






## Cadmio de la roca fosfórica y sus efectos en la macrofauna del suelo en cultivos de cacao


Cadmium from phosphate rock and its effects on soil macrofauna in cocoa crops

 **Ricardo Fernando Affa Montoya**  
Universidad Nacional Agraria de la Selva  
[ricardo.affa@unas.edu.pe](mailto:ricardo.affa@unas.edu.pe)

 **Luis Eduardo Oré Cierro**  
Universidad Nacional Agraria de la Selva  
[luisore21793@gmail.com](mailto:luisore21793@gmail.com)

 **Wendy Caroline Loarte Aliaga**  
Consultor Constructor & Auditor LEOC E.I.R.L  
[wendy\\_loarte\\_aliaga@outlook.com.pe](mailto:wendy_loarte_aliaga@outlook.com.pe)

 **Elvira Luvieska Ruiz Ortega**  
Universidad Nacional Agraria de la Selva  
[elvira.ruiz@unas.edu.pe](mailto:elvira.ruiz@unas.edu.pe)

 **Ashly Lucia Unzueta Diego**  
Universidad Nacional Agraria de la Selva  
[ashly.unzueta@unas.edu.pe](mailto:ashly.unzueta@unas.edu.pe)

### RESUMEN

Se evaluó la presencia de cadmio disponible en suelos de cacao sobre el índice 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 Rio 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 Studen. 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 diversidad de Simpson, de tal modo al incrementar el cadmio disponible disminuye el número de familia, mayoritariamente las familias de Lumbricidae, Formicidae.

**Palabras clave:** Índice 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, inorganic cocoa farming and macrofauna.

## INTRODUCCIÓN

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. 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. 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”, eligieron tres parcelas representativas, una con



manejo convencional, tradicional y orgánico respectivamente, tuvieron como resultados que la concentración de cadmio disponible en el suelo, tiene relación con MO, pH, Ca<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, CIC, P, entre otros, por lo que 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. Además, Huauya y Huamani (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 y colectaron 22 muestras en cultivo orgánico cuyo valor de cadmio disponible en suelo fue de 0.53 ppm., siendo las taxonomías predominantes Hymenoptera y Oligochaeta. El presente trabajo de investigación tuvo por objetivo evaluar el efecto de la concentración de cadmio presente de la roca fosfórica sobre la macrofauna edáfica en cultivos de cacao.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Lugar de ejecución

### Ubicación política

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 macrofauna se realizó en el laboratorio de Entomología de la Facultad de Agronomía.

### Materiales y métodos

### 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,

### 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.

### 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.

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.

### Fase de campo

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

Cronología del experimento.

Acondicionamiento y división de los tratamientos.

Muestreo químico y biológico de los suelos, en los grupos de control en ambas parcelas.

Primera fertilización.

Segundo muestreo químico y biológico de los suelos, de los tratamientos en ambas parcelas.

Segunda fertilización.

Segundo muestreo químico y biológico de los suelos, de los tratamientos en ambas parcelas.

Muestreo de suelo para identificar cadmio disponible, el tipo de muestreo fue aleatorio:

1. Limpieza de la cobertura vegetal y de la superficie del suelo, aproximadamente a una profundidad de un centímetro.
2. Excavación de un hueco en forma de "V" del ancho de la pala hasta una profundidad de 15 centímetros. En seguida se cortaron una tajada de suelo de 2 a 3 cm de gruesa en la pared del hueco.
3. Cortado con machete y toma de una franja de 3 cm de ancho del suelo en el centro de la tajada y posteriormente se colocó en un balde.
4. Se 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 se mezcló bien el suelo extraído. Se sacó la cantidad adecuada del balde para llenar la bolsa plástica e se identificó la muestra con la siguiente especificación: identificación del propietario de la parcela y fecha de muestreo Zárate (2014).

El muestreo de la macrofauna edáfica, se desarrolló con el método Programa Tropical Soil Biology and Fertility (TSBF), así el muestreo de la macrofauna 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 depósito en mantas de polietileno,

posteriormente se rompe 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 macrofauna extraída en frascos de vidrio y plástico con tapas, que contenían 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 rotulo cada frasco indicando el número de parcela estudiado y la fecha recolectada.
4. Finalmente se realizó la separación y conteo de la macrofauna en el laboratorio. En el análisis, se contempló la suma de los cuadrantes por parcela estudiada.

#### **Fase de laboratorio:**

##### **Cronología de laboratorio.**

Primer análisis químico para la obtención de cadmio disponible en los grupos de control.

Primera clasificación e identificación de la macrofauna en los grupos de control.

Segundo análisis químico para la obtención de cadmio disponible de los tratamientos.

Segunda clasificación e identificación de la macrofauna de los tratamientos.

Tercer análisis químico para la obtención de cadmio disponible de los tratamientos.

Tercera clasificación e identificación de la macrofauna de los tratamientos.

Segundo muestreo químico y biológico de los suelos, de los tratamientos en ambos cultivos.

Cuarto análisis químico para la obtención de cadmio disponible de los tratamientos.

Cuarta clasificación e identificación de la macrofauna de los tratamientos.

Determinación de cadmio disponible.

Las muestras fueron de 1 kg y el método de análisis fue mediante el extractante EDTA 0.05 M y pH 7, y se procedió de la siguiente manera:

1. Secado y tamizado en malla de 2 mm la muestra de suelo.
2. Pesado de 5 g de suelo y colocado en contenedor de plásticos con tapa con una capacidad de 60 ml.
3. Agregado de 50 ml de ácido nítrico 4 molar (260 ml/litro)
4. Colocado en baño maría a 12 horas a 70 °C.
5. Se sacó del baño maría y se dejó a temperatura ambiente.
6. Agitado por una hora en placa.
7. Filtración y se colecta del filtrado.
8. Se analizó el residuo filtrado en absorción atómica Westerman.

Clasificación, identificación y registro de la macrofauna.

1. Clasificación de organismo que superan 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.
6. Índice de diversidad de Simpson, las especies identificadas fueron clasificadas en unidades

taxonómicas, según el caso y la macrofauna se clasifico hasta el nivel taxonómico de familia.

### 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. Para 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 edáfico homogéneo o equilibrado (Sataloff et al., 2012):

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

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

## RESULTADOS Y DISCUSION

### Concentración de cadmio disponible en el suelo en cultivos de cacao (orgánico y convencional), antes y después de fertilizar

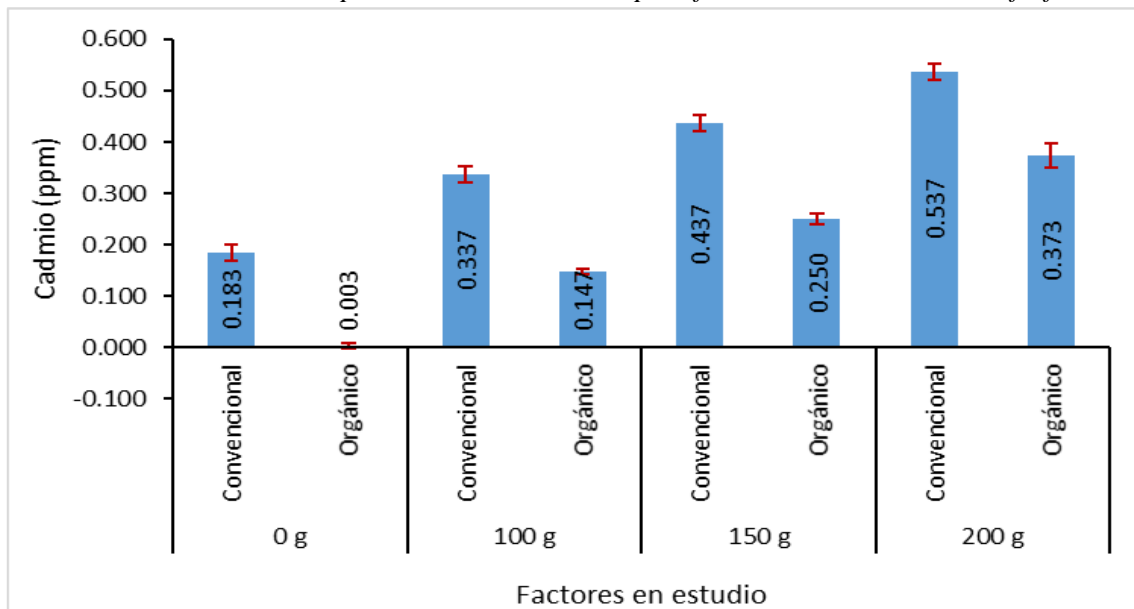
Tolentino (2020), evaluó la presencia de cadmio disponible en suelos de cacao antes y después, empleo la roca fosfórica como contaminante de suelos, manifestó el incrementó de cadmio disponible después de fertilizar, a mayor cantidad de fertilización con roca fosfórica se incrementa el cadmio disponible 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 (figura 1), 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.

**Figura 1.**

*Concentración de cadmio en dos tipos de cultivos de cacao por efectos de las dosis de roca fosfórica.*



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 (figura 1) por lo tanto resulta cierto encontrar de cadmio disponible en el

suelo en cultivos de cacao (orgánico y convencional) de manera natural o antropogénico.

**Concentración de cadmio disponible en roca fosfórica**

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 1**

*Análisis químico de la Roca fosfórica presente en el cadmio disponible.*

Tipo	Cadmio (ppm)	Cadmio (%)
Roca fosfórica	24.47	0.0024

**Índice de diversidad de Simpson en cultivos de cacao**

De acuerdo a los datos obtenidos (tabla 2) 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 sistemas menos alterados 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 2**

*Diversidad de Simpson, antes de la aplicación de roca fosfórica para ambos cultivos*

Familia	Convencional	Orgánico
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

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, también se observa que el índice de 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 identificaron 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 3**

*Diversidad de Simpson por efecto de los niveles de roca fosfórica (RF) a los tres meses en los cultivos*

Familia	100 g RF		150 g RF		200 g RF	
	Convencional	Orgánico	Convencional	Orgánico	Convencional	Orgánico
Lumbricidae	42.2	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
Chrysomelide	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

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 respeto al cultivo silvopastoril; debido a que los números de familias evaluadas



disminuye significativamente a 6 para el cultivo convencional, 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 familias

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 4**

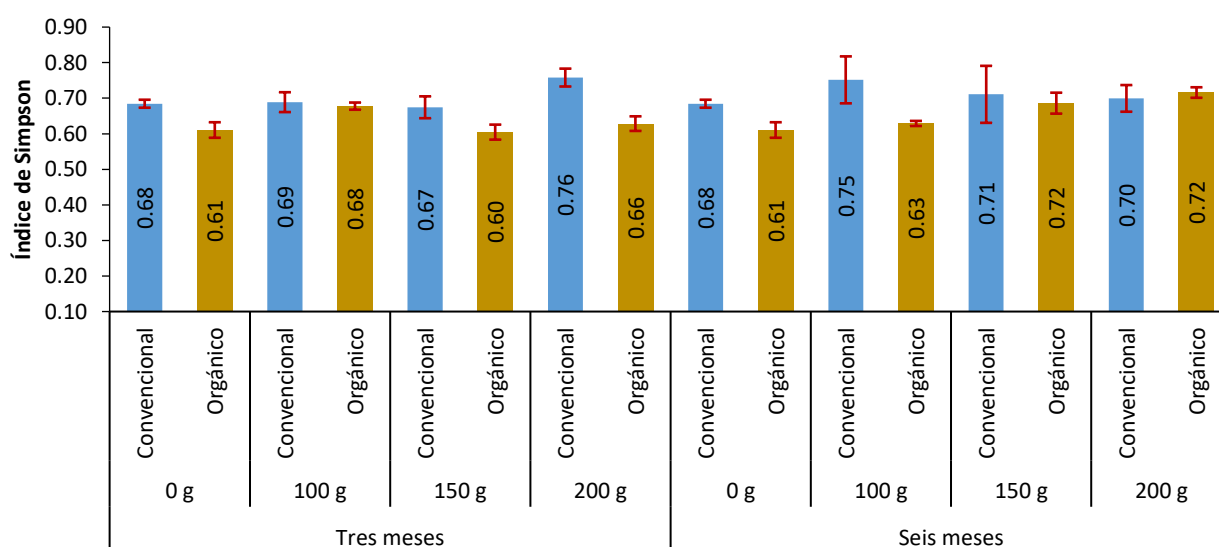
*Diversidad de Simpson, después de la segunda aplicación de roca fosfórica para el cultivo de convencional y orgánico*

Familia	100 g RF		150 g RF		200 g RF	
	Convencional	Orgánico	Convencional	Orgánico	Convencional	Orgánico
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
Cryptocercidae	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
Chrysomelidae	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
Gryllotalpidae	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

Efecto de la concentración de cadmio en la diversidad de macrofauna edáfica en cultivos de cacao.

**Figura 2**

*Diversidad de macrofauna edáfica en dos tipos de cultivo de cacao por efecto de las dosis de roca fosfórica*



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.

## CONCLUSIÓN

Resultados confirma que mientras más cadmio disponible se encuentre en los suelos de los cultivos de cacao, causará cambios en la índice diversidad de Simpson.

El contenido de cadmio de roca fosfórica es de 24.47 ppm.

La roca fosfórica influye en la macrofauna del suelo del cultivo de cacao

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.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Abanto, M. A. A. (2018). UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA Presentada por. 1–68.
- [2] 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>
- [3] Andrea, D., Fernández, P., Andrea, D., & Fernández, P. (2018). COMUNIDAD DE ARTRÓPODOS DE LA COMUNA DE PUCHUNCAVÍ ( REGIÓN DE VALPARAÍSO ).
- [4] Arancon and Edward. (2011). Tecnología de vermicultura. In Journal of Chemical Information and Modeling (Vol. 53, Issue 9).
- [5] 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>
- [6] 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.
- [7] 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-
- [8] Cabrera, Grisel. (2012). La macrofauna edáfica como indicador del estado de conservación/perturbación del suelo. *Pastos y Forrajes*, 35(4), 349–363.



- [9] 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.
- [10] 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>
- [11] 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>
- [12] 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.
- [13] Huauya, M., & Huamaní, H. (2014). Dialnet-MacrofaunaEdáficaYMetalesPesadosEnElCultivoDeCacao-4754850 (1). *The Biologist*.
- [14] Jiménez ballesta, R. (2017). Introducción a la contaminación de suelos - JIMÉNEZ BALLESTA, RAIMUNDO - Google Libros. In R, Jiménez 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](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
- [15] 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.
- [16] 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>
- [17] 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.
- [18] MINAM. (2013). Decreto Supremo Nro. 002-2013-MINAM “Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo.” 2013, 491497–491500.
- [19] 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.
- [20] 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.
- [21] 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.
- [22] Ojeda, J., Franco, M., & Rodríguez, G. (2019). FOETIDA DE LOS JALES DE MINA DE ORO EN MOCORITO ., 52(250).
- [23] 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.

- [24] PRODUCE. (2017). Ficha Técnica Roca Fosforica.Pdf (p. 28).
- [25] Reyes, E., & María, A. (2004). Contenido de metales pesados tóxicos.
- [26] Sataloff, R. T., Johns, M. M., & Kost, K. M. (2012). Manual de biología de suelos tropicales.
- [27] 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>
- [28] Soares, S., Antonialli, W., & Lima, S. (2000). Soares, Antonialli-Junior & Lima-Junior - 2010. 76–81.
- [29] 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.
- [30] 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. *Αγαη*, 8(2), 2019. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2004.3.66178>
- [31] Westerman, R. L. (Ed.). (1990). Soil Testing and Plant Analysis. Soil Science Society of America. <https://doi.org/10.2136/sssabookser3.3ed>
- [32] Zárate, A. R. (2014). PROTOCOLO TÉCNICO PARA EL MUESTREO DE SUELOS EN PASTURAS.