

**UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN**  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental



*Una Institución Adventista*

**Eficiencia de carbón activo y microorganismos eficientes  
BOKASHI en la remoción de cadmio en suelos de cultivos de  
cacao, Lamas – 2021**

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Ambiental

**Autor:**

Elva Camila Sánchez Torres

**Asesor:**

Mtro. Erick José Quispe Mamani

**Tarapoto, septiembre 2022**

## DECLARACIÓN JURADA DE AUTORÍA DE TESIS

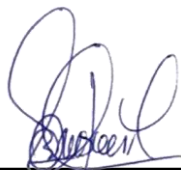
Mtro. Erick José Quispe Mamani, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que la presente investigación titulada: **“Eficiencia de carbón activo y microorganismos eficientes Bokashi en la remoción de cadmio en suelos de cultivo de cacao, Lamas 2021”** constituye la memoria que presenta la Bachiller **Elva** Camila Sánchez Torres para obtener el título de Profesional de Ingeniero Ambiental, cuya tesis ha sido realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones en este informe son de entera responsabilidad del autor, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente declaración en la ciudad de Tarapoto a los 23 días del mes de setiembre del año 2022



---

Erick José Quispe Mamani

### ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En San Martín, Tarapoto, Morales, a...16... día(s) del mes de... Setiembre ... del año 2022... siendo las... 09:30... horas, se reunieron los miembros del jurado en la Universidad Peruana Unión Campus Tarapoto, bajo la dirección del (de la) presidente(a): ..... Mtra. Betsabeth Teresa Padilla Macedo ....., el (la) secretario(a): ..... Ing. Ericka Nayda Perales Dominguez ..... y los demás miembros: ..... Mtro. Ricky Bray Saavedra Mego .....

..... y el (la) asesor(a) ..... Mtro. Erick Jose Quispe Mamani ..... con el propósito de administrar el acto académico de sustentación de la tesis titulado: "Eficiencia de Carbón activo y Microorganismos Eficientes Bokashi en la remoción de cadmio en suelos de cultivos de cacao, Lamas - 2021" .....

..... del(los) bachiller(es): a) Elva Camila Sánchez Torres ..... b) ..... c) ..... conducente a la obtención del título profesional de: .....

Ingeniero Ambiental

(Denominación del Título Profesional)

El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s hacer uso del tiempo determinado para su exposición. Concluida la exposición, el Presidente invitó a los demás miembros del jurado a efectuar las preguntas, y aclaraciones pertinentes, las cuales fueron absueltas por al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s. Luego, se produjo un receso para las deliberaciones y la emisión del dictamen del jurado.

Posteriormente, el jurado procedió a dejar constancia escrita sobre la evaluación en la presente acta, con el dictamen siguiente:

Bachiller-(a): Elva Camila Sánchez Torres .....

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
Aprobado	17	B+	Muy bueno	Sobresaliente

Bachiller -(b): .....

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	


Bachiller -(c): .....

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	

(\*) Ver parte posterior

Finalmente, el Presidente del jurado invitó al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s a ponerse de pie, para recibir la evaluación final y concluir el acto académico de sustentación procediéndose a registrar las firmas respectivas.]

\_\_\_\_\_  
Presidente/a

  
\_\_\_\_\_  
Secretario/a

\_\_\_\_\_  
Asesor/a

\_\_\_\_\_  
Miembro

\_\_\_\_\_  
Miembro

\_\_\_\_\_  
Bachiller (a)

\_\_\_\_\_  
Bachiller (b)

\_\_\_\_\_  
Bachiller (c)

## Resumen

El suelo es uno de los recursos naturales importantes para las personas ya que permite realizar prácticas agrícolas donde se obtienen los alimentos y se genere economía. Sin embargo, el comercio del cacao se ve afectado por indicios de contaminación de metales pesados, entre estos el cadmio (Cd) un metal pesado bioacumulable y tóxico en la cadena alimenticia, cuya presencia en los suelos puede tener origen natural o antrópico.

Para determinar el nivel de eficiencia de Carbón activo, Microorganismos Eficientes (EM) y Bokashi en la remoción de cadmio en suelos de cultivos de cacao, Lamas- 2021; se evaluó la remoción de cadmio con Carbón activo a 500 gr m<sup>3</sup>-1 y 1000 gr m<sup>3</sup>-1, así como el uso de EM a 500ml y Bokashi a 500 gr m<sup>3</sup>-1 y 1000 gr m<sup>3</sup>-1.

La investigación fue experimental con un diseño factorial 2x2 esto incluyó dos factores, el factor carbón activo y el factor EM Bokashi y se evaluaron con 2 repeticiones, la técnica para el recojo de las muestras se realizó según el protocolo de muestreo de suelos con cadmio en zonas cacaoteras (Resolución Ministerial N°0007-2019 MINAGRI).

La concentración de cadmio presente en el suelo agrícola antes de los tratamientos fue de 1.31 ppm, el cual no supera el valor establecido por los Estándares de Calidad Ambiental para Suelos (1.40 ppm), según el D. S. 011 - 2017 – MINAM. Los valores de cadmio post aplicación de tratamientos fueron de 1.26 y 1.22 ppm al aplicar EM Bokashi; mientras que fueron de 1.21 y 1.18 ppm al aplicar carbón activo. Concluyendo que la dosis de carbón activo de 1000 gr m<sup>3</sup>-1 tiene una mayor eficiencia en la absorción de cadmio con un valor de 1.18 ppm, este método es eficiente y sostenible para afrontar problemas ambientales de cadmio presentes en el suelo por su característica de absorción.

**Palabras clave:** Contaminación, cadmio, carbón activo, microorganismos eficientes

## Abstract

The soil is one of the important natural resources for people since it allows agricultural practices where food is obtained and economy is generated. However, the cocoa trade is affected by signs of heavy metal contamination, including cadmium (Cd), a heavy metal that bioaccumulates and is toxic in the food chain, whose presence in the soil can be of natural or anthropogenic origin.

To determine the level of efficiency of Active Carbon, Efficient Microorganisms (EM) and Bokashi in the removal of cadmium in cocoa crop soils, Lamas-2021; Cadmium removal was evaluated with activated carbon at 500 gr m<sup>3</sup>-1 and 1000 gr m<sup>3</sup>-1, as well as the use of EM at 500 ml and Bokashi at 500 gr m<sup>3</sup>-1 and 1000 gr m<sup>3</sup>-1.

The research was experimental with a 2x2 factorial design, this included two factors, the activated carbon factor and the Bokashi EM factor, and they were evaluated with 2 repetitions. The technique for collecting the samples was carried out according to the soil sampling protocol with cadmium in cocoa zones (Ministerial Resolution No. 0007-2019 MINAGRI).

The concentration of cadmium present in the agricultural soil before the treatments was 1.31 ppm, which does not exceed the value established by the Environmental Quality Standards for Soils (1.40 ppm), according to D. S. 011 - 2017 – MINAM. The values of cadmium post application of treatments were 1.26 and 1.22 ppm when applying EM Bokashi; while they were 1.21 and 1.18 ppm when applying activated carbon. Concluding that the active carbon dose of 1000 gr m<sup>3</sup>-1 has a higher efficiency in the absorption of cadmium with a value of 1.18 ppm, this method is efficient and sustainable to face environmental problems of cadmium present in the soil due to its absorption characteristic.

**Keywords:** Pollution, cadmium, activated carbon, efficient microorganisms

## INTRODUCCIÓN

El suelo es uno de los recursos naturales importantes para las personas ya que permite realizar prácticas agrícolas donde se obtienen los alimentos y se genere economía; siendo uno de estos el cultivo de cacao, dado que la producción y el comercio son el soporte de la economía nacional de la mayoría de los países en subdesarrollo.

En Perú, existen seis grandes regiones cacaoteras que el 90% de producción del cacao sustenta actividades familiares y cada año el porcentaje de producción nacional sube, permitiendo al agricultor ofrecer un producto de calidad (Salomon, 2017). Sin embargo, el comercio del cacao se ve afectado por indicios de contaminación de metales pesados, entre estos el cadmio (Cd) un metal pesado bioacumulable y tóxico en la cadena alimenticia, cuya presencia en los suelos puede tener origen natural o antrópico, su transferencia es dependiente al tipo de suelo, planta, la materia orgánica, pH del suelo, el tratamiento del suelo con fertilizantes y también la minería (Rodríguez H., 2017).

Los efectos tóxicos del cadmio sobre las plantas provocan desequilibrios nutricionales e hídricos en la planta. El Cd también reduce la absorción de nitratos y el transporte de los mismos de la raíz al tallo, así que las plantas presentan modificaciones en la apertura estomática, fotosíntesis y transpiración (Rodríguez, Martínez-de la Casa, Romero, del Río, & Sandalio, 2008).

Los agricultores de la región San Martín tienen producción, con mercados a nivel internacional, pero afronta la amenaza de encontrar niveles altos de cadmio en el suelo del cultivo. Por ello se busca alternativas eco amigables para fijar, adsorber, estabilizar y disminuir la movilidad de metales pesados en el suelo. La aplicación de carbón activo que algunos estudios lo relacionan con captura de carbono, la inmovilización de contaminantes, mejorador de las propiedades físico-químicas y biológicas de los suelos. Otra alternativa son los microorganismos eficientes pues estos organismos se utilizan para lograr un equilibrio microbiológico del suelo de manera que pueda acrecentar su calidad, mejorando la producción y protección de los cultivos, creando una agricultura y medio ambiente más sostenibles. El objetivo de esta investigación fue determinar el nivel de eficiencia de carbón activo y EM Bokashi en la remoción de cadmio en suelos de cultivos de cacao, con la finalidad de mejorar el suelo y de esta manera la planta y fruto.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### *Descripción del lugar de estudio*

El estudio de investigación se realizó en un terreno de cultivo de cacao (coordenada S 6° 24' 09.5", O 76° 26' 58.63") que está ubicado en el centro poblado Chirapa del distrito de Rumizapa provincia de Lamas; la altitud de la zona es 794 m.s.n.m. Este lugar es accesible por vía terrestre aproximadamente a una hora con 15 minutos de la ciudad de Tarapoto rumbo norte.

### *Diseño Metodológico*

El diseño de la investigación es experimental descriptivo porque manipula las variables e influencia en su desarrollo o presencia; es decir, se trata de estudios donde hay variación en forma intencional en las variables independientes para ver su efecto sobre otras variables Hernández Sampieri, R., & Mendoza Torres, C. (2018).

#### *Diseño factorial y diseño de muestra*

Diseño experimental tipo factorial 2x2 incluyó dos factores, el factor carbón activo y el factor EM Bokashi y se evaluaron con 2 repeticiones. Ver cuadro 1.

Muestra	Carbón Activo		EM Bokashi	
	500gr/m <sup>3</sup>	1000gr/m <sup>3</sup>	500gr/m <sup>3</sup>	1000gr/m <sup>3</sup>
Suelo	R1	R1	R1	R1
agrícola	R2	R2	R2	R2

#### **Cuadro 1.** *Diseño experimental*

Fuente: Elaboración Propia

La población estuvo constituida por 8 ha. de suelos agrícolas en sector Chirapa, Lamas y se utilizó como muestra 8m<sup>3</sup> de suelo agrícola.

#### *Técnicas de recolección de datos*

La técnica para selección de toma de muestra se utilizó según el protocolo de muestreo de suelos con cadmio en zonas cacaoteras (Resolución Ministerial N°0007-2019 MINAGRI); donde se obtuvo el muestreo inicial.

#### *Diseño de camas*

Se implementó 8 camas que cada una presentó una dimensión de 1.5 x 2 x 0.3 m, además se colocó letreros con su respectivo nombre de tratamiento más su dosificación.

#### *Activación del carbón activo y microorganismos eficientes*

La activación del carbón es la generación de partículas cristalinas altamente porosas con una enorme superficie de contacto en el interior de los granulos o polvos de carbón. En la investigación se utilizó el carbón activo mediante el proceso químico que se encuentra comercial.

Los microorganismos eficientes (EM) fueron activados previamente, utilizando melaza, agua y el producto comercial EM. Se procedió a la activación de los Microorganismos Eficaces según Peter, F (2006) donde recomienda mezclar 500 ml de EM con 500 ml de melaza y 9 litros de agua templada sin cloro; dejando fermentar de siete a diez días con una temperatura de entre 25 °C y 37°C con el envase cerrado. A partir del tercer día, se dejó escapar un poco de aire una vez al día. El proceso de fermentación debe ser posible en la oscuridad.

#### *Preparación del Bokashi*

Según el Manual Práctico de Uso de EM (Desarrollo, 2009) las materias primas para el EM Bokashi consiste en 36 % de cascarilla de arroz, 36 % de cascarilla de trigo, 9 % de harina de pescado, 1,8 % de Melaza de caña, 1,8 % de EM activado y 14,5 % aprox. agua libre de cloro. Si el agua es clorada se deja reposar en un recipiente abierto durante 24 horas.

Para el procedimiento de producción de Bokashi primero se vertió la melaza en un recipiente luego se mezcló bien con el agua y se agregó el EM activado. A continuación, se formó un cono

con la mezcla de sólidos y se fue regando la pila con la solución hasta llegar a la humedad adecuada. A medida que se aplicó la solución se siguió mezclando la pila, esto garantizó un buen mezclado de los ingredientes. Por último, se llenó totalmente el recipiente apretando suavemente de forma que no quede aire.

Los recipientes se trasladaron a un lugar, a una temperatura de 25° C preferentemente; a los 28 días, de acuerdo a la temperatura, la fermentación se dio por concluida. El producto final tuvo un olor agradable, agríndice, a fermentación.

#### *Implementación de tratamientos carbón activo y EM Bokashi.*

Se añadió el tratamiento con carbón activo en la primera cama con la proporción de 500 gr m<sup>3</sup>-1 y la siguiente cama con 1000gr m<sup>3</sup>-1 ambas con dos repeticiones, donde se mezcló debidamente para homogenizar y garantizar la adecuada distribución. De la misma manera, la aplicación de EM Bokashi fue en una cama de 500 gr m<sup>3</sup>-1 y otra se colocó 1000gr m<sup>3</sup>-1 también con dos repeticiones cada una, donde se mezcló debidamente para homogenizar. Cada 5 días mediante la técnica por aspersión se aplicó 500ml de EM en las camas con EM Bokashi.

El proceso de incubación se dio durante 4 semanas, al cabo de las cuales se realizó los análisis de las propiedades del suelo y la disponibilidad de cadmio. Se envió las muestras a un laboratorio acreditado de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

#### *Análisis Correlacional*

Los datos recopilados fueron procesados en un programa estadístico SPSS IBM STAT versión 26. Bajo el modelo estructural del análisis de varianza (ANOVA) con un diseño factorial 2 x 2, y una prueba f con  $\alpha = 0.05$ , con una prueba de normalidad y P-valor= 0.000.

## **RESULTADOS**

Según el análisis obtenido sobre la remoción de cadmio con carbón activo a 500 gr/m<sup>3</sup> y 1000gr m<sup>3</sup>-1 en suelo de textura franco arenoso encontramos que, en comparación de la muestra inicial (testigo) cuenta con un pH de 5.88 y la presencia de cadmio de 1.31 ppm. Encontramos que la muestra 2 de carbón activo a 500gr m<sup>3</sup>-1 se obtuvo un pH de 6.86 y 1.21 ppm de cadmio, así mismo para el carbón activo a 1000gr m<sup>3</sup>-1 se obtuvo un pH de 6.32 y 1.18 ppm de cadmio. Estos resultados nos demuestran que las muestras del carbón activo tuvieron una disminución del cadmio entre el testigo y el carbón activo a 500gr m<sup>3</sup>-1 de 0.10 ppm, mientras las muestras del testigo y el carbón activo de 1000gr/m<sup>3</sup> se obtuvo una diferencia 0.13 ppm.

Para los resultados del pH según la clasificación de rangos por el Servicio de Conservación de Recursos Naturales del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos observamos que el testigo cuenta con un pH 5.88 perteneciente a un suelo moderadamente ácido mientras que para carbón activo a 500gr m<sup>3</sup>-1 se obtuvo un pH de 6.86 perteneciente a un suelo neutro, mientras que para carbón activo a 1000gr m<sup>3</sup>-1 se obtuvo un pH de 6.32 perteneciente a un suelo ligeramente ácido. Todo esto nos demuestra que, si existe un cambio en la acidez del suelo con la aplicación del carbón activo y una disminución en los niveles de cadmio, siendo la muestra de 100gr/m<sup>3</sup> la que mejor comportamiento ha tenido. Ver cuadro 2.

N° de muestra	Textura	pH	Cd ppm
Testigo	Franco arenoso	5.88	1.31
Carbón activo 500 gr/m <sup>3</sup>	Franco arenoso	6.86	1.21

Carbón activo 1000 gr/m3    Franco arenoso    6.32    1.18

---

**Cuadro 2.** Remoción de cadmio con Carbón activo al 500gr m3-1 y 1000 gr m3-1  
Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo a los resultados obtenidos sobre la remoción de cadmio con BokashiEM a 500 gr/m3 y 1000gr/m3 en suelo de textura franco arenoso encontramos que, la muestra inicial (testigo) cuenta con un pH de 5.88 y la presencia de cadmio de 1.31 ppm. Encontramos que la muestra de BokashiEM a 500gr m3-1 se obtuvo un pH de 5.32 y una concentración de 1.26 ppm de cadmio, así mismo para el BokashiEM a 1000gr m3-1 se obtuvo pH de 5.54 y 1.22 ppm de cadmio en el suelo agrícola. Estos resultados nos demuestran que las muestras del BokashiEM tuvieron una disminución del cadmio entre el testigo y el BokashiEM a 500gr m3-1 de 0.05 ppm, mientras el BokashiEM de 1000gr m3-1 se obtuvo una diferencia 0.09 ppm.

Para los resultados del pH según la clasificación de rangos por el Servicio de Conservación de Recursos Naturales del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos observamos que el testigo cuenta con un pH 5.88 perteneciente a un suelo moderadamente ácido mientras que para BokashiEM a 500gr m3-1 se obtuvo un pH de 5.32 perteneciente a un suelo fuertemente ácido similar a la del BokashiEM a 1000gr m3-1 obteniendo un pH de 5.54. Todo esto nos demuestra que si existe un cambio en la acidez del suelo con la aplicación del BokashiEM y una disminución en los niveles de cadmio. Ver cuadro 3.

N° de muestra	Textura	pH	Cd ppm
Testigo	Franco arenoso	5.88	1.31
BokashiEM 500	Franco arenoso	5.32	1.26
BokashiEM 1000	Franco arenoso	5.54	1.22

**Cuadro 3.** Remoción de cadmio con Microorganismos Eficientes (EM) a 500ml y Bokashi al 500gr m3-1 y 1000gr m3-1.  
Fuente: Elaboración Propia

Para un mejor análisis de los resultados obtenidos es preciso revisar el cuadro 3 donde se detalla los siguientes elementos. La textura del suelo muestreado fue de franco arenoso con pH variables, teniendo como base inicial de la muestra testigo con pH 5.88, BokashiEM a 500gr m3-1 con pH 5.32, Bokashi EM 1000gr m3-1 con pH 5.54, mientras con carbón activo de 500gr m3-1 con pH 6.86 y carbón activo de 1000gr m3-1 con pH 6.32. Esto nos demuestra según la clasificación de rangos de pH de suelo, Servicio de Conservación de Recursos Naturales del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USAD), la muestra testigo su reacción del suelo es moderadamente ácida, pasando por suelos fuertemente ácidos, ligeramente ácido y por ultimo suelos neutros. Según Ramtahal et al. (2018) nos menciona que las plantaciones de cacao crecen mejor en suelos con niveles de pH que van de 5.0 a 7.5. esto demuestra que las condiciones obtenidas en los resultados son óptimas para la producción de cacao.

N° de muestra	Textura	pH	Cd ppm	Cd según ECA PPM
Testigo	Franco arenoso	5.88 moderadamente ácido	1.31	
BokashiEM 500	Franco arenoso	5.32 fuertemente ácido	1.26	
BokashiEM 1000	Franco arenoso	5.54 fuerte ácido	1.22	1.4
CarbonAct 500	Franco arenoso	6.86 neutro	1.21	
CarbonAct 1000	Franco arenoso	6.32 ligeramente ácido	1.18	

**Cuadro 4.** Combinación de carbón activo de 500gr m<sup>3</sup>-1 - 1000gr m<sup>3</sup>-1 y EM Bokashi al 500gr m<sup>3</sup>-1 - 1000gr m<sup>3</sup>-1 en la remoción de cadmio en suelos de cultivos de cacao.

**Fuente:** Elaboración Propia

En el Cuadro 4 se expone los resultados de las concentraciones de cadmio presente en el suelo agrícola antes de los tratamientos con un valor de 1.31 ppm, el cual no supera el valor establecido por los Estándares de Calidad Ambiental para Suelos propuesto según el D. S. 011 - 2017 - MINAM donde se considera como valor sugerido 1.40 ppm; también se presenta los valores de cadmio post la aplicación de los tratamientos, alcanzando valores con Bokashi EM de 1.26 y 1.22 ppm; así mismo se incluye el valor obtenido con carbón activo de 1.21 y 1.18 ppm. Los resultados de pH encontramos que existe una variación por cada una de los tratamientos, en comparación de la muestra inicial o testigo, siendo esta de 5,88 encontrándose en la clasificación de moderadamente ácido según USAD. Sin embargo, las diferencias de acidez están siendo bien marcadas en cada tratamiento que van desde fuertemente ácido, neutro y ligeramente ácido, esto nos demuestra que los comportamientos de los resultados son independientes.

## CONCLUSIONES

La evaluación del impacto de ruido ambiental en el Centro Poblado Santa María de Huachipa mediante el método De acuerdo con los resultados obtenidos se ha podido establecer que, el suelo agrícola dedicado al cultivo de cacao tiene una concentración de cadmio de 1.31ppm, valor que no supera los valores establecidos por los Estándares de Calidad Ambiental para suelo establecido según el D.S. 011-2017 MINAM.

Los resultados experimentales comparando los cuatro tratamientos, el carbón activo con dosificaciones de 500gr m<sup>3</sup>-1 y 1000gr m<sup>3</sup>-1 durante los 28 días de evaluación la dosis de 1000gr/m<sup>3</sup> se obtuvo mejores resultados con una disminución de 1.31 ppm a 1.18 ppm. Mientras con los tratamientos de EM Bokashi con dosificaciones de 500gr m<sup>3</sup>-1 y 1000 gr m<sup>3</sup>-1 durante los 2ca días de evaluación la dosis de 1000gr m<sup>3</sup>-1 se obtuvo mejores resultados con una disminución de 1.31 ppm a 1.22 ppm.

La máxima capacidad de adsorción de cadmio se logró con el tratamiento de carbón activo de 1000gr m<sup>3</sup>-1 obteniendo un valor de 1.18 ppm de cadmio. Además, mediante el análisis de varianza se evidenció que no existe una diferencia significativa durante el tiempo evaluado.

## Referencias

- Aguirre S.E, Piraneque N.V, & Vásquez J. R. 2020. Contenido de metales pesados en suelos y tejidos de cacao en el departamento del Magdalena, Colombia: énfasis en cadmio. *Entramado* (Vol.16, Núm. 2): 298–310. <https://doi.org/10.18041/1900-3803/entramado.2.6753>
- Beltran-Pineda M, & Gómez-Rodríguez A. 2016. Biorremediación de metales pesados cadmio(Cd), cromo(Cr) y mercurio(Hg) mecanismos bioquímicos e ingeniería genética: una revisión. *Revista Facultad de Ciencias Básicas* (Vol. 12, Núm. 2): 172-197. <https://doi.org/10.18359/rfcb.2027>
- Cornejo S. 2015. Biotransformación de cadmio por medio de bacterias de suelo en biorreactores air lift. Tingo Maria: Universidad Nacional Agraria de la Selva. <http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/360->
- De La Cruz A, Gil-Rivero A, López S, Mendoza K, Mostacero J, Villena L. 2021. Cadmio en plantaciones de *Theobroma cacao* L. "cacao" en la región San Martín, Lamas, Perú. *Revista de investigación científica Manglar* (Vol.18, Núm. 2): 169-173. <http://dx.doi.org/10.17268/manglar.2021.022>
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura) / OMS (Organización Mundial de Salud). 2014. Programa Conjunto de cacao y derivados. Normas Alimentarias Comité Del Codex Sobre

- Contaminantes de Los Alimentos Novena reunión Nueva Delhi, India. Anteproyecto De Niveles Máximos Para El Cadmio En El Chocolate y Productos. [http://www.fao.org/tempref/codex/Meetings/CCCF/cccf9/cf09\\_06s.pdf](http://www.fao.org/tempref/codex/Meetings/CCCF/cccf9/cf09_06s.pdf)
- García J. 2019. Comparación de la concentración de Cadmio en Plantaciones de Cacao en los distritos de Huicungo y San Martín de Alao - 2018. Tarapoto: Universidad Cesar Vallejo. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/39344>
- Llanos E. 2018. Efecto de la aplicación de microorganismos eficaces en el contenido de cadmio y propiedades fisicoquímicas de un suelo contaminado del distrito de Orcotuna, Concepción, 2017. Huancayo: Universidad Continental.
- Mejía F. 2005. Eficiencia de los Microorganismos Efectivos (EM) y Bokashi en la recuperación de suelos contaminados con glifosato. Universidad Nacional de Trujillo. Perú. <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/5998>
- Meter A., Atkinson R., & Laliberte B. 2019. Cadmio en el cacao de America Latina y el Caribe. Bioversity International. <http://scioteca.caf.com/handle/123456789/1505>
- MINAGRI (Ministerio de Agricultura y Riego). 2019. Protocolos de muestreo para la determinación de cadmio en suelo, hojas, agua y granos de cacao. Resolución Ministerial N°0007-2019-MINAGRI.
- Oc W., Gonza C., Guzmán W., Pariente E. 2018. Bioacumulación de cadmio en el cacao (*Theobroma cacao*) en la Comunidad Nativa de Pakun, Perú. *Revista Forestal del Perú* (Vol.33, Núm. 1): 63 – 75. <https://doi.org/10.21704/rfp.v33i1.1156>
- Orbe-Pachana, J. 2017. Evaluación de la eficiencia de Microorganismos de Montaña (MM) en la Finca Agroecológica Zamorano. Honduras: Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano.
- Paredes F. d., & Romero D. 2021. Remediación de Suelo Agrícola Dedicado al Cultivo de Arroz con Concentraciones de Cadmio, Mediante la Aplicación de Microorganismos Eficaces y Carbón Activado. Lima: Universidad Cesar Vallejo.
- Pérez Vásquez S. R. 2020. Remoción de Cadmio en Suelo Agrícola mediante la Aplicación de Carbón Activado y Microorganismos de Montaña, en la Urbanización Nueva Vida – Morales - 2019. Tarapoto: Universidad Peruana Unión.
- Peter F. 2006. EM Microorganismos Efectivos. En *Descubre la utilidad de los EM en el hogar y el jardín, la agricultura y la salud* (pág. 237). Barcelona: RBA Integral.
- Quintero E. 2020. Determinación de las condiciones del suelo de dos cultivos de cacao y su relación con la biodisponibilidad y absorción de Cadmio. Universidad Católica del Oriente. Colombia. <https://hdl.handle.net/20.500.13064/569>
- Rodríguez H. 2017. “Dinámica del cadmio en suelos con niveles altos del elemento, en zonas productoras de cacao de Nilo y Yacopí, Cundinamarca”. Bogotá - Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Rodríguez M., Martínez-de la Casa N., Romero M., del Río L., & Sandalio L. 2008. Toxicidad del cadmio en plantas. *Ecosistemas* (Vol.17, Núm. 3): 139-146. <https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/409>
- Salomón J. 2017. Latinoamérica produce el 80% del cacao prime del mundo. CAF Banco de Desarrollo de America Latina.
- Sotomayor C. 2016. VII Salón del Cacao y Chocolate Perú 2016. Lima, Perú.