

EL pH Y LA ABSORCIÓN DE CADMIO EN ALMENDRAS DE CACAO ORGÁNICO (*Theobroma cacao* L.) EN LEONCIO PRADO, HUÁNUCO, PERU

Nelino FLORIDA ROFNER¹, Shilthon Lineker CLAUDIO MELCHOR¹,
Raúl GÓMEZ BERNAL²

1 Universidad Nacional Agraria de la Selva. Av. Universitaria km 1,5 carretera Tingo María, Huánuco.
nelinof@hotmail.com

2 Asociación de Productores Cacao Alto Huallaga. Área de Proyectos

RESUMEN

El tipo de suelo tiene importante influencia en la disponibilidad y absorción del cadmio por la planta de cacao (*Theobroma cacao* L.), en particular el pH, el % de arcilla y la cantidad de Mg²⁺ y Zn presente en el suelo. Por ello, el objetivo fue medir la influencia del pH del suelo en los niveles de absorción del cadmio en granos de cacao CCN-51 en la provincia de Leoncio Prado, Huánuco (Perú). Para ello se seleccionaron 20 parcelas agrícolas de los socios de la Cooperativa Cacao Alto Huallaga, que cumplieran con todas las normas y técnicas de producción orgánica. Se analizaron 20 muestras de suelos y de almendras, los resultados muestran que el pH promedio del suelo fue de 5.68; el cadmio disponible en el suelo fue de 0.32 µg g⁻¹ y el contenido de cadmio en las almendras de cacao de las 20 muestras analizadas arrojó 0.98 µg g⁻¹. La investigación concluye que los valores de cadmio en almendras se encuentran encima del nivel máximo permitido por la unión europea y se encontró correlación negativa entre el pH del suelo y el contenido de cadmio en almendras de cacao (R²=0.0522), no encontrándose una dependencia del cadmio en almendra, con respecto al pH del suelo, esto requiere seguir investigando para determinar los factores que intervienen en este proceso.

PALABRAS CLAVES: pH del suelo, cadmio en almendras, cacao CCN-51.

THE pH AND ABSORPTION OF CADMIUM IN ALMONDS OF ORGANIC COCOA (*Theobroma cacao* L.), IN LEONCIO PRADO, HUÁNUCO, PERÚ

ABSTRACT

The type of soil has an important influence on the availability and absorption of cadmium by the cacao plant (*Theobroma cacao* L.), in particular the pH, the % of clay and the amount of Mg^{2+} and Zn present in the soil. Therefore, the objective was to measure the influence of soil pH on the absorption levels of cadmium in CCN-51 cocoa beans in the Leoncio Prado - Huánuco province (Perú). For which 20 agricultural parcels were selected from the members of Cooperativa Cacao Alto Huallaga, which complied with all the norms and techniques of organic production. 20 soil samples and 20 samples of almonds were analyzed. The results show that the average pH of the soil was 5.68; the cadmium available in the soil was $0.32 \mu\text{g g}^{-1}$ and the cadmium content in the cocoa almonds of the 20 samples analyzed yielded $0.98 \mu\text{g g}^{-1}$. The investigation concludes that the values of cadmium in almonds are above the maximum level allowed by the European Union and a negative correlation was found between the pH of the soil and the content of cadmium in cocoa almonds ($R^2=0.0522$), not finding a dependence of cadmium in almonds, with respect to the pH of the soil, this requires further research to determine the factors involved in this process.

KEYWORDS: Soil pH, Cadmium in almonds, Cocoa CCN-51.

INTRODUCCIÓN

El cacao (*Theobroma Cacao.*) es uno de los cultivos de gran importancia económica para el Perú, el análisis realizado por el MINAGRI (2016) destaca que la producción nacional de cacao entre los años 2009 y 2015, presentó un aumento de 36,8 mil toneladas a 87,3 mil toneladas en el 2015, alcanzando una extensión de 121.3 mil hectáreas con un rendimiento medio a 720 kg/ha. Destacando básicamente las regiones de San Martín con el 43%; Junín con el 18%, Cusco con 9%, Ucayali con 8% y Huánuco con 6%. Estas cinco regiones representan el 84% de la producción nacional y se exportó un volumen récord de 56,5 mil toneladas, incrementándose en este periodo un 62% por año. Este comportamiento continúa, pues MINAGRI (2017) señala que la producción nacional alcanzó 108,677 toneladas exportándose 57 324 toneladas.

Sin embargo, la Unión Europea aprobó la nueva reglamentación sobre límites máximos de cadmio en cacao y chocolate, Reglamento UE de la Comisión No. 488/2014 que modifica el Reglamento CE No. 1881/2006 y fija que a partir del 1 de enero del 2019 entrará en rigor para la UE, la norma considera como contenido máximo de cadmio en diversos productos de cacao en un rango de 0.10 a 0.80 $\mu\text{g g}^{-1}$ (Jiménez, 2015). Por lo tanto, esto se convierte en una preocupación nacional, toda vez que los principales mercados de destino de las exportaciones de cacao en grano del Perú, destaca la Unión Europea (UE) que concentra el 76% de las exportaciones totales (MINAGRI, 2016). Por lo tanto, es necesario investigar para generar conocimientos que permitan comprender la dinámica de este elemento e intentar disminuir los niveles de Cd^{2+} en almendras de cacao.

En este contexto, la principal forma química del cadmio en la solución del suelo es Cd^{2+} y en condiciones naturales existe en promedios de

$<1 \mu\text{g g}^{-1}$, generalmente asociado al Zinc (Madeddu, 2005). Sin embargo, la mayoría de investigadores, como Huamani *et al.* (2012) señalan que el tipo de suelo tiene importante influencia en la disponibilidad y absorción por la planta. Además, Arévalo *et al.* (2016) señala que entre los parámetros del suelo que presentan correlación con la concentración de metales pesados, como el cadmio, es el pH, el % de arcilla y la cantidad de Mg^{2+} presente. Por lo tanto, el trabajo tiene como objetivo, evaluar la influencia del pH del suelo en los niveles de absorción del cadmio en granos de cacao CCNN-51 (*Theobroma cacao.*) orgánico, en la provincia Leoncio Prado, Huánuco.

MATERIALES Y MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDIO

La investigación se desarrolló en el último trimestre del 2017, en la provincia de Leoncio Prado, ubicada en el departamento de Huánuco, Las condiciones climáticas en la que se desarrolló este proyecto son: precipitación anual promedio de 3 428.8 mm, temperatura media anual de 24.5°C y una humedad relativa promedio de 77%, según la estación meteorológica José Abelardo Quiñones (Universidad Nacional agraria de la Selva). Presenta régimen bimodal, las mayores precipitaciones se producen entre los meses de septiembre a abril y la temporada seca abarca desde los meses mayo a agosto.

Las características de las parcelas evaluadas, fisiográficamente se encuentran en terrazas bajas y medias de origen aluvial y lomadas de origen coluvial; taxonómicamente el ámbito de la investigación corresponde a suelos Entisoles e Inceptisoles (GOREHCO 2016). Las plantaciones de cacao corresponden al clon CCN-51 con un aproximado de 7 años de producción, con certificación orgánica y con una producción promedio de 500 kg/ha.

Tabla 1. Propietarios y lugar de extracción de las muestras de suelo y almendras

Muestra (Código)	Productor	Ubicación	Clon
PITEIS 01	Clorinda Jesús Ruiz	Pueblo Nuevo	CCN-51
PITEIS 02	Cinthia Kiani Isidro Ushiñagua	Castillo Grande	CCN-51
PITEIS 03	Leoncio Condezo Luciano	Luyando	CCN-51
PITEIS 04	Carlos Gómez Bernal	Rupa Rupa	CCN-51
PITEIS 05	Margot Álvarez Salas	Castillo Grande	CCN-51
PITEIS 06	Mendis Paredes Arce	Castillo Grande	CCN-51
PITEIS 07	Augusto Ascencio Bedoya	Pueblo Nuevo	CCN-51
PITEIS 08	Gabriel Borrovich Rivera	Luyando	CCN-51
PITEIS 09	Maximiliano Gamarra Trujillo	Luyando	CCN-51
PITEIS 10	Darí Solís Hermosilla	Pueblo Nuevo	CCN-51
PITEIS 11	Juan Luis Ramírez Morales	José Crespo y Castillo	CCN-51
PITEIS 12	Jorge David Salazar Lino	Luyando	CCN-51
PITEIS 13	José Natividad Pérez	Luyando	CCN-51
PITEIS 14	Arnulfo Gamarra Trujillo	Luyando	CCN-51
PITEIS 15	María Barrueta Cajas	Pueblo Nuevo	CCN-51
PITEIS 16	Lucía Espinoza Sabino	Mariano Dámaso Beraún	CCN-51
PITEIS 17	Hernán Serrano Domínguez	Nuevo Progreso	CCN-51
PITEIS 18	Fernando Tenazoa Jesús	Irazola	CCN-51
PITEIS 19	Segundo Pinedo Ortega	Nuevo progreso	CCN-51
PITEIS 20	Rubén Delgado Paredes	Irazola	CCN-51

MUESTREO DE SUELOS

El muestreo de suelos siguió los criterios de la metodología propuesta por el USDA, extrayendo 20 submuestras por hectárea, a una profundidad de 0-20 cm y para evaluar el pH y Cd en el laboratorio de Suelos de la UNAS.

Para el análisis de cadmio, se utilizó la metodología ISO 11466-Soil Quality. Al extracto resultante se realizó la lectura en Espectrofotómetro de Absorción Atómica. Para el análisis de pH del suelo se aplicó el método del potenciómetro con una relación suelo/agua de 1:1. Finalmente, para el análisis de cadmio en granos de cacao se aplicó la digestión húmeda

con solución ácida nítrico perclórico, siguiendo la metodología de MITE (2010). El extracto, al igual que en la muestra de suelo han sido leídos en el equipo de espectrofotometría de Absorción Atómica (SAYVET, 2013).

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se utilizó un diseño completamente aleatorizado DCA en donde el tratamiento lo constituye las parcelas de cacao CCN-51, con tamaño de muestra $n = 20$ (muestras de suelo y almendra). Los datos de niveles de pH y los contenidos de Cd^{2+} del suelo y planta fueron sometidos a análisis de correlación de Pearson ($p < 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 2, se muestra el valor medio de pH=5.68, que corresponde a un nivel moderadamente ácido (SAGARPA, 2012), valores típicos de la parte tropical de la zona central del Perú. Al respecto, el IIAP (1995) señala que, en suelos de terraza alta y zonas de pendiente del Alto Huallaga, encontramos inceptisoles ácidos bien drenados como los Dystropepts. Estos valores también, son corroborados por Arévalo *et al.* (2016) al evaluar los suelos de las principales áreas de producción de cacao del Perú, en ella reporta que los valores menores (pH<7) se encontró en Piura (Huancabamba), Amazonas,

Tabla 2. Niveles de pH y contenido de cadmio disponible en el suelo

Muestra (Código)	pH (1:1)	Cd ²⁺ (µg g ⁻¹)
PITEIS 01	7.64	0.41
PITEIS 02	7.53	0.29
PITEIS 03	7.37	0.37
PITEIS 04	7.31	0.64
PITEIS 05	5.73	0.17
PITEIS 06	5.41	0.82
PITEIS 07	6.82	0.16
PITEIS 08	7.44	0.15
PITEIS 09	5.72	0.10
PITEIS 10	4.75	0.21
PITEIS 11	4.09	0.02
PITEIS 12	4.88	0.89
PITEIS 13	4.06	0.91
PITEIS 14	4.44	0.07
PITEIS 15	4.24	0.06
PITEIS 16	5.33	0.40
PITEIS 17	5.95	0.23
PITEIS 18	5.76	0.18
PITEIS 19	4.28	0.12
PITEIS 20	4.76	0.13
MEDIA	5.68	0.32
SEM	±0.28	±0.063

SEM = Error estándar de la media

San Martín (El Dorado y Tocache), Huánuco, Junín y Cuzco. También, Huamani *et al.* (2012) evaluó suelo bajo producción de cacao entre Huánuco y San Martín encontrando una media de pH=6.05, considerado como moderadamente ácido (SAGARPA, 2012). Por lo tanto, el valor medio encontrado representa valores típicos de las áreas destinadas a la producción de cacao en la provincia de Leoncio Prado.

Con referencia del cadmio en suelos, la Agencia del Medio Ambiente de los Estados Unidos de Norteamérica (USEPA) estableció como nivel crítico en 0.43 µg. g⁻¹ de cadmio total en suelos agrícolas (USEPA, 2002). También, la Unión Europea UE, a través de la directiva de Kelley, indica que los valores típicos en suelos no contaminados de cadmio están entre 0 y 1 µg. g⁻¹ (Acevedo *et al.*, 2005). Por lo tanto, los valores encontrados de Cd²⁺ en esta investigación presenta una media de 0.32 µg. g⁻¹ (Tabla 2), considerándose como niveles bajos o suelos no contaminados por Cd²⁺. Sin embargo, al hacer la comparación con otras investigaciones, es inferior a lo reportado en esta misma zona por Huamaní *et al.* (2012), valores de cadmio promedio de 0.53 µg. g⁻¹ y considera a sus resultados como un contenido bajo. Igualmente, Crozier *et al.* (2012), quienes encontraron valores más altos de Cd²⁺ en la Zona Norte (0.79 µg. g⁻¹) y menores en la Zona Central (0.68 µg. g⁻¹) y Sur (0.46 µg. g⁻¹) del Perú. Todo lo contrario, los resultados de Arévalo *et al.* (2016), reporta que el cadmio ha sido el metal menos frecuente en los suelos muestreados. Valores nulos de 0.00 µg. g⁻¹ encontró en Cajamarca (San Ignacio), San Martín (El Dorado y Tocache), Huánuco y Cuzco.

El análisis de correlación (Tabla 3), muestra que entre el pH y Cd²⁺ en suelo no existe correlación significativa. Este comportamiento es contrario a lo reportado por Arévalo *et al.* (2016), pues en sus resultados se observaron diferencias estadísticamente significativas (p<0.05) entre el cadmio del suelo y el pH. Al respecto, si bien

Tabla 3. Análisis de correlaciones entre el pH y contenido de cadmio disponible en suelo y almendras de cacao

		pH	Cd ²⁺ en suelo	Cd ²⁺ en almendra
pH	Correlación de Pearson	1	.050	-.228
	Sig. (bilateral)		.835	.333
	N	20	20	20
* La correlación es significativa en el nivel 0.05 (bilateral).				

el pH encontrado no se correlaciona con Cd²⁺, puede explicarse teniendo en cuenta que la disponibilidad del Cd²⁺ en el suelo pueden estar influenciada por otros parámetros, como la presencia de materia orgánica y arcilla (Arévalo *et al.*, 2016; Huamani *et al.*, 2012; Degryse *et al.*, 2009). Además, el resultado encontrado concuerda con las directivas de Kelley, pues, para suelos con rango de pH 5-6, considera que presenta ligera contaminación por Cd²⁺ (Acevedo *et al.*, 2005), en este sentido los valores encontrados coinciden con esta directiva, pues tenemos niveles bajos de Cd²⁺ (0.32 µg. g⁻¹) y pH medio de 5.68, que está dentro del rango mencionado.

En la Tabla 4, se muestra el contenido de cadmio de muestras de almendra de cacao; cuyo contenido medio es de 0.98 µg. g⁻¹; este nivel supera el límite máximo permisible de la Unión Europea (Reglamento N°. 488/2014) que establece como contenido máximo de cadmio en diversos productos de cacao en un rango de 0.10 a 0.80 µg. g⁻¹ (Jiménez, 2015). Estos contenidos altos de cadmio en las almendras, para esta investigación no está relacionada con el pH (Tabla 3). Por lo tanto, atribuimos este nivel alto de Cd²⁺ fundamentalmente a otras características del suelo; como nivel de materia orgánica, CIC y la cantidad de arcilla presente (Arévalo *et al.*, 2012; Huamani *et al.*, 2012).

Otras investigaciones concuerdan con nuestro resultado, como el de Tantalean & Huauya (2017) quienes reportan contenido de cadmio en almendras de parcelas ubicadas en suelo residual de 0.84 µg. g⁻¹, y en el suelo aluvial de 1.08 µg. g⁻¹ (para áreas ubicadas entre Huánuco y San Martín). Valores aún más altos reporta Lanza *et al.* (2016), concentraciones de Cd²⁺ ubicadas en un rango entre 0.95 y 2.09 µg. g⁻¹. sin embargo, estos

resultados son valores altos en comparación a lo reportado por Zambrano (2017), en la localidad

Tabla 4. Niveles de pH del suelo y cadmio en almendras de cacao

Muestra (Código)	pH (1:1)	Cd ²⁺ en almendra (µg. g ⁻¹)
PITEIS 01	7.64	1.37
PITEIS 02	7.53	0.61
PITEIS 03	7.37	0.38
PITEIS 04	7.31	1.25
PITEIS 05	5.73	0.52
PITEIS 06	5.41	0.18
PITEIS 07	6.82	0.91
PITEIS 08	7.44	0.30
PITEIS 09	5.72	0.30
PITEIS 10	4.75	1.72
PITEIS 11	4.09	0.43
PITEIS 12	4.88	0.20
PITEIS 13	4.06	6.70
PITEIS 14	4.44	0.18
PITEIS 15	4.24	0.70
PITEIS 16	5.33	1.52
PITEIS 17	5.95	0.58
PITEIS 18	5.76	0.85
PITEIS 19	4.28	0.45
PITEIS 20	4.76	0.53
Media	5.68	0.98
SEM	±0.28	±0.32

SEM = Error estándar de la media

de luz de américa-Ecuador, sus resultados mostraron niveles máximos de 0.41 $\mu\text{g. g}^{-1}$ y niveles mínimos de 0.31 $\mu\text{g. g}^{-1}$ en CCN-51 con diferente método de secado. Igualmente, Sofia & Pablo (2013), en Esmeraldas-Ecuador encontró una media de cadmio en almendra de cacao de 0.35 $\mu\text{g. g}^{-1}$, valor inferior a nuestros resultados.

La directiva de Kelley, se indica que conforme el pH aumenta la contaminación disminuye y a la vez las plantas absorben menos estos elementos (Acevedo, 2005). Sin embargo, nuestros resultados no coinciden con esta directiva. Finalmente, Recientes estudios demuestran que los suelos y granos en áreas de cultivo de cacao presentar altos niveles de metales pesados (Tantalean y Huauya, 2017; Arevalo *et al.*, 2016; Crozier *et al.*, 2012; Huamaní *et al.*, 2012) lo que podría llevar a problemas de consumo y exportación hacia la comunidad Europea, de este producto a partir del 2019. Por lo tanto, es necesario seguir investigando para generar conocimiento básico que permita encontrar tecnologías para reducir los niveles de Cd^{2+} en almendras de cacao.

CONCLUSIONES

- El pH medio del suelo en las parcelas de cacao, presenta un nivel ligeramente ácido (5.68) y el nivel medio de cadmio disponible en el suelo fue de 0.32 $\mu\text{g. g}^{-1}$, considerado bajos para USEPA (2002) y también para la directiva Kelley de la Unión Europea.
- El contenido de cadmio en las almendras de cacao de las 20 muestras analizadas arrojó 0.98 $\mu\text{g. g}^{-1}$, mayor que el nivel máximo permitido por la Unión Europea (Reglamento N°. 488/2014).
- No hay correlación entre el pH y Cd^{2+} en los suelos evaluados, asimismo no hay correlación entre el pH del suelo y el contenido de cadmio en las almendras de cacao.

BIBLIOGRAFIA CITADA

- Acevedo, E.; Carrasco, M.; León, O.; Silva, P.; Castillo, G.; Ahumada, I.; Borie, G.; González, S. 2005. *Informe de criterios de calidad de suelo agrícola*. Servicio Agrícola y Ganadero, Chile. 205 pp.
- Alloway, B. J. 2013. *Heavy metals in Soils: Trace Metals and Metallloids in Soils and their Bioavailability*, 3 ed. Springer, 614 pp.
- Arévalo, G. E.; Meyier, E.; Obando, C.; Zúñiga, C. L.; Cesar, O.; Arévalo, H. C. O.; Baligar, V.; Zhenli, He. 2016. *Heavy metals in soils of cocoa plantations (theobroma cacao L.) in three regions of peru*. *Ecología Aplicada*, 15(2): 81-89.
- Crozier, J. 2012. *Heavy metals in Cocoa. International Workshop on Possible EU regulations on cadmium in cocoa and chocolate products*. Nature and Food Quality in the Netherlands (LNV), the European Cocoa Association (ECA) and CAOBISCO.
- Degryse, F.; Smolders, E.; Parker D. R. 2009. Partitioning of metals (Cd, Co, Cu, Ni, Pb, Zn) in soils: concepts, methodologies, prediction and applications. A review. *European Journal of Soil Science*, 60(4): 590-612.
- Gobierno Regional de Huánuco-GOREHCO. 2016. *Zonificación ecológica económica base para el ordenamiento territorial de la región Huánuco*. [Internet]. Provincias: Huánuco, Marañón, Leoncio Prado, Pachitea y Puerto Inca 260pp.
- Humani, H. A.; Huauya, M. A.; Mansilla, L. G.; Florida, R. N.; Neira, G. M. 2012. Presencia de Metales pesados en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) orgánico. *Acta Agronómica*, 61(4):339-344.
- Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP). 1995. *El recurso del suelo en la amazonia peruana, diagnóstico para su investigación (segunda aproximación)* Fernando Rodríguez Achung. Documento técnico n.º 14. Iquitos, Perú. 56 pp.

- Jiménez, T. C. S. 2015. Estado legal mundial del cadmio en cacao (*Theobroma cacao*): fantasía o realidad. *Producción + Limpia*. 10(01): 89-104.
- Lanza, J. G.; Churión, P. C.; Liendo, N. J.; López, V. H. 2016. Evaluación del contenido de metales pesados en cacao (*teobroma cacao* L.) de santa bárbara del zulía, Venezuela. *Saber*, Universidad de Oriente, Venezuela. Vol. 28, n.º 1: 106-115.
- Madeddu, R. 2005. Estudio de la influencia del cadmio sobre el medioambiente y el organismo humano. *Universidad de Granada*. 4 pp.
- MINAGRI. 2017. Estudio del cacao en el Perú y en el mundo. Un Análisis de la Producción y el Comercio al 2017. Dirección Estudios Económicos e Información Agraria-DEEIA: 60 pp
- MINAGRI. 2016. Estudio del cacao en el Perú y en el mundo; Situación Actual y Perspectivas en el Mercado Nacional e Internacional al 2015. MINAGRI-DGPA-DEEIA, 86 pp.
- MITE, F., CARRILLO, M. & W. DURANGO. 2010. Avances del monitoreo de presencia de cadmio en almendras de cacao, suelos y aguas en Ecuador. Actas XII Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo. Santo Domingo, 17-19 de Noviembre del 2010.
- REGLAMENTO (UE) n.º 488/2014. De la comisión de 12 de mayo de 2014, que modifica el Reglamento (CE) n.º 1881/2006 por lo que respecta al contenido máximo de cadmio en los productos alimenticios. Diario Oficial de la Unión Europea, pp 5. Disponible en: <https://www.boe.es/doue/2014/138/L00075-00079.pdf>
- Sayvet, V. B. 2013. Guía metodológica para el muestreo y detección de cadmio en suelos, agua, fertilizantes, almendras de cacao y productos derivados, Lima, 76 pp.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). 2012. Subíndice de Uso Sustentable del Suelo – Metodología de Cálculo. Componente: Línea de Base del Programa de Sustentabilidad de los Recursos Naturales. 58 pp.
- Sofía, A.; Pablo, P. 2013. Determinación de Cadmio en la Almendra de Cacao (*Theobroma cacao*) de cinco fincas ubicadas en vía San Domingo, Esmeralda [tesis] Pontifica Universidad del Ecuador, facultad de ciencias exactas y naturaleza, Ecuador. 2013: 81 pg. [Citado el 6 de junio 2018]. Disponible en: <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/43-1-51-1-10-20170614.pdf>
- Tantalean, P. E.; Huauya R.M. 2017. Distribución del contenido de cadmio en los diferentes órganos del cacao CCN-51 en suelo aluvial y residual en las localidades de Jacintillo y Ramal de Aspuzana. *Rev. de investig. agroproducción sustentable* 1(2): 69-78.
- United States Environmental Protection Agency (USEPA). 2002. Supplemental guidance for developing soil screening levels for superfund sites Available from <http://www.epa.gov/superfund/health/conmedia/soil/index.htm>.
- Zambrano, V.E. 2017. Evaluación del contenido de cadmio en dos variedades de cacao (*theobroma cacao* L.) considerando distintos métodos de secado en la localidad de luz de américa [tesis]. *universidad nacional de las fuerzas armadas-ecuador*. 2017: 61p. [Citado el 10 de junio 2018]. Disponible en: <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/12962/1/T-ESPE-002802.pdf>

Recibido: 1 de mayo de 2018 **Aceptado para publicación:** 26 de julio de 2018