

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

Instituto de Investigación de Ciencias Agropecuarias



Determinación de niveles de concentración de cadmio (Cd) en hojas de cacao (*Theobroma cacao L*) cultivado bajo tres sistemas de manejo en San Alejandro-Distrito de Irazola-Provincia de Padre Abad-Departamento de Ucayali

M. Sc. JOSE ANTONIO LOPEZ UCARIEGUE
Tesista DEYVIS RAMIREZ CHUJUTALLI

Pucallpa Perú

Abril 2018

ARTICULO CIENTIFICO

“DETERMINACION DE NIVELES DE CONCENTRACION DE CADMIO (Cd) EN HOJAS DE CACAO (*Theobroma cacao L*) CULTIVADO BAJO 3 SISTEMAS DE MANEJO EN SAN ALEJANDRO - DISTRITO DE IRAZOLA - PROVINCIA DE PADRE ABAD – DEPARTAMENTO DE UCAYALI”

LOPEZ, J. (1) RAMIREZ, D. (2)

(1) Docente FCA Universidad Nacional de Ucayali. Carretera Federico Basadre km 6.200 Pucallpa

(2) Tesista FCA Universidad Nacional de Ucayali. Carretera Federico Basadre km 6.200 Pucallpa

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó en la zona de San Alejandro Aguaytía, entre los meses de abril a diciembre del año 2016, con el propósito de evaluar el contenido de cadmio foliar en plantas de cacao CCN 51 de 8 años de edad, bajo tres sistemas de manejo: tradicional, orgánico y químico, evaluados mediante un diseño experimental BCA con 3 repeticiones por cada sistema de cultivo.

La metodología incluyó la colecta de 5 a 10 hojas frescas por planta de cacao en cada parcela seleccionada, obteniendo 60 hojas en total por parcela. Luego de colectarlas, se procedió a secarlas a estufa por 24 horas a 125°C y molidas. Este material se llevó a la UNA La Molina para la determinación del contenido de cadmio. Para la extracción de muestras de suelo se realizó pequeñas calicatas de 40 x 40 cm de ancho por 10 cm de profundidad, de las cuales se tomaron 3 submuestras que fueron mezcladas para obtener una muestra de 1 kg de suelo por parcela.

Se concluye que, los contenidos medios de cadmio en hojas en los sistemas tradicional y orgánico no muestran diferencias estadísticas entre parcelas. Sin embargo, para el caso del contenido medio de cadmio foliar en el sistema químico si hubo diferencias altamente significativas entre parcelas.

Independiente de los sistemas, en todas las parcelas, los datos son superiores a los encontrados por Huamani (2012), en las zonas de Huánuco y Ucayali y menores a los reportados por Cárdenas en el mismo año en la zona de Tingo María. Pero en todos los casos son superiores al nivel crítico permisible de cadmio por la OMS en hoja que es de 0.5 mg kg⁻¹ de cadmio.

Palabras claves: cacao, cadmio, hojas, manejo

ABSTRACT

The present research work was carried in the San Alejandro Aguaytía area, between the months of April to December 2016, with the purpose of evaluating the content of leaf cadmium in cocoa plants CCN 51 of 8 years of age, under three management systems: traditional, organic and chemical, evaluated by means of an experimental BCA design with 3 repetitions for each culture system.

The methodology included the collection of 5 to 10 fresh leaves per cocoa plant in each selected plot, obtaining 60 leaves in total per plot. After collecting them, they were dried in a stove for 24 hours at 125 ° C and milled. This material was taken to UNA La Molina for the determination of cadmium content. For the extraction of soil samples, small pits of 40 x 40 cm wide by 10 cm deep were made, of which 3 subsamples were taken and mixed to obtain a sample of 1 kg of soil per plot.

It's concluded that the average contents of cadmium in leaves in the traditional and organic systems do not show statistical differences between plots. However, in the case of the average content of foliar cadmium in the chemical system, there were highly significant differences between plots.

Independent of the systems, in all the plots, the data are superior to those found by Huamani (2012), in the Huánuco and Ucayali areas and lower than those reported by Cárdenas in the same year in the Tingo María area. But in all cases they are superior to the permissible critical level of cadmium by the OMS in leaf that is 0.5 mg kg⁻¹ of cadmium.

Keywords: cocoa, cadmium, leaves, handling

INTRODUCCION

Es importante considerar que la planta de cacao no necesita cadmio para sus procesos y que los elementos que transportan zinc también transportan cadmio; y cuando hay ausencia de zinc en el suelo, la planta tiende a absorber mayor cantidad de cadmio; que la solubilidad del cadmio es mayor a pH más bajos, por lo que se podría variar la disponibilidad de cadmio en suelos controlando el pH del suelo. Hay que resaltar que existen genotipos de cacao (variedades de las especies) que presentan una mayor absorción de cadmio en la planta que otras; y que la distribución en una misma planta varía en raíz, tronco y semilla, de acuerdo a la variedad. Por lo tanto, un genotipo que transporta cadmio por raíz y tronco, es mejor que un genotipo que lo transporta a la semilla; ya que la semilla es la materia prima principal para los productos del cacao. En la misma consideración de las variedades, se debe tener en cuenta que existen variedades de cacao que asimilan menos cadmio del suelo, las cuales se deben estudiar, mejorar y propagar (D, Kadow. 2015).

Nuestro país tiene una gran biodiversidad natural de cacao, lo que se podría utilizar como estrategia para la reproducción y desarrollo de estas especies resistentes.

La gran variabilidad de especies (biodiversidad) de cacao de origen que posee Perú puede ser el mayor potencial de estudio y producción, para lograr utilizar variedades que asimilen el cadmio en otros elementos que no sean el fruto y semillas (D, Kadow. 2015).

Algo que es muy importante resaltar, dentro de las conclusiones que la OMS sobre este metal pesado es que: conforme se van desarrollando más estudios sobre el potencial de contaminación y daño al ser humano expuesto a este nocivo elemento, se determina que los daños graves e irreversibles se producen

a mucho menores concentraciones de cadmio en el organismo humano que los rangos determinados por la Organización Mundial de la Salud (OMS) (D, Kadow. 2015).

Según el Reglamento N° 488/2014 de la Comisión Europea (12/05/2014) en lo que respecta al contenido máximo de cadmio en los productos derivados del cacao y chocolates, el límite máximo permitido de cadmio en granos de cacao es de 0,50 mg/kg peso fresco y que entrará en vigencia a partir del 1 de enero de 2019

Teniendo en cuenta que el cacao es un alimento de alto consumo que puede contener cantidades considerables de metales pesados, que afectan la salud del consumidor y que podrían causar el rechazo del producto en el mercado internacional, el desarrollo de este trabajo de investigación es importante porque actualmente no hay información referente al contenido de metales pesados en las hojas que van a repercutir sobre la calidad de los granos y los productos procesados de cacao en la región Ucayali

MATERIALES Y METODO

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en 9 parcelas manejadas bajo 3 sistemas de producción (químico, orgánico y tradicional) en la localidad de San Alejandro capital del Distrito de Irazola Provincia de Padre Abad, Departamento de Ucayali.

Se empleó el diseño de Bloques completos al azar BCA para cada uno de los sistemas tradicional orgánico y químico y finalmente se contrastaron los tres sistemas cuyos promedios de cadmio en hojas fueron comparados mediante la prueba de Duncan al 0.05 nivel de significación

Para el efecto, se colectó simultáneamente entre 5 a 10 hojas frescas por planta de cacao en cada parcela seleccionada, obteniendo un total de 60 hojas en promedio por cada parcela. Luego de colectar las muestras de hoja, se procedió a embolsarlas y etiquetarlas convenientemente para luego trasladarlas al laboratorio de suelos de la UNU, donde se procedió a secar a estufa por 24 horas a 125°C y de allí se realizó la molienda de las hojas secas con ayuda de un molino manual, lográndose un peso promedio de 20 g de hoja seca molida por cada repetición, parcela y sistema, respectivamente. Este material se llevó a la UNA La Molina para su determinación del contenido de cadmio.

Para la extracción de muestras de suelo se realizó pequeñas calicatas de 40 x 40 cm de ancho por 10 cm de profundidad, de las cuales se tomaron 3 submuestras que fueron mezcladas para obtener una muestra de 1 kg de por parcela.

Las muestras de hojas de cacao fueron secadas y molidas en el laboratorio de suelos de la Universidad Nacional de Ucayali (UNU), posteriormente para cada análisis (27 muestras) se colocó 20 gr. de hojas por muestra en bolsas ziploc de doble cierre de medidas 16 x 5 cm con su respectivo código y puestos dentro de

sobres de manila para ser enviados a la Universidad Nacional Agraria la Molina, para su respectivo análisis.

Para el caso de muestras de suelo éstas también fueron secadas, tamizadas, pesadas y posteriormente se colocó 100 gr. de suelo por muestra en 9 bolsas ziploc de doble cierre de medidas 16 x 5 cm para su respectivo envío y posterior análisis.

RESULTADOS Y DISCUSION

Contenido de cadmio en el suelo por sistema de manejo.

En promedio de las localidades evaluadas, el contenido de cadmio disponible en suelo en los tres sistemas estudiados, no muestra diferencias, conforme se aprecia en la tabla 1., pero sus valores son ligeramente superiores a los reportados por la COOPAIN, quien sostiene que un suelo donde se cultiva cacao; los rangos de cadmio normal están entre 0.10 a 0.30 ppm y exceso de 0.60 ppm a más. De igual manera 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 10 cm.

Tabla 1. Contenido de Cd en el suelo por sistema

Sistema	Cd mg kg ⁻¹	significación
tradicional	0.90	a
químico	0.90	a
orgánico	0.76	a

En el sistema químico, el contenido más alto de cadmio en el suelo fue encontrado en la localidad de Nuevo Ucayali, con un valor ligeramente superior a los reportados para las localidades de Vista Alegre de Chía y Valle Sagrado, conforme se observa en el grafico 1.

En el sistema orgánico, el contenido más alto de cadmio en el suelo fue encontrado en la localidad de Vista Alegre de Chia, con un valor ligeramente superior a los encontrados en las localidades de Porvenir y Tahuantinsuyo, conforme se observa en el grafico 1.

Para el caso del sistema tradicional, el contenido más alto de cadmio en el suelo fue encontrado en las localidades de Asunción de Aguaytillo y Vista Alegre de Chía, con un valor ligeramente superior al que mostro la localidad de Bajo Shiringal, conforme se observa en el grafico 1.

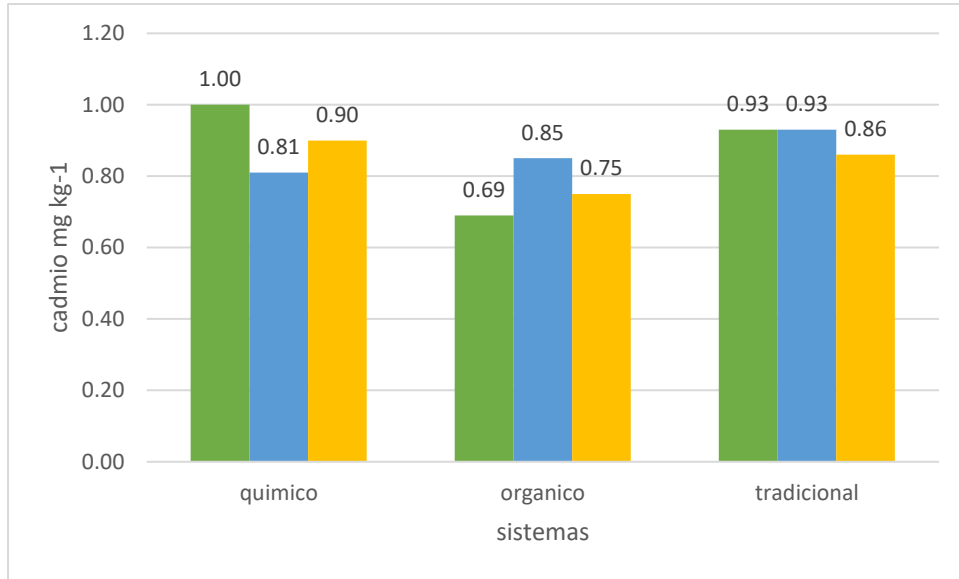


Grafico 1. Cadmio en suelo por localidades en sistemas

Es de notar que, conforme se observa en el grafico 2, los niveles más altos de cadmio en el suelo se encuentran en las localidades donde se evaluó el sistema de manejo químico, 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) con contenidos medios que varían entre 8 y 500 mg de Cd/Kg de P (Bonilla, *et al*, 2002).

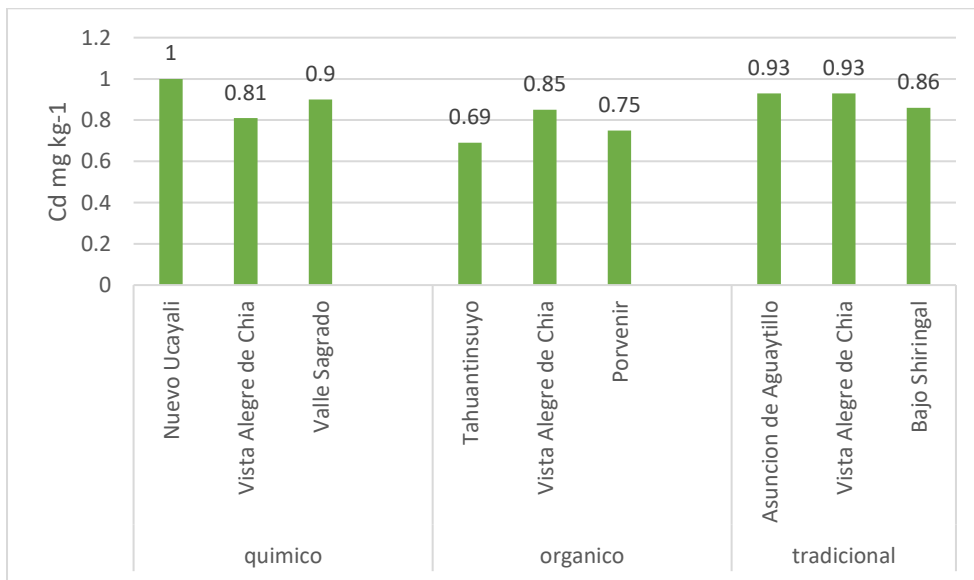


Gráfico 2. Cadmio en suelo por sistemas

Contenido de cadmio en hojas por sistema

En el sistema de manejo químico, los valores más altos del metal pesado en hoja fueron encontrados en la localidad de Valle Sagrado y Vista Alegre de Chía, superiores al que se encontró en la localidad de Nuevo Ucayali, conforme se observa en la tabla 2.

Tabla 2. Contenido de Cd foliar por localidad en sistema químico

Localidad	Cd mg kg ⁻¹	significación
Valle Sagrado	2.21	a
Vista Alegre de Chía	1.19	ab
Nuevo Ucayali	0.72	b

Sin embargo, conforme se aprecia en el grafico 3, estos datos son similares a los encontrados por Arévalo (2017) en ocho departamentos cacaoteros del Perú, con valores menores a 3 mg kg⁻¹ de cadmio en hojas y superiores a los registrados por Huamani (2012), con 0.21 ppm de cadmio en las zonas de Huánuco y Ucayali y menores a los reportados por Cárdenas en el mismo año, quien encontró en promedio 2.84 ppm de cadmio en hojas en la zona de Tingo María. Y en todos los casos reportados por localidades, son superiores al nivel crítico permisible de cadmio en hoja que es de 0.5 ppm de cadmio.

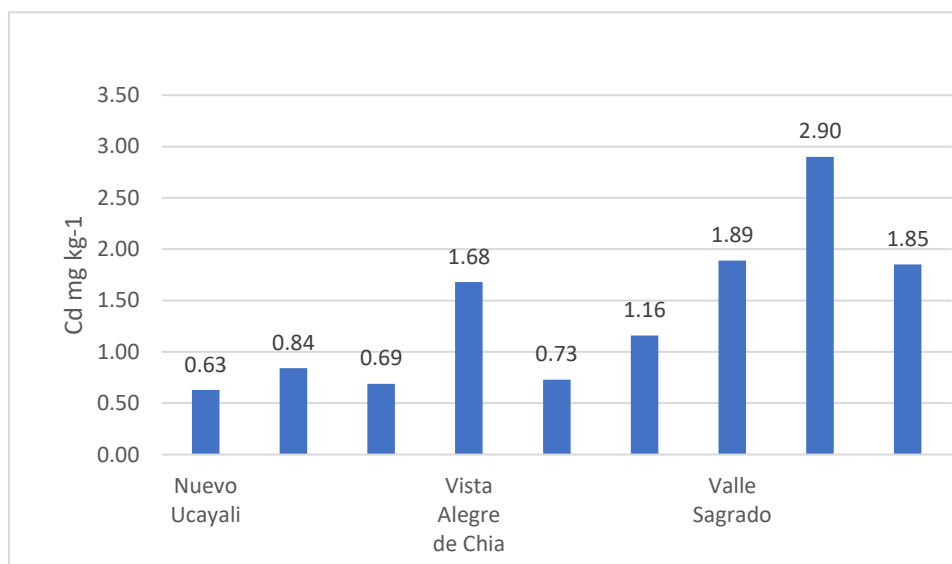


Gráfico 3. Cadmio foliar en sistema químico por localidad

En el sistema de manejo orgánico, los valores de cadmio foliar no presentan diferencias significativas entre localidades, sin embargo, el valor más alto fue reportado en la localidad de Valle Sagrado y el menor en la localidad de Porvenir, conforme se observa en la tabla 3.

Tabla 3. Contenido de Cd foliar por localidad en sistema orgánico

Localidad	Cd mg kg ⁻¹	significación
Vista Alegre de Chía	1.74	a
Tahuantinsuyo	1.37	a
Porvenir	1.30	a

Sin embargo, conforme se aprecia en el gráfico 4, estos datos son menores a los encontrados por Arévalo (2017) en ocho departamentos cacaoteros del Perú, con valores menores a 3 mg kg⁻¹ de cadmio en hojas y, superiores a los encontrados por Huamani (2012), con 0.21 ppm de cadmio en las zonas de Huánuco y Ucayali y menores a los reportados por Cárdenas en el mismo año, quien encontró en promedio 2.84 ppm de cadmio en hojas en la zona de Tingo María. Y en todos los valores reportados por localidad, son superiores al nivel crítico permisible de cadmio en hoja que es de 0.5 ppm de cadmio

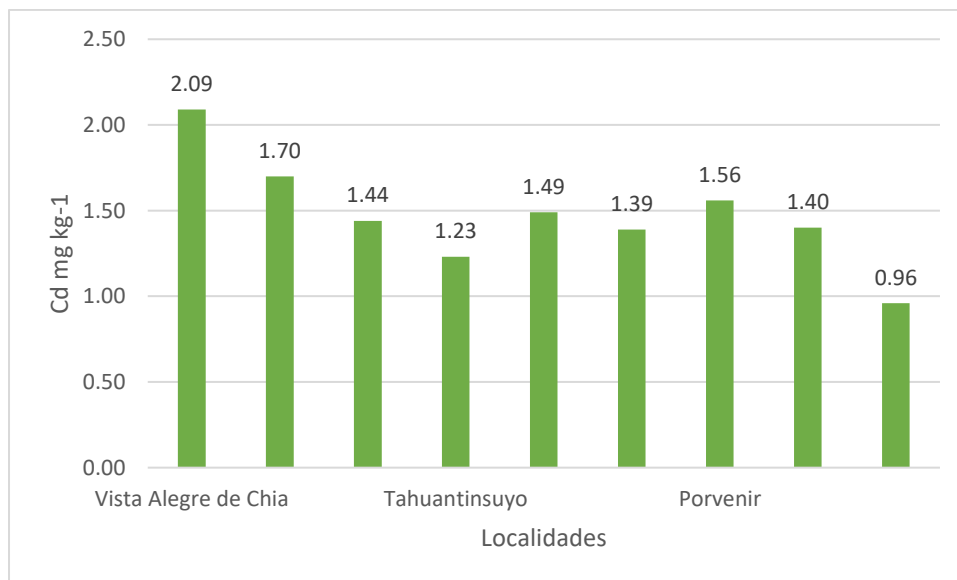


Gráfico 4. Cadmio foliar en sistema orgánico por localidad

En el sistema de manejo tradicional, los valores de cadmio foliar al igual que en el caso anterior, no presentan diferencias significativas entre localidades, sin embargo, el valor más alto fue reportado en la localidad de Asunción de Aguaytillo y el menor en la localidad de Vista Alegre de Chía, conforme se aprecia en la tabla 4.

Tabla 4. Contenido de Cd foliar por localidad en sistema tradicional

Localidad	Cd mg kg ⁻¹	significación
Asunción de Aguaytillio	1.25	a
Bajo Shiringal	0.83	a
Vista Alegre de Chía	0.75	a

Sin embargo, conforme se aprecia en el gráfico 5, estos datos menores a los encontrados por Arévalo (2017) en ocho departamentos cacaoteros del Perú, con valores menores a 3 mg kg⁻¹ de cadmio en hojas, pero superiores a los encontrados por Huamani (2012), con 0.21 ppm de cadmio en las zonas de Huánuco y Ucayali y menores a los reportados por Cárdenas en el mismo año, quien encontró en promedio 2.84 ppm de cadmio en hojas en la zona de Tingo María. Y en la mayoría de los valores encontrados en este sistema, son superiores al nivel crítico permisible de cadmio en hoja que es de 0.5 ppm de cadmio

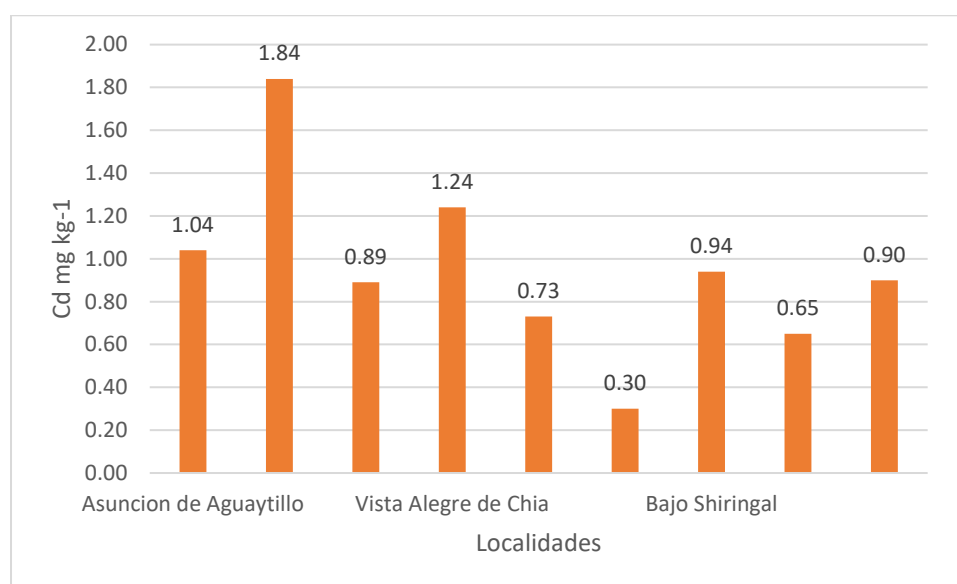


Gráfico 5. Cadmio foliar en sistema tradicional por localidad

Finalmente, en cuanto se refiere al contenido de cadmio en hoja en comparación con el contenido de cadmio en el suelo; los resultados (Gráfico 6) demuestran que la planta está absorbiendo este metal en cantidades similares y/o superiores a lo contenido en el suelo, corroborando con las investigaciones realizadas por Cárdenas y Huamaní. (2012)

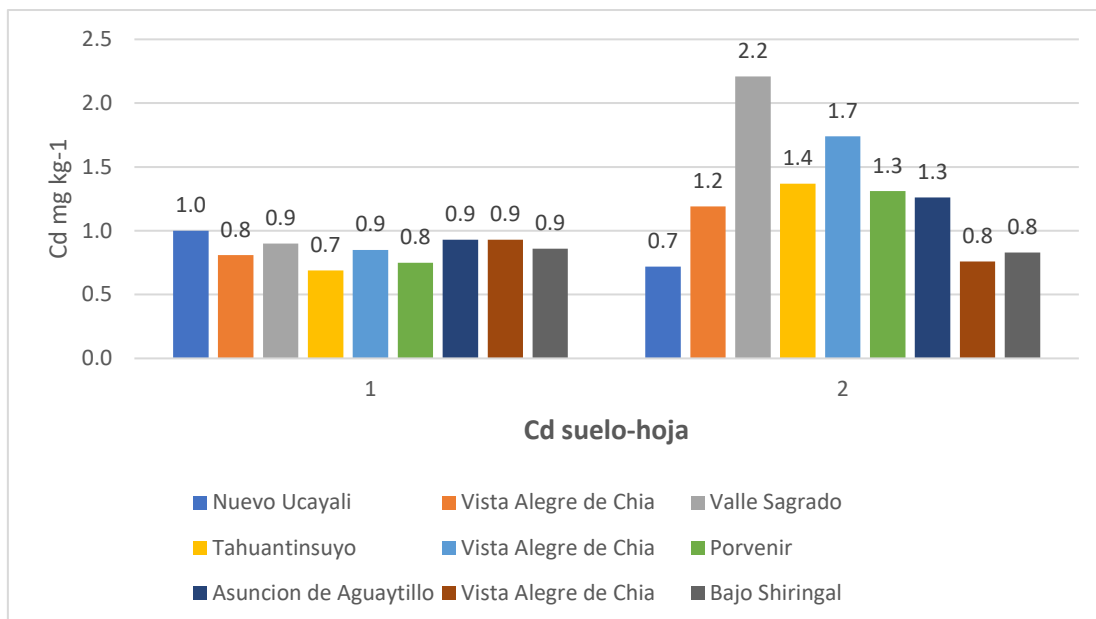


Gráfico 6. Cadmio suelo-foliar en sistema por localidad

Relación entre cadmio en suelo y hojas por sistema

Los valores de cadmio en suelo y hoja para el sistema químico muestran una moderada relación, porque mientras se incrementa el cadmio en el suelo, se reduce el contenido de cadmio en las hojas, con un coeficiente de correlación de 38 % posiblemente debido a la alta variación entre los valores presentados.

Tabla 5. Relación entre los valores de Cd en suelo y hojas por sistema

Relación	Ecuación	R ²
Cd suelo-hoja (químico)	$y = -4.91x + 5.70$	0.38
Cd suelo-hoja (orgánico)	$y = 0.63x + 0.93$	0.05
Cd suelo-hoja (tradicional)	$y = 1.77x + 1.86$	0.65

Por su parte, los valores de cadmio en suelo y hoja para el sistema orgánico muestran una escasa relación, donde el incremento de cadmio en el suelo y en las hojas no es muy significativa, con un coeficiente de correlación de 5 % posiblemente debido a la reducida variación entre los valores presentados.

Los valores de cadmio en suelo y hoja para el sistema tradicional muestran una alta relación, donde el contenido de cadmio en el suelo aumenta mientras el contenido de cadmio en las hojas disminuye, con un coeficiente de correlación de 65.2 % posiblemente debido a la amplia variación entre los valores presentados.

CONCLUSIONES

No se presentó diferencias por el contenido de cadmio en el suelo para los tres sistemas en las localidades evaluadas, con valores promedios de 0.90, 0.90 y 0.76 mg kg⁻¹ de cadmio, para los sistemas químico, orgánico y tradicional

respectivamente, aun cuando están por debajo de los niveles permisibles por la Organización Mundial de la Salud (OMS).

Los contenidos medios de cadmio en hojas por localidad en el sistema químico muestran diferencias altamente significativas, con valores de 2.21, 1.19 y 0.72 mg kg⁻¹ de cadmio para las localidades de Valle Sagrado y Nuevo Ucayali, respectivamente, y son superiores a los niveles permisibles por la Organización Mundial de la Salud (OMS).

Los contenidos medios de cadmio en hojas por localidad en los sistemas orgánico no presentan diferencias entre localidades con valores de 1.74, 1.37 y 1.30 mg kg⁻¹ de cadmio para las localidades Vista Alegre de Chía, Tahuantinsuyo y Porvenir, respectivamente, pero están por encima de los niveles establecidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS).

Los contenidos medios de cadmio en hojas por localidad en los sistemas tradicional no presentan diferencias entre localidades con valores de 1.25, 0.83 y 0.75 mg kg⁻¹ de cadmio para las localidades Asunción de Aguaytillo, Bajo Shiringal y Vista Alegre de Chía, respectivamente, pero están por encima de los niveles establecidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS).

AGRADECIMIENTO

Se agradece a la Universidad Nacional de Ucayali a través del proyecto FOCAM por el apoyo financiero parcial para la ejecución de esta investigación

BIBLIOGRAFIA

- Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición. (AESAN). 2013. Cadmio. Consultado 05 nov. 2013 (en línea).
- Agrodataperu. 2013. Exportaciones de cacao en granos de cacao 2012.
- Amores, F. 2012. Cadmio en suelos, almendras de chocolates: Implicaciones para exportación de cacao.
- Arévalo, E. 2014. Estado de los metales pesados en suelos de los departamentos de mayor crecimiento de cacao en la Amazonia peruana.
- Bonilla, et al. 2002 "Presencia de cadmio en fertilizantes fosforados de diferente procedencia comercializados en Chile". Revista SIMIENTE de la Sociedad Agronómica de Chile. Vol. 72 (1-2) enero-Junio 2002. Página 9-16.
- C, Jiménez 2015. Estado legal mundial del cadmio en cacao (*Theobroma cacao*): fantasía o realidad.
- Canessa, C. 2014. Futuros de cacao. Técnicas de trading.
- 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.
- Clemens, R. 2013. Plant science: the key to preventing slow cadmium poisoning. Trends Plant Sci, 18(2), 93-99. doi:10.1016/j.tplants.2012.08.003.

Comisión Europea. 2013. Reglamento de modificación (EC) N° 1881/2006 en lo que respecta a los límites máximos de cadmio en los productos alimenticios

Kadow ,D. 2015. Memoria de reunión Presencia de cadmio en cacao

Fernández, B. 2016. "Contenido de cadmio (Cd) en suelos cacaoteros bajo 3 niveles de manejo del cultivo en San Alejandro Distrito de Irazola – Provincia de Padre Abad – Departamento de Ucayali". Tesis Ingeniero Agrónomo UNU. Pucallpa

Fundación Hondureña de Investigación Agrícola, FHIA. 2011. Cacao y Agroforestería Informe técnico 2011. Honduras.

García, P.E.P. Y M.I. Azcona, 2012. "Los efectos del cadmio en la salud." *Espa. Méd Quir* 17: 199-205.

García, C. Luis; 2010. Cultivares de Cacao del Perú. Lima, Perú. MINAGRI, DEVIDA (2014) Segunda Reimpresión, junio 2014. 108 p.

Huamani-Yupanqui, H.a., Huauya-Rojas, M. A., Mansilla-Minaya, L. G., Florida-Rofner, N., & Neira-Trujillo, G. M. 2012. Presencia de Metales pesados en cacao orgánico (*Theobroma cacao* L.) crop. *Acta Agronómica*. 62 (4): 309-314.

IARC, 2012. A Review of Human Carcinogens: Arsenic, Metals, Fibers, and Dusts. Cadmium and Cadmium compounds. IARC Monogr. Eval. Carcinog. Risks Hum., 100C: 121-145.

ICCO, 2014. (Organización Internacional del Cacao). Informe Anual 2007/08-2012/13. ICCO 2014. Londres, Reino Unido.

IICA, 2016. El cadmio en cacao – Importancia, experiencias y soluciones

INIAP, 2012. Programa Nacional del cacao "Rehabilitación de cacaotales tradicionales". Boletín técnico No. 150. Pág 2-15.

INIAP Ecuador 2016. Anteproyecto de niveles máximos para el cadmio en el chocolate y productos derivados de cacao.

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.

Ministerio de Agricultura de Chile. 2012. Análisis de antecedentes técnicos y regulaciones internacionales relativas a criterios de protección de calidad del suelo.

Morales O.; 2015. La Alianza Cacao Perú y la cadena productiva del cacao fino de aroma. Lima, Perú. Universidad ESAN, 2015. – 182 p. – (Serie Gerencia para el Desarrollo; 49)

Panduro, K. 2011. Caracterización de la calidad de granos de cacao de los diferentes clones del semillero interclonal. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo Universidad Nacional de Ucayali.

Transmar Group, 2014. Situación y Perspectivas del Mercado Mundial de Cacao – Enfoque Américas. Marzo 2014.

UMA, Servicio de Espectrometría Atómica. 2013. Espectrometría de Absorción Atómica. Consultado 30 de nov. 2013.

Yadav, 2010. Heavy metals toxicity in plants: An overview on the role of glutathione and phytochelatins in heavy metal stress tolerance of plants. *South African Journal of Botany*, 76(2), 167-179.