GL: grados de libertad.

Según la figura se observa la desviación estándar es elevada en la dosis de 100 g y 150 g con la segunda fertilizada del cultivo convencional fue 0.06601 y 0.08014 respectivamente. La desviación estándar es mínima en la dosis de 100 g de la segunda fertilizada del cultivo orgánico fue de 0.00411.

En esta investigación se evaluó el efecto del uso de roca fosfórica con cadmio disponible sobre la macrofauna edáfica en cultivos de cacao, donde se determinó que existen diferencias estadísticas altamente significativas entre los tratamientos en estudio; es decir, que al menos un tratamiento en estudio obtuvo resultados diferentes que los demás tratamientos para la índice diversidad de Simpson. Frente a lo mencionado se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna donde refiere que la macrofauna edáfica varía según la cantidad de roca fosfórica con cadmio disponible. Estos resultados son corroborados por Andrea et al, (2018) quien en su investigación llega a concluir que el cadmio disponible de los suelos influyo negativamente en la diversidad de macrofauna edáfica expresada con los índices diversidad de Simpson. En este sentido, bajo lo referido anteriormente y al analizar estos resultados confirmamos que mientras más cadmio disponible se encuentre en los suelos de los cultivos de cacao, causará cambios adversos en la índice diversidad de Simpson.



**Figura 6.** Diversidad de macrofauna edáfica en dos tipos de cultivo de cacao por efecto de las dosis de roca fosfórica( AFFA TB 1, 2021)

## V. CONCLUSIONES

1. Resultados confirmamos que mientras más cadmio disponible se encuentre en los suelos de los cultivos de cacao, causará cambios en la índice diversidad de Simpson.
2. Se incremento de concentración de cadmio disponible después de la primera y segunda fertilizada en los cultivos de cacao
3. El contenido de cadmio de roca fosfórica es de 24,47 ppm.
4. La roca fosfórica influye en la macrofauna del suelo del cultivo de cacao
5. La índice diversidad de Simpson para el cultivo convencional y orgánico se encuentra en los rangos de 0,60 a 0,76 significa que está en equilibrio.

## **VI. PROPUESTA A FUTURO**

1. Evaluar en que horizonte del suelo, se acumula el cadmio disponible a partir de 200 g de roca fosfórica.
2. Evaluar otras fuentes de fertilizantes que no tenga cadmio en su composición química.
3. Determinar el contenido de cadmio disponible en la macrofauna
4. Evaluar las fuentes inorgánicas residuales aplicadas a los suelos de cultivo de cacao que podrías haber influenciado negativamente sobre la índice diversidad de Simpson

## VII. REFERENCIAS

- Abanto, M. A. A. (2018). *UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA Presentada por.* 1–68.
- Agosti, D., Majer, D. J., Alonso, E. L., & Schultz, R. T. (2000). Applying the ALL Protocol Ants: standard methods for measuring and monitoring biodiversity. In *Ants: standard* .....  
<http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:ANTS+STANDARD+METHODS+FOR+MEASURING+AND+MONITORING+BIODIVERSITY#0%5Cnhttp://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:Ants+-+standard+methods+for+measuring+and+monitoring+biodivers>
- Andrea, D., Fernández, P., Andrea, D., & Fernández, P. (2018). *COMUNIDAD DE ARTRÓPODOS DE LA COMUNA DE PUCHUNCAVÍ ( REGIÓN DE VALPARAÍSO )*.
- Arancon and Edward. (2011). Tecnología de vermicultura. In *Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 53, Issue 9).
- Bonomelli, C., Bonilla, C., & Valenzuela, A. (2003). Efecto de la fertilización fosforada sobre el contenido de cadmio en cuatro suelos de Chile. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 38(10), 1179–1186. <https://doi.org/10.1590/s0100-204x2003001000007>
- Brown, G. G., Fragoso, C., Barois, I., Rojas, P., Patrón, J. C., Bueno, J., Moreno, A. G., Lavelle, P., Ordaz, V., Rodríguez, Y. C., Suelos, D. B. De, & Ecología, I. De. (2001). *Diversidad Y Rol Funcional De La Macrofauna En Los Ecosistemas Trop Mexicanos*.
- Cabrera, G., & Crespo, G. (2001). Influencia de la biota edáfica en la fertilidad de los suelos en ecosistemas de pastizale. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 35(1),3-
- Cabrera, Grisel. (2012). La macrofauna edáfica como indicador del estado de

- conservación/perturbación del suelo. *Pastos y Forrajes*, 35(4), 349–363.
- Carmen, C., Gustavo, B., Gutiérrez-bermúdez, C. C., & Mendieta-araica, B. G. (2020). *Composición trófica de la macrofauna edáfica en sistemas ganaderos en el Corredor Seco de Nicaragua*. 43.
- Da Silva, R., & Silvestre, R. (2004). Riqueza da fauna de formigas (Hymenoptera: Formicidae) que habita as camadas superficiais do solo em seara, santa catarina. *Papeis Avulsos de Zoologia*, 44(1), 1–11. <https://doi.org/10.1590/s0031-10492004000100001>
- FAO. (2007). Utilización de las rocas fosfóricas para una agricultura sostenible. In *Boletín FAO Fertilizantes y Nutrición Vegetal* (Vol. 13). <http://www.fao.org/3/a-y5053s.pdf>
- Huamaní, H., Huauya, M., Mansilla, M., Florida, N., & Neira, G. (2012). Presence of heavy metals in organic cacao (*Theobroma cacao* L.) crop. *Acta Agronómica*, 61(4), 339–344.
- Huauya, M., & Huamaní, H. (2014). Dialnet-MacrofaunaEdáficaYMetalesPesadosEnElCultivoDeCacao-4754850 (1). *The Biologist*.
- Jiménez ballesta, R. (2017). Introducción a la contaminación de suelos - JIMÉNEZ BALLESTA, RAIMUNDO - Google Libros. In R, *Jimenez Ballesta*. [https://books.google.com.mx/books?hl=es&lr=&id=iZg6DwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=Ballesta,+R.+J.+\(2017\).+Introducción+a+la+contaminación+de+suelos.+Mundi-Prensa+Libros.&ots=i4KvTl0x-s&sig=584zAQvYYGaBxz4rvd0DgaEgftM#v=onepage&q=Ballesta%2C R. J. \(2017\). Intro](https://books.google.com.mx/books?hl=es&lr=&id=iZg6DwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=Ballesta,+R.+J.+(2017).+Introducción+a+la+contaminación+de+suelos.+Mundi-Prensa+Libros.&ots=i4KvTl0x-s&sig=584zAQvYYGaBxz4rvd0DgaEgftM#v=onepage&q=Ballesta%2C R. J. (2017). Intro)
- León Regal, M., Cedeño Morales, R., Rivero Morey, R., Rivero Morey, J., García Pérez, D., & Bordón González, L. (2018). La teoría del estrés oxidativo como causa directa del envejecimiento celular. *Medisur: Revista de Ciencias Médicas de Cienfuegos*, 16(5), 699–710.
- Meneses, E., & REINA, A. (2015). CUANTIFICACIÓN DE MACROFAUNA DEL SUELO EN UN SISTEMA SILVOPASTORIL COMPARADO CON UN SISTEMA CONVENCIONAL EN UNA ZONA DE BOSQUE SECO TROPICAL (bs-T) [Universidad de Nariño]. In *Keefektifan Penerapan Pendekatan*

- Keterampilan Proses dalam Pembelajaran IPA terhadap Minat Belajar Siswa Kelas IV SD Negeri Golo Yogyakarta* (Vol. 16, Issue 2).  
<https://doi.org/10.1377/hlthaff.2013.0625>
- Mesa-pérez, M. A., Echemendía-pérez, M., Valdés-carmenate, R., Sánchez-elías, S., & Guridi-izquierdo, F. (2016). La macrofauna edáfica, indicadora de contaminación por metales pesados en suelos ganaderos de Mayabeque, Cuba. *Pastos y Forrajes*, 39(3), 116–124.
- MINAM. (2013). Decreto Supremo Nro. 002-2013-MINAM “Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo.” 2013, 491497–491500.
- Mínima, L. T. Y., G, B. B., I, Á. V., Bacca, T., F, J. C., & Dias, L. G. (2012). Evaluación De La Macrofauna Del Suelo En Solanum Tuberosum (Solanales: Solanaceae) Con Sistemas De Labranza Tradicional Y Mínima. *Boletín Científico. Centro de Museos. Museo de Historia Natural*, 16(2), 69–77.
- Mite, F., Carrillo, M., & Durando, W. (2010). Avances del monitoreo de presencia de cadmio en almendras de cacao, suelos y aguas de ecuador. *Xii Congreso Ecuatoriano de La Ciencia Del Suelo, June 2016*, 17–19.
- Noguera-, Á., Reyes, N., Mendieta, B., & Salgado, M. (2017). Macrofauna edáfica como indicador de conversión agroecológica de un sistema productivo de Moringa oleifera Lam. en Nicaragua. *Pastos y Forrajes*, 40(4), 184–187.
- Ojeda, J., Franco, M., & Rodríguez, G. (2019). *FOETIDA DE LOS JALES DE MINA DE ORO EN MOCORITO* ,. 52(250).
- Oliveira, A. de S. O. T. L. dos S. A. F. de S. S. M. S. de C. M. A. F. de, & E. (2010). CARACTERIZACIÓN DEL CONTENIDO METÁLICO EN *Camponotus rufipes*(FORMICIDAE: FORMICINAE) EN UNA ZONA DE BOSQUE ATLÁNTICOSIN MÉTODOS DE ORIGEN ANTROPICO. *Production*, 1139–1141.
- PRODUCE. (2017). *Ficha Técnica Roca Fosforica.Pdf*(p. 28).
- Reyes, E., & María, A. (2004). *Contenido de metales pesados tóxicos*.
- Sataloff, R. T., Johns, M. M., & Kost, K. M. (2012). *Manual de biología de suelos tropicales*.
- Silva, R. A., Siqueira, G. M., Costa, M. K. L., Guedes Filho, O., & e Silva, Ê. F. de F. (2018). Spatial variability of soil fauna under different land use and managements.

- Revista Brasileira de Ciencia Do Solo*, 42, 1–18.  
<https://doi.org/10.1590/18069657rbc20170121>
- Soares, S., Antonialli, W., & Lima, S. (2000). *Soares, Antonialli-Junior & Lima-Junior - 2010*. 76–81.
- TOLENTINO LAVADO, S. (2020). Extração e fracionamento quantitativo de substâncias húmicas do solo: Um procedimento simplificado e de baixo custo. Brasília, Embrapa, Brasil. *Facultad De Zootecnia*, 96.
- villanueva Jara, P. (2019). RELACIÓN ENTRE LAS CARACTERÍSTICAS DEL SUELO Y LA CONCENTRACIÓN DE CADMIO EN LOS TEJIDOS DE LA PLANTA DE CACAO (*Theobroma cacao* L.) EN PUMAHUASI, HUÁNUCO. *Ayay*, 8(2), 2019. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2004.3.66178>
- Westerman, R. L. (Ed.). (1990). *Soil Testing and Plant Analysis*. Soil Science Society of America. <https://doi.org/10.2136/sssabookser3.3ed>
- Zárate, A. R. (2014). *PROTOCOLO TÉCNICO PARA EL MUESTREO DE SUELOS EN PASTURAS*.

**ANEXOS**

**Anexo A.** Formato de solicitud de permiso a los agricultores

“Año de la Consolidación del Mar de Grau”

**SOLICITO** : Permiso para la realización del diagnóstico situacional de las actividades realizadas en el cultivo de cacao

**SEÑOR** : Marcial Gamarra y Elias Campos

Propietario de las parcelas de cultivo de cacao de la Provincia de Leoncio Prado.

**YO** : AFFA MONTOYA, Ricardo

**Personal** : Tesista de la Universidad Nacional Agraria dela Selva – Facultad de Recursos Naturales Renovables – Ingeniería Ambiental.

Mediante la presente, solicito me brinde las facultades para la realización del diagnóstico situacional de las actividades realizadas para el manejo del cultivo de cacao en su parcela, dicha información aportará significativamente al proyecto de tesis que vengo desarrollando actualmente.

Aprovecho la oportunidad para expresarle las muestras de agradecimiento y estima personal.

Tingo María, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2018.

Sr. Propietario
--------------------

AFFA MONTOYA, RICARDO Tesista
----------------------------------

**Anexo B. Formato****I. ASPECTOS GENERALES**

1. Nombre de la asociación: \_\_\_\_\_

2. Nombre del propietario: \_\_\_\_\_

3. Lugar: \_\_\_\_\_

4. Ubicación de coordenadas:

Parcela 1: UTM: \_\_\_\_\_ E \_\_\_\_\_ N; UTM: \_\_\_\_\_ E \_\_\_\_\_ N

UTM: \_\_\_\_\_ E \_\_\_\_\_ N; UTM: \_\_\_\_\_ E \_\_\_\_\_ N

Parcela 2: UTM: \_\_\_\_\_ E \_\_\_\_\_ N; UTM: \_\_\_\_\_ E \_\_\_\_\_ N

UTM: \_\_\_\_\_ E \_\_\_\_\_ N; UTM: \_\_\_\_\_ E \_\_\_\_\_ N

Parcela 3: UTM: \_\_\_\_\_ E \_\_\_\_\_ N; UTM: \_\_\_\_\_ E \_\_\_\_\_ N

UTM: \_\_\_\_\_ E \_\_\_\_\_ N; UTM: \_\_\_\_\_ E \_\_\_\_\_ N

**II. MANEJO DE CULTIVO**

UTILIZACIÓN DE INSUMOS		
Insumos	Cantidad/ m <sup>2</sup>	Costo unitario
Magnecal		
Roca fosfórica		
Urea		

Cloruro de potasio		
Guano de isla		
Fungicida		
Insecticida		
Abono foliar		
Adherente agrícola		
otros		

### III. DETALLE DEL MANEJO DE CULTIVO

Abonamiento de plántones

Fertilización (siembra y mantenimiento)

--

Mantenimiento de parcela

**Tabla 20.** Cadmio disponible presente en las muestras de roca fosfórica

<b>Fertilizantes</b>	<b>Cd (ppm)</b>	<b>Cd (%)</b>
Roca fosfórica	24.47	0.0024

Fuente: Procedencia fosyeiki.

**Tabla 21.** Cadmio disponible en las muestras de suelos de los grupos de control.

<b>Tratamientos</b>		<b>cadmio disponible</b>	
		<b>ppm</b>	<b>Promedio ppm</b>
R1	0 gr roca fosfórica convencional	0.19	0.187
R2		0.17	
R3		0.20	
R1	0 gr roca fosfórica orgánica	0.01	0.003
R2		0.00	
R3		0.00	

Fuente: Elaboración propia (2021).

**Tabla 22.** Cadmio disponible en las muestras de suelos a los 3 meses de la primera fertilizada.

Tratamientos		cadmio disponible	
		ppm	Promedio ppm
T1R1	100 g roca fosfórica convencional	0.27	0.260
T1R2		0.24	
T1R3		0.27	
T1R1	100 g roca fosfórica orgánica	0.08	0.080
T1R2		0.08	
T1R3		0.08	
T1R1	150 g roca fosfórica convencional	0.32	0.310
T1R2		0.29	
T1R3		0.32	
T1R1	150 g roca fosfórica orgánica	0.13	0.127
T1R2		0.12	
T1R3		0.13	
T1R1	200 g roca fosfórica convencional	0.37	0.360
T1R2		0.34	
T1R3		0.37	
T1R1	200 g roca fosfórica orgánica	0.18	0.177
T1R2		0.18	
T1R3		0.17	

Fuente: Elaboración propia (2021).

**Tabla 23.** Cadmio disponible en las muestras de suelos a los 3 meses de la segunda fertilizada.

Tratamientos		cadmio disponible	
		ppm	Promedio ppm
T2R1		0.27	
T2R2	100 g roca fosfórica convencional	0.24	0.260
T2R3		0.27	
T2R1		0.08	
T2R2	100 g roca fosfórica orgánica	0.08	0.080
T2R3		0.08	
T2R1		0.32	
T2R2	150 g roca fosfórica convencional	0.29	0.310
T2R3		0.32	
T2R1		0.13	
T2R2	150 g roca fosfórica orgánica	0.12	0.127
T2R3		0.13	
T2R1		0.37	
T2R2	200 g roca fosfórica convencional	0.34	0.360
T2R3		0.37	
T2R1		0.18	
T2R2	200 g roca fosfórica orgánica	0.18	0.177
T2R3		0.17	

Fuente: Elaboración propia (2021).

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**  
Carretera Central Km1.21 - Tingo Maria - CELULAR 941531359  
Facultad de Agronomía - Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología  
[analisisdesuelosunas@hptrmail.com](mailto:analisisdesuelosunas@hptrmail.com)

**ANÁLISIS DE SUELOS**

PROCEDENCIA: RIO NEGRO - SUPTTE - LUYANDO - LEONCIO PRADO - HUÁNUCO

Nº	CODIGO DEL LAB.	DATOS		ANÁLISIS MECANICO			pH	M. O.	N	Cd	K	CIC	CAMBIABLES Cmol(+)/kg					CICE	%	Bas. Camb.	%	Ac. Camb.	%	Sat. Al	
		REF	Arena %	Arcilla %	Limo %	Textura							1:1	disponible ppm	Ca	Mg	K								Na
1	S01927_1	0g RF convencional	R1	27	26	47	Franco	4.39	1.18	0.06	0.19	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2	S01927_2	0g RF convencional	R2	23	28	49	Franco Arcillo Limoso	4.39	1.28	0.06	0.17	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3	S01927_3	0g RF convencional	R3	25	28	47	Franco Arcillo Limoso	4.46	1.39	0.07	0.20	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4	S01927_4	0g RF orgánico	R1	25	34	41	Franco Arcillo Limoso	6.37	1.13	0.06	0.01	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5	S01927_5	0g RF orgánico	R2	25	34	41	Franco Arcillo Limoso	6.45	1.19	0.06	0.00	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6	S01927_6	0g RF orgánico	R3	23	34	43	Franco Arcillo Limoso	6.39	1.26	0.06	0.00	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

SOLICITANTE: AFFA MONTOYA RICARDO FERNANDO

MUESTREADO POR EL SOLICITANTE  
RECIBO N° 001-0602788  
TINGO MARIA, 23 DE MAYO 2019

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA  
LAB. ANALISIS DE SUELOS  
Ing. Luis G. Maysilla Minava  
JEFE

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA  
FACULTAD DE AGRONOMIA  
Laboratorio de Análisis de Suelos  
Tingo Maria, Perú

Figura 7. Cadmio disponible en las muestras de suelos de los grupos de control



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**  
 Carretera Central Km 1.21 Tingo María - Celular 941531359  
 Facultad de Agronomía - Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología  
 analisisdesuelosunas@hotmail.com



# ANÁLISIS ESPECIAL

SOLICITANTE		PROCEDENCIA			
<b>AFFA MONTOYA RICARDO FERNANDO</b>		<b>FOSYEIKI</b>			
Datos de la Muestra		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	CaO (%)	Cadmio (ppm)	Cadmio (%)
Cod. Lab	Tipo				
M01039	ROCA FOSFORICA	-----	-----	24.47	0.0024

TINGO MARIA 10 DE DICIEMBRE 2018  
 MUESTREADO POR EL SOLICITANTE  
 RECIBO N°001-0560118





Ing. Luis C. Mansilla Minaya  
JEFE

Figura 8. Cadmio disponible presente en las muestras de roca fosfórica



Figura 9. Cadmio disponible en las muestras de suelos a los 3 meses de la primera fertilizada

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**  
Carretera Central Km1.21 - Tingo Maria - CELULAR 941531359  
Facultad de Agronomía - Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología  
[analisisdesuelosunas@hotmail.com](mailto:analisisdesuelosunas@hotmail.com)

**ANÁLISIS DE SUELOS**

SOLICITANTE: AFFA MONTOYA RICARDO FERNANDO

PROCEDENCIA: RIO NEGRO - SUPTTE - LUYANDO - LEONCIO PRADO - HUÁNUCO

N°	CODIGO DEL LAB.	DATOS	ANÁLISIS MECÁNICO			pH	M.O.	N	Cd	K	CIC				CAMBIABLES						
			Arena	Arcilla	Limo						disponible	Ca	Mg	K	Na	Al	H	CiCe			
		REF	%	%	%	1:1	%	%	ppm	ppm											
1	S01927_25	100g RF convencional	T2	R1	22	57	4.46	1.23	0.05	0.34	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2	S01927_26	100g RF convencional	T2	R2	21	21	4.49	0.98	0.05	0.32	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3	S01927_27	100g RF convencional	T2	R3	21	22	4.47	1.24	0.06	0.35	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4	S01927_28	150g RF convencional	T2	R1	19	22	4.45	1.07	0.05	0.44	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5	S01927_29	150g RF convencional	T2	R2	21	22	4.36	1.03	0.05	0.42	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6	S01927_30	150g RF convencional	T2	R3	23	22	4.33	1.01	0.05	0.45	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7	S01927_31	200g RF convencional	T2	R1	21	22	4.46	1.17	0.06	0.54	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8	S01927_32	200g RF convencional	T2	R2	19	22	4.45	1.00	0.05	0.52	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9	S01927_33	200g RF convencional	T2	R3	23	22	4.41	1.16	0.06	0.55	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
10	S01927_34	100g RF orgánico	T2	R1	23	36	6.69	1.25	0.06	0.15	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
11	S01927_35	100g RF orgánico	T2	R2	27	34	6.64	1.44	0.07	0.14	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
12	S01927_36	100g RF orgánico	T2	R3	23	34	6.58	1.30	0.06	0.15	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
13	S01927_37	150g RF orgánico	T2	R1	27	36	6.63	1.09	0.05	0.26	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
14	S01927_38	150g RF orgánico	T2	R2	23	36	6.61	1.02	0.05	0.25	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
15	S01927_39	150g RF orgánico	T2	R3	23	36	6.66	1.15	0.06	0.24	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
16	S01927_40	200g RF orgánico	T2	R1	23	34	6.65	1.07	0.05	0.36	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
17	S01927_41	200g RF orgánico	T2	R2	23	36	6.68	1.15	0.06	0.37	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
18	S01927_42	200g RF orgánico	T2	R3	21	36	6.59	1.09	0.05	0.40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

MUESTREADO POR EL SOLICITANTE  
RECIBO N° 001-0602788  
TINGO MARIA, 01 DE AGOSTO 2019

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA  
LAB. ANALISIS DE SUELOS

Ing. Adis G. Manjilla Mibaya  
JEFE

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA  
Laboratorio de Análisis de Suelos  
Tingo Maria

Figura 10. Cadmio disponible en las muestras de suelos a los 3 meses de la primera fertilizada



**Figura 11.** Muestreo de la macrofauna en las parcelas.



**Figura 12.** Recolección macrofauna de la parcela convencional.



**Figura 13.** Recolección macrofauna de la parcela orgánico.



**Figura 14.** Clasificación de macrofauna.



**Figura 15.** Identificación de la macrofauna de cultivos los cacao.



**Figura 16.** Registro macrofauna de cultivos los cacao.



**Figura 17.** Familia Araneidae, Araneae.



**Figura 18.** Familia Julida.



**Figura 19.** Familia Blattidae.



**Figura 20.** Familia Elateridae.



**Figura 21.** Insecta, Coleoptera, familia Scarabaeidae, Adulto Lateral



**Figura 22.** Insecta, Coleoptera, Scarabaeidae, Larva.



**Figura 23.** Insecta, Coleoptera, Staphylidae.



**Figura 24.** Insecta, Dermaptera, Labiduridae



**Figura 25.** Insecta, Hymenoptera, Formicidae, *Paraponera clavata*



**Figura 26.** Isopoda, Armadillidiidae, *Armadillidium* sp.