ARTICULO CIENTIFICO

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE CADMIO (Cd) EN ALMENDRAS DE CACAO (*Theobroma cacao L)* CULTIVADO BAJO TRES SISTEMAS DE MANEJO EN SAN ALEJANDRO-REGION UCAYALI

LOPEZ, A. (1) HOYOS, J. (2) CORONADO, E. (3)

(1) Docente FCA Universidad Nacional de Ucayali. CFB km 6.200
(2) Tesista FCA Universidad Nacional de Ucayali. CFB km 6.200
(3) Asociación de Cacaoteros Tecnificados de Padre Abad ACTPA. San Alejandro

RESUMEN

La investigación se realizó en conjunto con la Asociación de Cacaoteros Tecnificados de Padre Abad (ACATPA) ubicada en la localidad de San Alejandro, Padre Abad, Ucayali. El trabajo tuvo una duración de 5 meses con el objetivo de determinar el contenido de cadmio en almendras de cacao (*Theobroma cacao L.)* cultivado bajo 03 sistemas de manejo del cultivo. Se empleó el diseño completo al azar DCA con arreglo factorial, con 9 tratamientos (3 sistemas por 3 parcelas por sistema) y 3 repeticiones por parcela,

Los resultados demuestran que entre los sistemas orgánico, químico y tradicional no evidencian diferencias significativas en el contenido de cadmio total en almendras, con promedios de 0.75, 0.71 y 0.54 ppm, respectivamente, sin embargo, están por encima de los estándares establecidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS) cuyos límites máximos permitidos de cadmio en granos de cacao es de 0,50 mg/kg de peso fresco y que entrarán en vigencia a partir del 1 de enero de 2019.

Para el contenido de cadmio intercambiable en el suelo en los tres sistemas evaluados, se demostró que no hubo diferencias significativas (0.89 ppm, 0.86 ppm, 0.83 ppm), pero son ligeramente mayores a los reportados por Huamani et al, en el 2014**,** quien concluye que los niveles de cadmio en el suelo oscilan entre 0.43 a 0.59 ppm, con valores de pH entre 4.8 a 5. Igualmente se corroboran los resultados de Fernández (2016) en San Alejandro, quien encontró valores de cadmio que van desde los 0.80 a 0.92 ppm en los primeros 10 cm de profundidad.

PALABRAS CLAVE

Cacao, cadmio, sistemas, químico, orgánico, tradicional.

INTRODUCCIÓN

Según el MINAG, a partir del año 2009 se viene apreciando un fuerte crecimiento de la producción nacional de cacao, con 87,3 mil toneladas y un rendimiento promedio de 720 kg por ha, en el año 2015. En términos de volumen, en el año

2015, registra un volumen de producción de 37,3 mil toneladas (San Martín), 15,3 mil toneladas (Junín) y 6,7 mil toneladas (Ucayali)

La promoción estatal por acrecentar las áreas del cultivo de cacao ha despertado aún más el interés de nuestros productores por la comercialización internacional, pero para lograrlo es necesario contar con productos que superen la valla de la calidad exigida por el mercado internacional en cuanto a niveles de cadmio permitidos en los granos, que tienen incidencia en ser absorbidos por la planta, del suelo, en el que se encuentran y del manejo que recibe de parte de los mismos productores.

En este contexto, una investigación de Huamani et al, 2014**,** basada en la determinación de cadmio en suelos de la región Ucayali, específicamente en las zonas productoras del distrito de San Alejandro concluye que los niveles de cadmio oscilan entre 0.43 a 0.59 ppm / kg de suelo con valores de pH que varían de 4.8 a 5.1. Dichas concentraciones de cadmio disponibles se correlacionaron con la capacidad de intercambio catiónico y fósforo disponible Esta información muestra que los suelos de la región Ucayali están sujetos a la presencia de cadmio y el riesgo de que este elemento se incremente debido a la fertilización fosfatada y por las características de acidez en nuestros suelos, es inminente.

Por ello, el objetivo se enfoca en determinar la relación entre el contenido de cadmio total en almendras de cacao cultivado bajo tres sistemas de manejo con el contenido de cadmio intercambiable del suelo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en 9 parcelas de los cacaoteros de la localidad de San Alejandro. Sus coordenadas geográficas se sitúan entre 09º02´13” latitud Sur y 75º30´12” de longitud Oeste, a una altitud de 250 msnm.

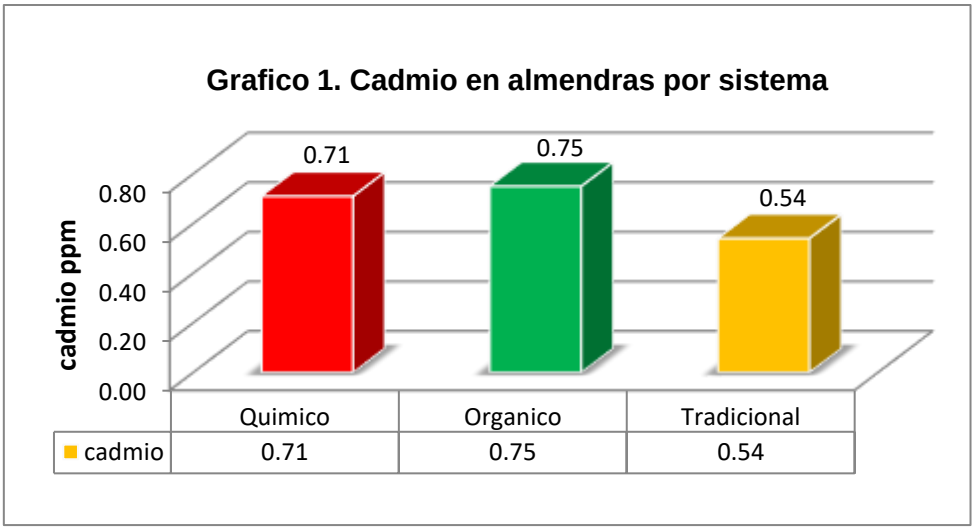
Tres parcelas fueron seleccionadas por cada sistema de manejo tradicional químico y orgánico y en cada una de ellas se colecto 0.5 kg de almendras frescas de cacao de la variedad CCN 51 en la época de producción del cultivo, las cuales fueron limpiadas y descontaminadas, colocadas en sobre de papel previamente rotulado, e introducidas en una estufa a 80º C por 24 horas, para luego pulverizar la muestra y prepararla para el análisis químico; posteriormente fueron colocadas en bolsas de plástico previamente identificadas y remitidas al laboratorio de suelos y tejidos de la UNA La Molina, para su respectivo análisis por cadmio y pH.

Para evaluar el contenido de cadmio total en cada sistema, se empleó el diseño de bloques completos al azar BCA con arreglo factorial con 9 tratamientos (3 sistemas x 3 parcelas) y 3 repeticiones por parcela.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Cuadro 1. Análisis de cadmio en almendra por sistema y parcela

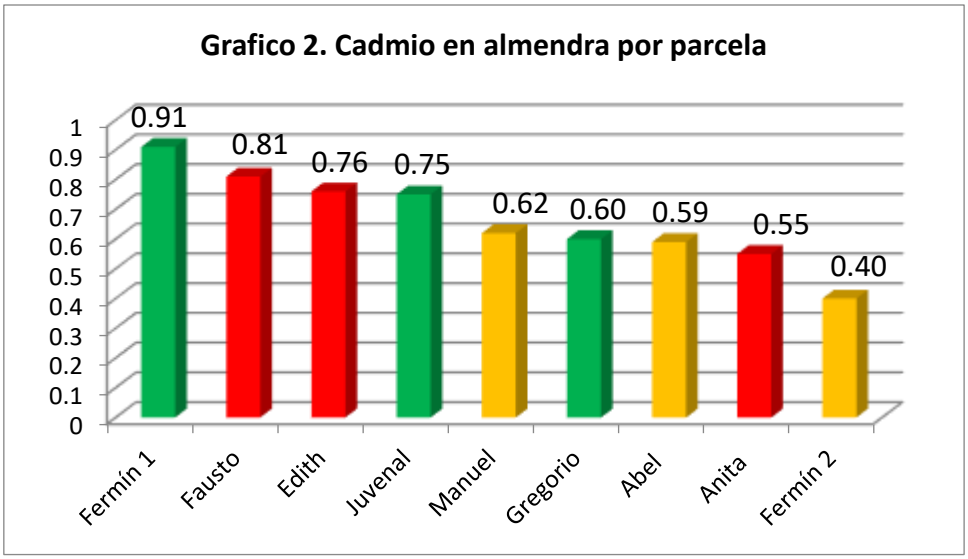
N°	Sistema de manejo	Parcela (propietario)	Repetición	Cd (ppm)
1	Químico	Anita	1	0.43
2			2	0.54
3			3	0.68
4		Edith	1	0.91
5			2	0.82
6			3	0.56
7		Fausto	1	0.52
8			2	1.21
9			3	0.70
10	Orgánico	Fermín I	1	0.91
11			2	0.80
12			3	1.02
13		Juvenal	1	0.55
14			2	0.84
15			3	0.87
16		Gregorio	1	0.60
17			2	0.68
18			3	0.52
19	Tradicional	Manuel	1	0.48
20			2	0.56
21			3	0.82
22		Fermín II	1	0.47
23			2	0.50
24			3	0.23
25		Abel	1	0.60
26			2	0.45
27			3	0.72



En el Cuadro 1 y Grafico 1, los resultados indican que, para cadmio en almendras, no se presenta diferencias estadísticas entre los sistemas orgánico y químico (0.75 y 0.71 ppm), pero expresan mayores valores que el sistema tradicional (0.54 ppm), aun cuando todos se encuentran por encima de los estándares establecidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS) el cual es de 0.50 ppm en almendras de cacao.

Los niveles más altos de cadmio encontrados en los sistemas orgánico y químico podrían deberse a que, además de su concentración natural en el suelo, los agricultores realizan la aplicación de roca fosfórica y otros insumos fosforados para la nutrición de sus cultivos, sin tener en cuenta que estos insumos contienen altas cantidades de metales principalmente cadmio.

Por otro lado, en el Cuadro 1 y Grafico 2, observamos que los contenidos más altos de cadmio en almendra en promedio por parcela, se encuentran en las parcelas 4 (orgánico) y 3 (químico), con valores de 0.91 y 0.81 ppm, respectivamente. Cabe destacar que todos los resultados obtenidos en el análisis de muestras de cacao en las 9 parcelas están ligeramente por encima de lo establecido por la OMS, a excepción de la parcela 8 (tradicional) con un valor de 0.40 ppm.

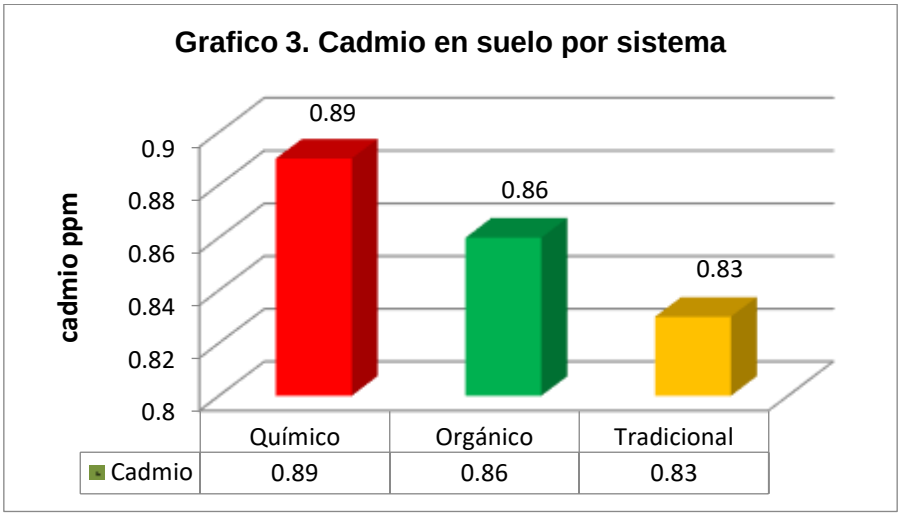


Cuadro 3. Resultados de análisis de NPK y pH en almendra

N°	Sistema de manejo	Código	N (%)	P (%)	K (%)	pH (H2O)
1	Químico	M-1 A	2.28	0.86	1.85	5.01
2		M-2 A	2.26	0.84	1.83	4.74
3		M-3 A	2.25	0.83	1.82	4.63
4	Orgánico	M-4 A	2.25	0.81	1.80	4.60
5		M-5 A	2.26	0.84	1.83	4.81
6		M-6 A	2.26	0.85	1.84	5.01
7	Tradicional	M-7 A	2.26	0.84	1.83	4.97
8		M-8 A	2.28	0.86	1.85	5.04
9		M-9 A	2.28	0.85	1.84	5.01

Por otro lado, los resultados del contenido de cadmio intercambiable en el suelo (Cuadro 3 y Grafico 3) muestran que entre sistemas de manejo, no hay diferencias significativas (0.89, 0.86 y 0.83 ppm para sistemas químico, orgánico y tradicional, respectivamente) pero son ligeramente mayores a los reportados por Huamani et al, en el 2014, quien concluye que los niveles de cadmio oscilan entre 0.43 a 0.59 ppm, con valores de pH que varían de 4.8 a 5, así como a los encontrados por la Cardenas,2012, en la zona de Tingo María, quien aduce que en un suelo donde se cultiva cacao; los rangos de cadmio intercambiable están

entre 0.10 a 0.30 ppm y en exceso de 0.60 ppm a más. Igualmente se corroboran los resultados obtenidos por Fernández (2016) quien al evaluar muestras de suelo de plantaciones cacaoteras en la localidad de San Alejandro bajo los tres sistemas mencionados encontró valores de cadmio que van desde los 0.80 a 0.92 ppm a una profundidad de 0 a 10 cm.

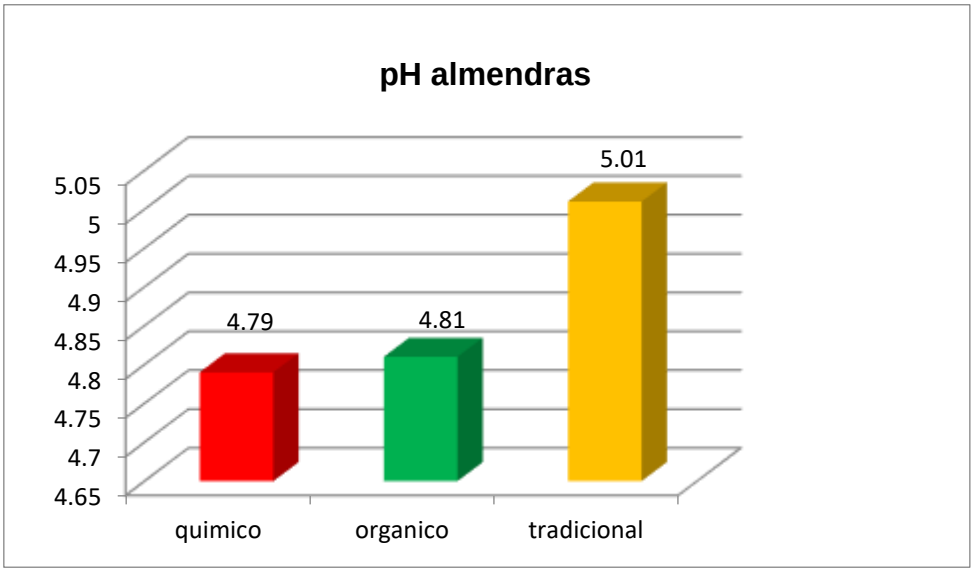


Por otro lado, al correlacionar el contenido de cadmio total en almendras y cadmio intercambiable en el suelo; los resultados demuestran que existe una correlación significativa entre ambos; aduciendo que la planta está absorbiendo este metal en cantidades similares y/o superiores a lo contenido en el suelo, corroborando con la investigación realizada por Cárdenas y Huamaní al mencionar que la mayor parte del cadmio que la planta absorbe lo concentra en las almendras.

De igual forma por los datos obtenidos de pH en el suelo que se expresan en el Cuadro 4 y Grafico 4, las almendras de los tres sistemas evaluados muestran una fuerte acidez (4.79, 4.81 y 5.01) por lo que se correlacionan significativamente con los valores ligeramente excesivos de cadmio (0.75, 0.71 y 0.54 ppm); demostrando una vez más que el pH influye en la absorción de cadmio y en la disponibilidad de ciertos elementos en presencia de dicho metal; es decir que cuanto más bajo es el nivel de pH mayor es el contenido de cadmio.

Cuadro 4. Análisis de suelo por sistema y parcela

N°	Sistema de manejo	Parcela (propietario)	Cd (ppm)	N (%)	P (ppm)	K (cmol/lt)	pH
1	Químico	Anita	1.00	0.09	9.64	0.22	4.62
2		Edith	0.81	0.08	9.56	0.23	4.78
3		Fausto	0.85	0.10	9.56	0.21	4.86
4	Orgánico	Fermín I	0.90	0.09	10.78	0.27	4.74
5		Juvenal	0.75	0.09	10.02	0.24	4.86
6		Gregorio	0.93	0.11	8.45	0.26	5.73
7	Tradicional	Manuel	0.93	0.11	8.75	0.26	5.68
8		Fermín II	0.69	0.10	9.13	0.25	5.56
9		Abel	0.86	0.10	9.13	0.20	4.58



CONCLUSIONES

Los sistemas orgánico y químico presentan mayor contenido de cadmio en almendras de cacao con valores de 0.75 y 0.71 ppm respectivamente los cuales están por encima de los estándares establecidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS) el cual es de 0.50 ppm en almendras de cacao.

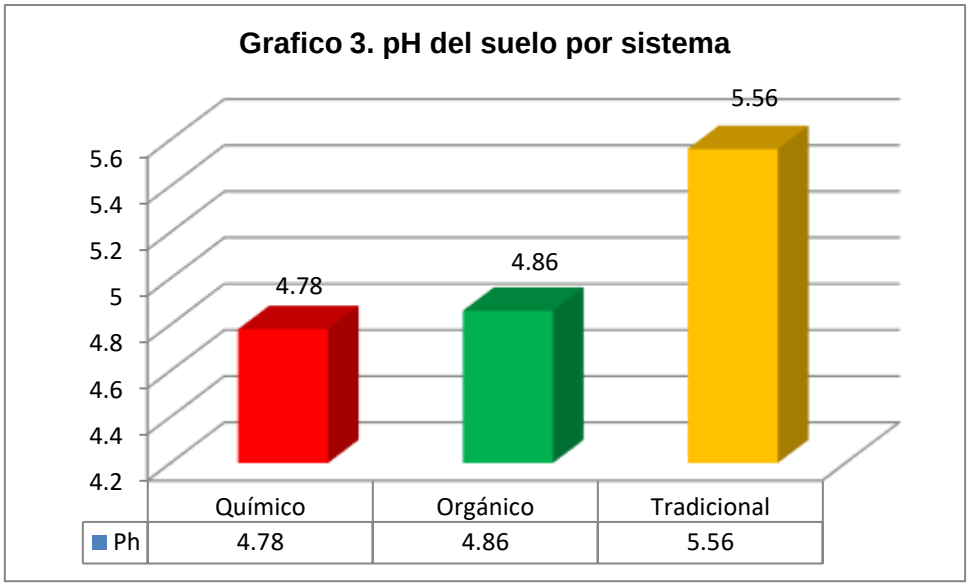
Los contenidos más altos de cadmio se encuentran en las parcelas 4 (orgánico) y 3 (químico) con valores de 0.91 y 0.81 ppm respectivamente. Las demás parcelas también están ligeramente por encima de los límites permisibles por la OMS, a excepción de la parcela 8 (tradicional) con un contenido de 0.40 ppm

Se observa correlación positiva entre el contenido de cadmio en el suelo con el contenido de fosforo; por el contrario, se obtuvo una correlación negativa entre cadmio y el contenido de nitrógeno, potasio y pH. Los datos obtenidos de pH en el suelo se correlacionan significativamente con los valores ligeramente excesivos de cadmio (0.89, 0.86 y 0.83 ppm) a 10 cm de profundidad; corroborando que cuanto más bajo es el nivel de pH mayor es el contenido de cadmio en el suelo.

Se observa correlación altamente significativa, pero negativa entre el contenido de cadmio con el contenido de nitrógeno, fosforo, potasio y pH; demostrando una vez más que el pH influye en la absorción de cadmio y en la disponibilidad de ciertos elementos en presencia de dicho metal.

En cuanto al contenido de cadmio total en almendras en comparación con el contenido de cadmio intercambiable en el suelo; los resultados demuestran que existe una correlación significativa; aduciendo que la planta está absorbiendo este metal en cantidades similares y/o superiores a lo contenido en el suelo.

De igual forma, por los datos obtenidos de pH en el suelo que se expresan en el grafico 3, los tres sistemas indican suelos de reacción muy fuertemente acida (4.78 y 4.86) y fuertemente acida (5.56) que se correlacionan significativamente con los valores ligeramente excesivos de cadmio en almendra (0.89 ppm, 0.86 ppm y 0.83 ppm) a 10 cm de profundidad; confirmando los datos obtenidos por Fernández 2016 y Arévalo 2012, quienes mencionan que la mayor cantidad de cadmio se concentra de 0 a 10 cm del suelo y que cuanto más bajo es el nivel de pH mayor es el contenido de cadmio en el suelo.



Estos niveles altos de cadmio en los sistemas químico y orgánico podrían atribuirse en primer lugar a su concentración natural en el suelo o debido a la frecuente aplicación de fertilizantes fosforados, ya que la principal materia prima de estos es la roca fosfórica, constituida principalmente por apatita que además de fósforo (P) contiene cadmio (Cd) el cual varía entre 8 y 500 mg de Cd/kg de P (Bonilla, *et al*, 2002).

Finalmente, se ha demostrado que existe una correlación significativa entre el contenido de cadmio en el suelo y en las almendras con el pH del suelo y de las almendras, respectivamente, debido a que probablemente la planta está absorbiendo este metal en cantidades similares y/o superiores a lo contenido en el suelo, corroborando con la investigación realizada por Cárdenas y Huamaní al mencionar que la mayor parte del cadmio que la planta absorbe lo concentra en las almendras.

CONCLUSIONES

Los sistemas orgánico y químico presentan mayor contenido de cadmio total en almendras de cacao con valores de 0.75 y 0.71 ppm respectivamente los cuales están por encima de los estándares establecidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS) el cual es de 0.50 ppm en almendras de cacao.

Para el caso de cadmio intercambiable en el suelo, los sistemas químico y orgánico presentan mayor contenido de cadmio total con valores que están entre 0.89 y 0.86 ppm respectivamente, pero que están dentro de los niveles establecidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS) cuyo rango permisible es de 3 ppm.

Se presentó una correlación significativa entre el contenido de cadmio en el suelo y en la almendra con el pH del suelo y de la almendra de cacao, respectivamente.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional de Ucayali por su apoyo financiero a través del proyecto FOCAM y a la Asociación de Cacaoteros Tecnificados de Padre Abad ACTPA por su colaboración

BIBLIOGRAFÍA

Arévalo, E. 2012. Estado de los metales pesados en suelos de los departamentos de mayor crecimiento de cacao en la amazonia peruana. In Congreso Latinoamericano de la Ciencia del suelo. Cuzco. Perú.

Calderón y Concha, 2000. Evaluación de las concentraciones de metales pesados para determinar la calidad de frutas de consumo masivo en la ciudad de Piura. Universidad Nacional de Piura.

Cárdenas, A. 2012. Presencia de cadmio en algunas parcelas de cacao orgánico de la Cooperativa Agraria Industrial Naranjillo, Tingo María, Perú. Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Huánuco. Perú. 96 p.

Centro de Innovación Tecnológica del Cacao. (CITE CACAO – USAID PDA). 2011. Estudio "Contenido de cadmio y plomo en la producción de cacao en San Martin". Consultores: Huamani, H y Huauya, M. Tarapoto, San Martín, Perú.

Contreras, F. T. Herrera. A. Izquierdo. 2012. Efecto de dos fuentes de carbonato de calcio (CaCO3) sobre la disponibilidad de cadmio para plantas de cacao (*Theobroma cacao L*.) en suelos de Barlovento, Estado Miranda. Universidad Central de Venezuela. *En*: Revista Venesuelos 13 pp 52-63

Fernández, B. 2015. "Contenido de cadmio en suelos cacaoteros bajo tres niveles de manejo del cultivo en San Alejandro distrito de Irazola Provincia de Padre Abad departamento de Ucayali". Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional de Ucayali. 78 pág.

Galán y Romero, 2004. Contaminación de suelos por metales pesados. (http://www.ine.gob.mx/sqre-temas/763-aqre-metales,2008).

Huamaní, H.; M. Huauya, L. Mansilla, N. Florida, y G. Neira. 2012. Presencia de cadmio en algunas parcelas de cacao orgánico de la Cooperativa Agraria Industrial Naranjillo, Tingo María, Perú. *En* Revista. Acta Agronómica. Vol.61 No.4 Palmira. Colombia

Lora, R. H. Bonilla. 2010. Remediación de un suelo de la cuenca alta del rio Bogotá contaminado con los metales pesados cadmio y cromo. Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales. *En* Revista Actualidad & Divulgación Científica 13 (2): 61-70

Lora, R. 2001. El silicio en la agricultura con énfasis en la producción de arroz. En: Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. Los elementos secundarios y el silicio en la agricultura. p. 125-135.

Martínez, G., & Palacio, C 2010. Tesis: determinación de metales pesados cadmio y plomo en suelos y granos de cacao fresco y fermentado mediante espectroscopia de absorción atómica de llama. Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia.

Matamoros, A. 2003. Suelos contaminados por metales traza. En: Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. Manejo Integral de la fertilidad del suelo. Ed. Guadalupe Ltda. Bogotá. p. 23-30.

Mejía, L. 1998. Degradación de suelos y cultivos por contaminación con elementos traza y pesados de diversas fuentes de Colombia. En: Encuentro Nacional de Labranza de Conservación. Villavicencio, Biblioteca Germán Arciniegas. p. 97-145

Ministerio de Agricultura y Riego. 2016. Estudio del cacao en el Perú y en el mundo. Situación Actual y Perspectivas en el Mercado Nacional e Internacional al 2015. Dirección de Estudios Económicos e Información Agraria. Lima. 90 p.