

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

Instituto de Investigación de Ciencias Agropecuarias



**NIVELES DE CONCENTRACIÓN DE CADMIO (Cd) Y
PLOMO (Pb) EN EL SUELO, HOJAS Y ALMENDRAS
DE OCHO CLONES DE CACAO (*Theobroma cacao*
L.) EN EL JARDÍN INTERCLONAL DE LA
UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI**

**M. Sc. José Antonio López Ucarieque
Tesisista Teófilo Cartagena Cachique
Ing° Roger Vásquez Gómez**

Pucallpa – Perú

Abril 2018

ARTICULO CIENTIFICO

NIVELES DE CONCENTRACIÓN DE CADMIO (Cd) Y PLOMO (Pb) EN EL SUELO, HOJAS Y ALMENDRAS DE OCHO CLONES DE CACAO (*Theobroma cacao L.*) EN EL JARDÍN INTERCLONAL DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

LOPEZ, A. (1) CARTAGENA, T. (2) VASQUEZ, R. (3)

(1) Docente FCA Universidad Nacional de Ucayali. CFB km 6.200

(2) Tesista FCA Universidad Nacional de Ucayali. CFB km 6.200

(3) Docente FCA Universidad Nacional de Ucayali CFB km 6.200

RESUMEN

La investigación se llevó a cabo en el Jardín inter clonal de cacao de la Universidad Nacional de Ucayali, con el propósito de determinar la concentración de cadmio (Cd) y plomo (Pb) en el suelo, hojas y almendras de ocho clones de cacao (*Theobroma cacao L.*)

Para ello, se realizó una comparación de promedios entre los datos obtenidos por los clones, usando una prueba de t al 95 % de significación. De igual forma, se realizaron los análisis de correlación de Pearson entre los contenidos de plomo y cadmio disponibles en el suelo, hoja y almendras con los valores de pH, N, P y K en el suelo, hojas y almendras.

Para el caso de cadmio, los clones ICS-6, ICS-1, IMC-67, ICS-95, SCA-6, UF-29, POUND-12 y CCN-51 presentaron valores promedios en el suelo por debajo de los 3 ppm, considerados como límites permisibles. Mientras que en las hojas maduras los clones ICS-6, ICS-1, IMC-67, ICS-95, SCA-6, UF-29, POUND-12 y CCN-51 registraron valores por debajo de los límites permisibles por la Unión Europea

En el caso del plomo, los clones ICS-6, ICS-1, IMC-67, ICS-95, SCA-6, UF-29, POUND-12 y CCN-51 mostraron valores menores a 300 ppm de plomo intercambiables en el suelo y están por debajo de los límites permisibles. Para la evaluación en las hojas maduras los clones presentaron valores por debajo de los 10 ppm que son límites permisibles por la Unión Europea

Palabras claves. Cacao, suelo, hojas, almendras, cadmio, plomo

SUMMARY

The research was carried in the Interclonal Cocoa Garden of the National University of Ucayali, with the purpose of determining the concentration of cadmium (Cd) and lead (Pb) in the soil, leaves and almonds of eight clones of cocoa (*Theobroma cacao L.*)

For this, a comparison of averages was made between the data obtained by the clones, using a 95% t test of significance. Likewise, the Pearson correlation analyzes were carried out between the contents of lead and cadmium available in the soil, leaf and almonds with the pH, N, P and K values in the soil, leaves and almonds.

For the case of cadmium, clones ICS-6, ICS-1, IMC-67, ICS-95, SCA-6, UF-29, POUND-12 and CCN-51 presented average values in the soil below 3 ppm, considered as permissible limits. While in the mature leaves clones ICS-6, ICS-1, IMC-67, ICS-95, SCA-6, UF-29, POUND-12 and CCN-51 registered values below the limits allowed by the Union European

In the case of lead, clones ICS-6, ICS-1, IMC-67, ICS-95, SCA-6, UF-29, POUND-12 and CCN-51 showed values lower than 300 ppm of interchangeable lead in the soil and are below the permissible limits. For the evaluation in the mature leaves the clones presented values below the 10 ppm that are permissible limits by the European Union

Keywords. Cocoa, soil, leaves, almonds, cadmium, lead

INTRODUCCION

Actualmente el cacao peruano es reconocido mundialmente por su sabor y calidad, generando un impacto positivo en la economía peruana, y registrando un ingreso de 234 millones de dólares y un volumen de venta de 64.625 toneladas en el 2014. Esta cifra ha permitido que el Perú se consolide como el segundo país productor de cacao fino o de aroma en el mundo (ICCO, 2014).

Los beneficios del chocolate para la salud del corazón están bien documentados en la literatura científica. Pero una nueva revisión por parte de los científicos de la Universidad de Campinas en Brasil proyecta una sombra sobre el chocolate comercial como fuente segura para la obtención de estos beneficios, habiendo encontrado que muchos de los productos de chocolate se venden en Brasil contienen cantidades preocupantes de plomo y cadmio.

Asimismo, la inmejorable posición peruana puede cambiar según las investigaciones realizadas en plantaciones de cacao de las regiones Huánuco y Ucayali por Huamaní y Cárdenas, al encontrar valores promedios de 0.53 y 1.55 ppm de cadmio en suelo y almendras de cacao respectivamente, en suelos con valores de pH que oscilan de 4.8 a 5.1 demostrando el riesgo que este elemento se incremente debido a la fertilización fosfatada y a las características de acidez en nuestros suelos.

De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Organización de las Naciones Unidas (FAO) el límite máximo permitido de cadmio en granos de cacao es de 0,50 ppm peso fresco y que entrarán en vigencia a partir del 1 de enero de 2019 (Comisión Europea. 2013).

Con los valores encontrados en los estudios de Huamaní y Cárdenas, indican que para el 2019, la Unión Europea no estaría recibiendo el cacao peruano, lo que significaría una gran pérdida socioeconómica para el Perú.

Teniendo en cuenta que el cacao es un alimento de alto consumo que puede contener cantidades considerables de metales pesados, el objetivo de la investigación fue determinar la concentración de Cadmio (Cd) y Plomo (Pb) en el suelo, hojas y almendras de ocho clones de cacao ISC-6, ISC-1, IMC-67, ISC-95, SCA-6, UF-29, POUND-12 Y CCN-51 introducidos en 1994 en el Jardín interclonal de cacao de la Universidad Nacional de Ucayali.

MATERIALES Y METODO

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en el Jardín inter clonal de cacao de la Universidad Nacional de Ucayali, ubicado, en el km 6.200 de la Carretera Federico Basadre en la ciudad de Pucallpa, distrito de Calleria, Provincia de Coronel Portillo en la Región de Ucayali.

El suelo del jardín interclonal presenta las siguientes características: textura franco arcillosa, contenido medio de materia orgánica, fósforo disponible, bajo en la mayoría de cationes intercambiables y alta saturación de aluminio intercambiable

La población estuvo compuesta por las 859 plantas de cacao que derivan de 12 clones. De estos clones se seleccionaron solo 8 y por cada clon selecto, se tomó 5 plantas, que fueron evaluadas por su contenido de cadmio y plomo en el suelo, hojas y almendras, entre los meses de marzo a octubre del 2016

Para evaluar el contenido de cadmio y plomo en suelo hojas y almendras, solo se realizó una comparación de promedios entre los datos obtenidos por los clones, usando una prueba de t al 95 % de significación, los que fueron procesados en el paquete estadístico SPSS 10 (2000).

De igual forma, se realizaron los análisis de correlación de Pearson entre los contenidos de plomo y cadmio disponibles en el suelo, hoja y almendras con variables pH, N, P y K en el suelo, hojas y almendras, respectivamente.

RESULTADOS Y DISCUSION

Para el caso de Cd en el suelo, los valores varían de 0.31 a 0.42 ppm para los clones POUND-12 e ICS-1. Estos resultados son menores a los reportados por Huamani 2012, quien obtuvo en promedio 0.53 ppm de Cd disponible, pero a la vez, superiores a los que reporta Arévalo 2014 para las zonas de Huánuco y Ucayali, con 0.00 y 0.12 ppm de Cd, respectivamente (Tabla 1)

Tabla 1. Resultados del contenido de cadmio y plomo en suelo, hojas y almendras

Clon	suelo		hojas		almendras	
	cadmio	plomo	cadmio	plomo	cadmio	plomo
IMC67	0.38	25.07	0.83	3.43	0.62	1.71
POUND12	0.31	32.03	0.73	2.48	0.37	1.50
SCA6	0.36	5.62	0.89	3.80	0.59	2.07
ICS1	0.42	6.99	0.80	2.61	1.18	1.08
ICS95	0.40	7.25	0.54	3.81	0.57	2.30
UF29	0.38	8.73	0.63	3.53	0.50	1.48
CCN51	0.35	8.69	0.59	4.14	0.33	2.05
ICS6	0.39	23.78	0.79	2.55	0.76	2.00
X	0.37	14.63	0.73	3.30	0.61	1.78
DLS _{0.05}	0.02	0.97	0.06	0.10	0.04	0.05
CV (%)	2.22	2.88	3.62	1.35	3.10	1.20

La Unión Europea establece que en suelos agrícolas la máxima concentración total permitida de metales pesados es de 3 ppm en el caso del Cd (Acevedo, 2005). Reyes y María (2004) encontraron en cacao orgánico de República Dominicana que el Cd disponible del suelo representa el 33% del Cd total de la planta.

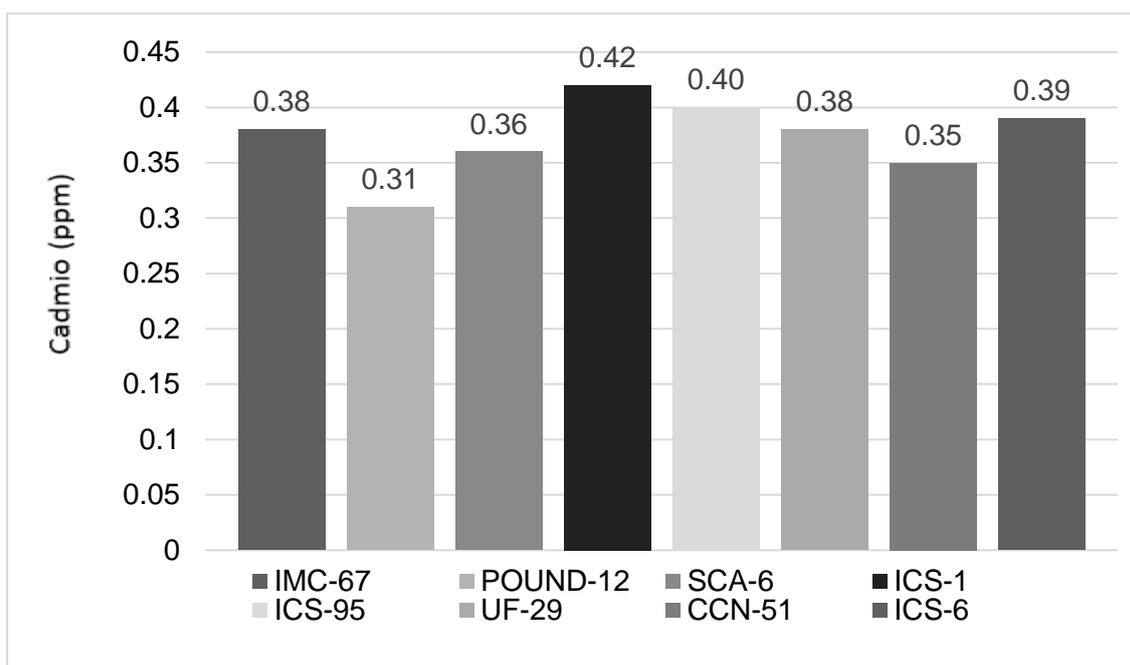
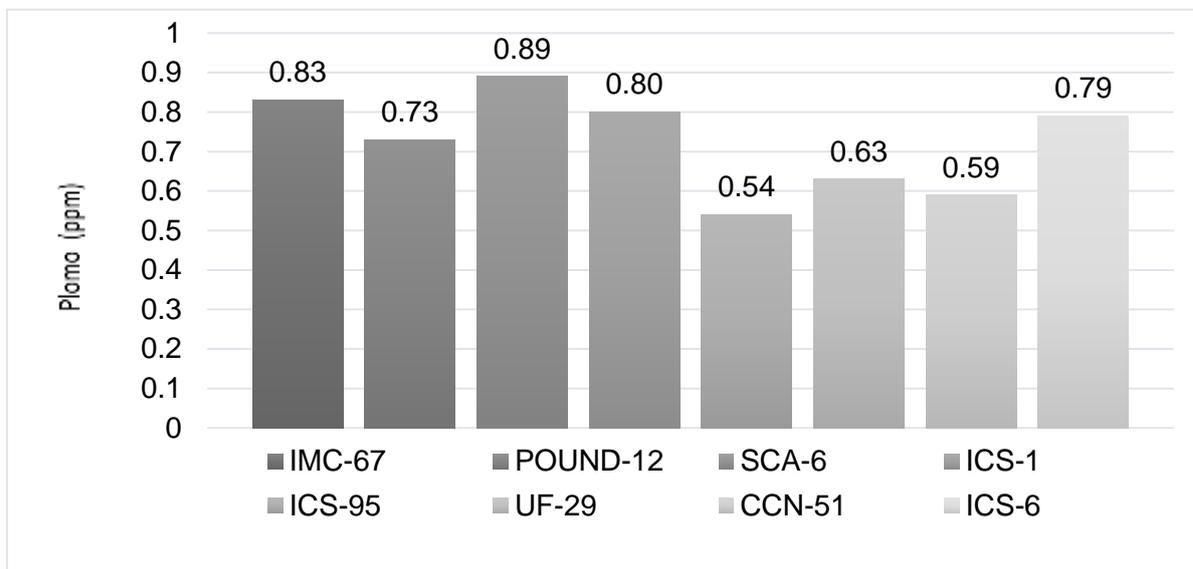


Figura 1. Niveles de Cd en suelo de 8 clones de cacao del jardín interclonal

En relación al contenido de Pb en el suelo (Tabla 1 y Figura 2) los clones POUND-12, IMC-67 y ICS-6 muestran los más altos valores del elemento disponible con 32.03, 25.07 y 23.78 ppm, superando a los demás clones.

Estos resultados son superiores a los encontrados por Huamani 2012, quien reporta 3.02 ppm de Pb disponible en el suelo en las zonas cacaoteras de Huánuco y Ucayali. De igual modo, Arévalo 2014 solo registra promedios de plomo en suelo de 7.01 y 6.95 ppm para las mismas localidades.

Al respecto, la Unión Europea refiere que en suelos agrícolas las máximas concentraciones totales permitidas de metales pesados como en el caso del Pb es de 300 ppm (Acevedo, 2005). Asimismo, Reyes y María (2004) en República Dominicana encontraron en el cultivo de cacao orgánico que el Pb disponible del suelo representa el 11.7% del Pb total de la planta.



Los datos mostrados en la Tabla 1 y figura 3, demuestran que los contenidos de Cd foliar en los clones muestran valores entre 0.54 y 0.89 ppm para ICS-95 y SCA-6, respectivamente, y entre los que existe diferencias significativas, pero que se encuentran por encima de los estándares establecidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS) el cual es de 0.50 ppm en hojas de cacao.

Asimismo, estos resultados se encuentran por debajo de los rangos alcanzados por Ramírez, 2016, quien obtuvo contenidos de Cd foliar hasta 2.90 ppm, en un ensayo con el mismo objetivo en la zona de San Alejandro en el año 2016.

De igual modo, estos resultados son relativamente superiores a los reportados por Huamani 2012, quien encontró en el tejido foliar, valores promedios de Cd de 0.21 ppm. Kabata-Pendias (2000) considera que en hojas maduras las concentraciones máximas tolerables de metales pesados es 0.5 ppm para Cd, lo que corrobora los resultados encontrados en este ensayo. Izquierdo (1998) en la región Barlovento, Venezuela, encontró en hojas de cacao valores de Cd entre 0 y 21 ppm, lo que sugiere la alta variabilidad de este elemento.

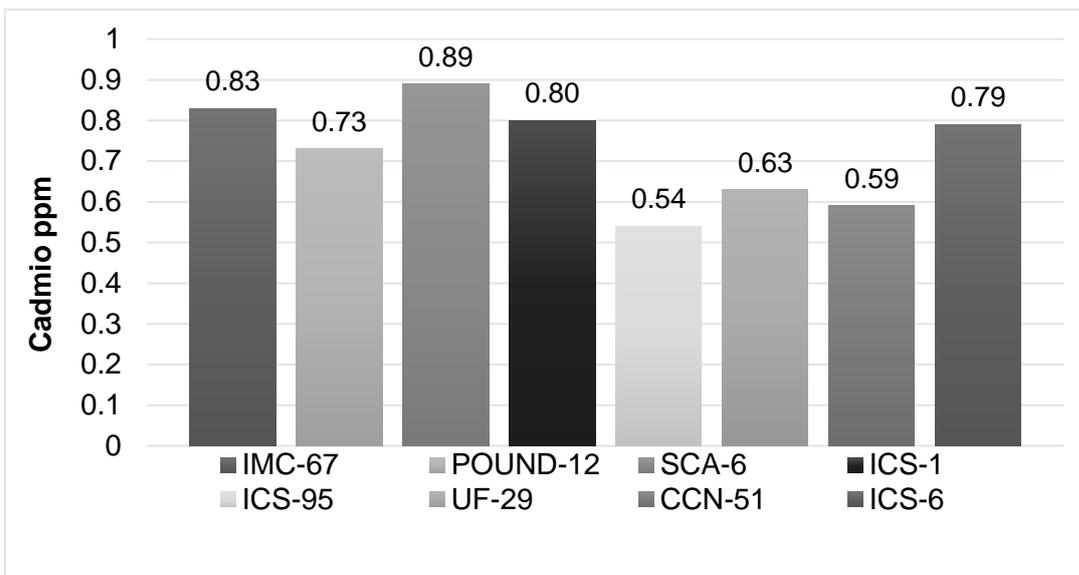


Figura 3. Niveles de Cd en hojas de 8 clones de cacao del jardín interclonal

Para la variable contenido de Pb en hojas (Tabla 1 y Figura 4), los clones muestran pequeñas diferencias significativas entre ellos, con un rango que varía de 2.48 a 4.14 ppm, para POUND-12 y CCN-51, respectivamente.

Estos resultados se muestran muy superiores a los reportados por Huamani 2012 con un promedio de 0.58 ppm en el tejido foliar. Kabata-Pendias (2000) considera que en hojas maduras la concentración máxima tolerable de metales pesados es de 10 ppm para Pb, por lo que se considera superiores a los encontrados en este ensayo.

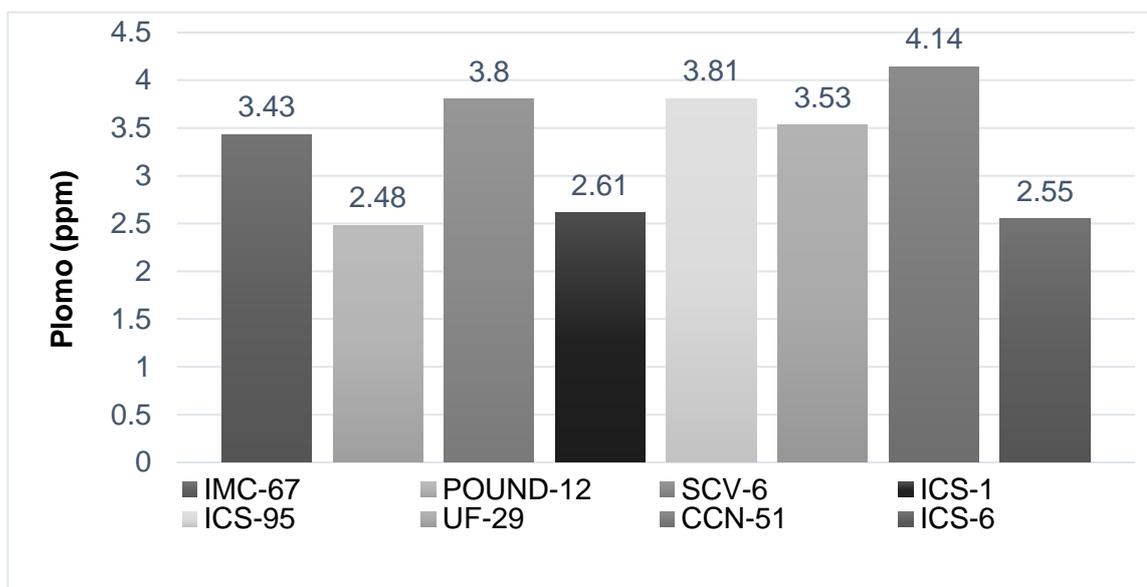


Figura 4. Niveles de Pb foliar de 8 clones de cacao del jardín interclonal

Para el contenido de Cd en almendras (Tabla 1 y Figura 5) destaca ICS-1 con 1.18 ppm y por debajo un grupo de clones entre los que se encuentran ICS-6, IMC-67, SCA-6 e ICS-95, con 0.76, 0.62, 0.59 y 0.57 ppm.

El promedio alcanzado en este ensayo fue inferior al reportado por Hoyos, 2016 quien demostró que, entre sistemas de manejo de cultivo no hubo diferencias en el contenido de Cd total en almendras, sin embargo, ambos resultados superan los estándares de la Organización Mundial de la Salud (OMS) cuyos límites máximos son de 0.50 ppm.

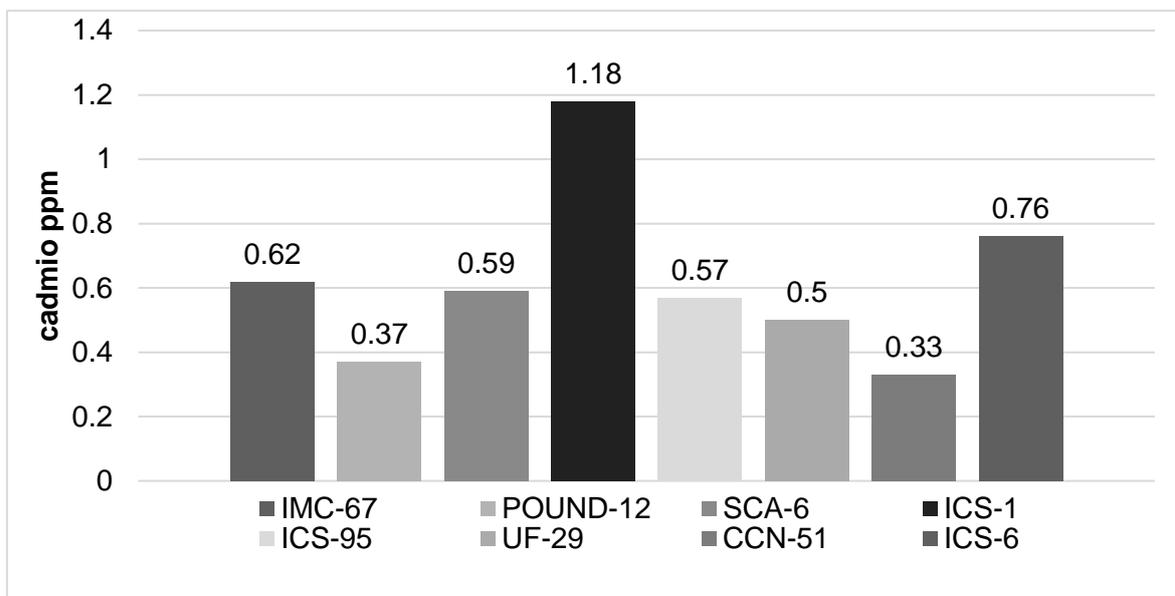


Figura 5. Niveles de Cd en almendras de 8 clones de cacao del Jardín interclonal

El contenido de Pb en almendras que se muestra en la Tabla 1 y Figura 6, en promedio de todos los clones fue de 1.78 ppm, destacando SCA-6, CCN-51 e ICS-6 con valores superiores a los 2 ppm. El menor contenido le correspondió al clon ICS-1 con 1.08 ppm de Pb.

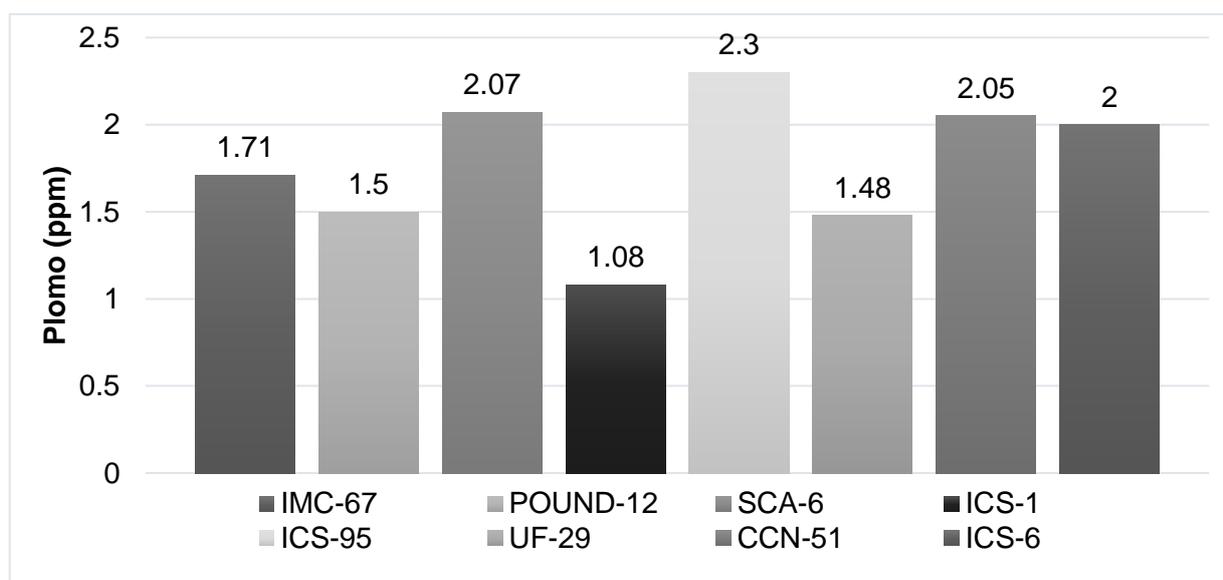


Figura 6. Niveles de Pb en almendras de 8 clones de cacao del Jardín interclonal

Relación entre Cd y Pb de suelo-almendra y suelo-hoja

Como se observa en la tabla 2, existe una buena relación entre el contenido de cadmio en el suelo con las hojas y en la almendra, para los diferentes clones, debido posiblemente a que el elemento se trasloca y se concentra en el producto final en la mayoría de los clones, conforme lo corrobora Lasat (2006) quien aduce que la absorción de metales pesados por las plantas es generalmente el primer paso de su entrada en la cadena alimenticia. La absorción y posterior acumulación depende del movimiento de los metales desde la solución del suelo a la raíz de la planta, el paso de los metales por las membranas de las células corticales de la raíz, el transporte de los metales de la célula corticales, al xilema desde donde la solución con metales se transporta de la raíz a los tallos y la posible movilización de los metales desde las hojas hacia los tejidos de almacenamiento usados como alimento (semillas y frutos) por el floema.

Tabla 2. Relación entre los valores de Cd y Pb en suelo, almendras y hojas

Relación	Ecuación	R ²
Cd suelo-almendra	$y = 6.17x - 1.69$	0.61
Cd suelo-hoja	$y = 0.043x + 0.70$	0.00
Pb suelo-almendra	$y = - 0.006x + 1.86$	0.02
Pb suelo-hoja	$y = - 0.03 + 3.85$	0.03

Esta situación es diferente a lo que sucede con el plomo, donde se ha presentado una escasa relación entre los contenidos del metal en el suelo y en las hojas y almendras para todos los clones evaluados, esto se explica, probablemente a que por un lado mientras mayor es el contenido de plomo en el suelo, menor lo es en las hojas y las almendras del cacao, así como por la escasa movilidad del metal hacia los tejidos de almacenamiento como lo sugiere Lasat (2006)

Relación entre Cd y Pb con pH, N, P y K en el suelo

Tabla 3. Correlación (R²) de Cd y Pb sobre pH, N, P y K

	Cd	Pb	pH	N	P	K
Cd		-0.4930	0.4226	0.2299	-0.7845	-0.0994
Pb	-0.4930		-0.0565	0.00799	0.50616	0.78464

En promedio de los clones evaluados, el Cd en el suelo presenta correlaciones negativas con el contenido de Pb, P y K, con valores de 0.49, 0.78 y 0.09, respectivamente. Esto podría atribuirse a que el cadmio está bloqueando la absorción de estos elementos. Existe escasa correlación con el N.

Pb en el suelo presenta correlaciones negativas con el contenido de Cd y el pH, con valores de 0.49 y 0.05, respectivamente, pero a la vez correlación positiva significativa con el contenido de K con un valor de 0.78, indicando el sinergismo entre estos dos elementos. Existe escasa correlación con el N.

Relación entre Cd y Pb con pH, N, P y K foliar

Tabla 4. Correlación (R^2) de Cd y Pb sobre pH, N, P y K

	Cd	Pb	pH	N	P	K
Cd		-0.27477	0.03221	-0.24207	-0.77021	-0.18054
Pb	-0.27477		0.22381	0.96833	0.76447	-0.08362

Cd en hojas se correlaciona negativamente sin mostrar diferencias significativas con el contenido de Pb, pH, N y K en las hojas, en tanto el contenido de Pb en hojas se correlaciona significativamente con el contenido de N y en forma negativa con el contenido de K foliar.

Relación entre Cd y Pb con pH, N, P y K en almendra

Tabla 5 Correlación (R^2) de Cd y Pb sobre pH, N, P y K

	Cd	Pb	pH	N	P	K
Cd		-0.48956	-0.11524	0.18010	0.40557	0.35641
Pb	-0.48956		0.50569	-0.40712	-0.51697	-0.36341

Cadmio en almendras se correlaciona solo negativamente con el contenido de Pb y el pH, al igual que sucede en el suelo, mientras que el contenido de plomo en almendra correlaciona negativamente sin mostrar diferencias significativas con el contenido de Cd, N, P y K.

CONCLUSIONES

Los niveles de concentración de cadmio en el suelo registrados por los clones ICS-1 y POUND-12 están por debajo de los límites permisibles

Los rangos de concentración de cadmio en hojas que corresponden a los clones SCA-6 e ICS-95 están por encima de los límites permisibles

El mayor nivel de concentración de cadmio en almendra lo tiene el clon ICS-1 y está por encima de los límites permisibles, mientras que el menor nivel corresponde al clon CCN-51 que está por debajo de los límites permisibles

En relación al contenido de plomo en el suelo los clones POUND-12 y SCA-6 muestran valores están por debajo de los límites permisibles.

De igual manera los clones CCN-51 y POUND-12 tienen valores de plomo en hoja por debajo de los límites permisibles.

Los índices de plomo en almendra registrados por los clones ICS-95 e ICS-1 están por debajo de los límites permisibles por la Unión Europea

Existe una buena relación entre el contenido de cadmio en el suelo con las hojas y en la almendra, mas no así con el nivel de plomo en el suelo y su contenido en hojas y almendras para los clones evaluado

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional de Ucayali, a través del Proyecto FOCAM por su valioso apoyo financiero en la ejecución del trabajo de investigación

BIBLIOGRAFIA

Acosta de Armas, M, & Montilla Peña, J. 2011. Evaluación de la contaminación de cadmio y plomo en agua, suelo y sedimento y análisis de impactos ambientales en la subcuenca del río Balsillas afluente del río Bogotá, Universidad Central de Cundinamarca. Bogotá D.C., Colombia. 53 p.

Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición. (AESAN). 2013. Cadmio. Consultado 05 nov. 2013 (en línea). Disponible en Pagina Web: http://www.aesan.msc.es/AESAN/web/cadena_alimentaria/subdetalle/qui_metal_espesados.shtml

Adriano, D.C. 2009. Trace elements in terrestrial environments: Biogeochemistry, bioavailability, and risks of heavy metals. 2nd ed. Springer-Verlag, New York. 867pp.

Arevalo, E. Obando, M. 2014. Estado de los metales pesados en suelos de los departamentos de mayor crecimiento de cacao en la amazonia peruana. Instituto de cultivos tropicales (ICT) Tarapoto- Perú.

Ártica, M. Cultivo del cacao. Empresa Editora MACRO. Perú. 2008

Calderón y Concha, 2005. 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.

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

Comisión Europea. (2014). Reglamento (UE) No 488/2014 de la Comisión de 12 de mayo de 2014 que modifica el Reglamento (CE) no 1881/2006 por lo que respecta al contenido máximo de cadmio en los productos alimenticios. Bruselas.

Charley, W y F. Rusell. 2005. Lead in cocoa and chocolate and cocoa products Isotopic evidence for global contamination. Environ. Health perspect 113 (10) A 1344-1348

European Comission. Amending Regulation. 2013 (EC) No 1881/2006 as regards maximum levels of cadmium in foodstuffs. Bruselas: World Trade organization. Retrieved from European Food Safety Authority. 2013. Cadmium in

food: Scientific Opinion of the Panel on Contaminants in the Food Chain. EFSA Journal, 9(2), 19. doi:10.2903/j.efsa.2011.1975.

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 para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional de Ucayali. 67 p

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.

Guerrero, N. 2016. Caracterización del contenido de Nitrógeno, Fosforo y potasio de 5 clones de cacao del jardín interclonal de la Universidad Nacional de Ucayali. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional de Ucayali. 65 p

Hernández T. A. Sistemas de Producción en la Amazonía Peruana, Programa de Promoción Agroindustrial AD/PER/459 UNFDAC-PNUD/OSP, Tingo María 2007.

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 AGRONOMICA*. 62 (4): 309-314.

Hoyos, J. 2016. "Determinación del contenido de cadmio en almendras de cacao (*Theobroma cacao L*) cultivado bajo tres sistemas de manejo 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. 84 p

International Cocoa Organization (ICCO). (2014a, abril). *Cocoa Market Review*. Londres: ICCO.

ICCO. 2012. The world cocoa economy: past and present. One hundred and forty- second meeting-Ex/146/7.

Kjellstrom T, Nordberg GF. 2005 Kinetic model of cadmium metabolism. En: Fridberg L, Elinder CG, Kellstrom T, Nordberg GF, Eds. *Cadmium and Health, A Toxicological and Epidemiological Appraisal*. Vol I, Boca Raton, FL: CRC Press.: 179–97).

Lasat, M.M.; N.S. Pence; D.F. Garvin; S.D. Ebbs & L.V. Kochian. 2006. Molecular Physiology of zinc transport in the zinc hyperaccumulator *Thlaspi caerulescens*. *J. Exp. Bot.* 51:71-79.

Martínez G., & Palacio, C. 2010. Determinación de metales pesados cadmio y plomo en suelos y en granos de cacao frescos y fermentados mediante espectroscopia de absorción atómica de llama. Bucaramanga, Colombia

McGrath, S.P.; S.J. Dunham & R.L. Correll. 2008. Potential for phytoextraction of zinc and cadmium from soils using hyperaccumulator plants. Pp. 109-128. Terry, N. and G. Bañuelos, (eds). In: Phytoremediation of Contaminated Soil and Water. Lewis Publishers, Boca Raton, FL.

Mera, K 2017. Determinación del contenido de plomo en las almendras de cacao (*Theobroma cacao* L) del clon CCN51 y la variedad híbrida de las provincias de Padre Abad y coronel Portillo en la región Ucayali. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional de Ucayali. Pucallpa. 59 p.

Ministerio de Agricultura del Perú. (Boletín informativo N°13. Condiciones agroclimáticas del cultivo del cacao. (Disponible en: http://www.minag.gob.pe/portal/download/pdf/bibliotecavirtual/estadosfenologicos/cacao_condiciones_agroclimaticas.pdf). Perú. 2007.

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).

Perronnet, T, K.; C. Schwartz & J.L. Morel. 2006. Distribution of cadmium and zinc, in the hyperaccumulator *Thlaspi caerulescens* grown on multicontaminated soil. *Plant Soil* 249:19-25.

Quiroz, J., Agama, J. 2006. Programa de capacitación en la cadena de cacao. Modulo Producción. Unidad 6. Quito. Ecuador

Rábago Juan-Aracial, I. 2011. Capacidad de amortiguación de la contaminación por Plomo y Cadmio en suelos de la comunidad de Madrid. Capacidad de amortiguación de la contaminación por Plomo y Cadmio en suelos de la comunidad de Madrid. Madrid, España.

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

Universidad de Concepción Facultad de Agronomía Chillan Chile, 2007. Protocolo de Métodos de Análisis para Suelos y Lodos.

Zúñiga, C.; Arévalo, E.; Landsber, E.; Baligar, V.; Alvarado, C. & Robles, R. 2008. Evaluación preliminar de cadmio (Cd) en suelos tropicales y almendras de cacao (*Theobroma cacao*. L) en la región San Martín y Amazonas. En: XI Congreso Nacional y IV Internacional de la Ciencia del Suelo. Tarapoto, Perú: p. 59.