

DETERMINACIÓN DE CADMIO Y PLOMO EN ALMENDRAS DE CACAO (*THEOBROMA CACAO*) PROVENIENTES DE FINCAS DE PRODUCTORES ORGÁNICOS DEL CANTÓN VINCES

DETERMINATION OF CADMIUM AND LEAD IN COCOA BEANS (*THEOBROMA CACAO*) FROM ORGANIC FARM PRODUCERS CANTON VINCES

Lauro Díaz¹, Nery Domínguez¹

RESUMEN

El Ecuador es el primer productor mundial de cacao fino y de aroma (produce más del 60 % de la producción mundial), utilizado en la fabricación de chocolates de alta calidad y tipo gourmet. Las exportaciones ecuatorianas del cacao, en especial hacia los mercados Europeos, se pueden ver amenazadas por indicios de contaminación o la presencia de niveles superiores a los permitidos por Normativas Alimentarias de la Comunidad Europea (NACE), de metales pesados como el cadmio (Cd) y el plomo (Pb) en las almendras. El objetivo del trabajo fue determinar cadmio y plomo en almendras de cacao provenientes de fincas de productores orgánicos del cantón Vinges. Se seleccionaron 25 fincas como unidades útiles. Para la evaluación de los resultados se aplicó la estadística no paramétrica. El mayor valor en cadmio en almendras se registró en la parroquia Antonio Sotomayor en la finca APOVinges con 0,98 ppm, y el menor valor 0,099 ppm se encontró en Poza-Seca en la finca APOVinges, con 15. En la testa el mayor valor de cadmio se registró en la finca APOVinges-NN9 Antonio Sotomayor, con 6,14 ppm y el menor con 0,081 ppm, se encontró en la finca APOVinges-21. En cuanto al plomo los mayores valores en almendras se registraron en APOVinges-NN8 y NN10 con 5,44 y 5,39 ppm, respectivamente. En cinco fincas no se detectó Pb en la testa. Los valores más altos se encontraron en las fincas APOVinges-NN11 y NN8 con 7,57 y 7,01 ppm de Pb, respectivamente.

Palabra claves: metales pesados, contaminación, cadmio, plomo *Theobroma cacao*, normativas alimentarias.

¹ Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias para el Desarrollo, Km 1 ½ vía Vinges-Palestina, Los Ríos, Ecuador. Teléfono 05 2 79097. E-mail: edberto_diaz@hotmail.com

ABSTRACT

Ecuador is the first world producer of fine and of aroma cocoa (it produces more than 60 % of the world production), used in the manufacture of high quality chocolate and gourmet type. At the present time, the export of Ecuadorian fine and of aroma cocoa, specially towards European markets is threatened by indications of pollution of heavy metals such as Cadmium (Cd) and Lead (Pb) in the almonds of exportable cocoa, in superior levels to those allowed by the European Community Food Regulations. The project goals were to determining Cadmium and Lead in cocoa almonds in farms of organic producers of the canton Vines. There were selected 25 farms as experimental units for this project. For data analysis, non-parametrical statistics was applied. According to the results, the major value of Cd in almonds was registered in the parish Antonio Sotomayor, farm APOVinces, with 0.98 ppm and the minor value of 0,099 ppm was in the route to Poza-Seca, APOVinces 115. Referring to Cd in testa the higher value was detected in Antonio Sotomayor, with 6.14 ppm and the minor value with 0,081 ppm of Cd, in APOVinces - NN9 and APOVinces - 21, respectively. The higher value of Pb in almonds with 5.44 and 5.39 ppm, correspondingly, was found at APOVinces - NN8 and APOVinces - NN10, whereas there was no presence of Pb in testa in five farms. The highest values of Pb were detected at APOVinces - NN11 and APOVinces - NN8 with 7.57 and 7.01 ppm respectively.

Keywords: heavy metals, pollution, cadmio, plomo, Theobroma cacao, food regulation

INTRODUCCIÓN

Un informe del Banco Central del Ecuador (2007), sostiene que el país es el primer productor mundial del cacao fino y de aroma. Como tal, produce más del 60 % de la producción mundial. En la actualidad, constituye su tercer rubro de importancia económica, después del banano y las flores. Genera empleo para más de 100.000 familias de pequeños productores ecuatorianos, así como para otras 20.000, en el resto de la cadena de valor. Ello equivale a una influencia directa sobre 600.000 personas. El cacao fino y de aroma se utiliza en la fabricación de chocolates de alta calidad y de tipo gourmet.

La superficie cosechada en Ecuador es de aproximadamente 340.000 ha. La mayor producción del cacao se cosecha en la provincia Los Ríos. En ella hay sembradas 69.800 ha. La cifra representa el 24,38 % del total nacional. (Censo Nacional, 2011) En el cantón Vines, en el año 2006, se conformó la Asociación de Productores Orgánicos (APOVinces), la cual cuenta en la actualidad con 180 socios. De ellos, 100 fincas, equivalentes a 500 ha, tienen certificación orgánica por Certifi-

cación of Environmental Estándar GmbH (CERES). Otras 1000 ha han sido certificadas por Rainforest Alliance. (APOVinces, 2013).

El cacao fino de aroma ecuatoriano, exportado especialmente hacia los mercados europeos, se ve amenazado por indicios de contaminación de metales pesados como el cadmio (Cd) y plomo (Pb) en las almendras de cacao, en niveles superiores a los permitidos por las Normativas Alimentarias de la Comunidad Europea (NACE), 1 y 3 ppm respectivamente. Se considera que las fuentes de contaminación de Cd y Pb, tienen dos orígenes. El natural, que proviene de las erupciones volcánicas o la mineralización del material parental, y las inducidas por el hombre (antropogénicas). Entre estas últimas sobresalen las explotaciones mineras, las quemas de basura urbanas, el uso de lodos urbanos en la agricultura, los agroquímicos, los gases provenientes de las industrias, la quema de combustibles fósiles -entre estos el carbón-, la contaminación por derivados del petróleo al secar el cacao en carreteras, los abonos orgánicos, entre otros. (Mite, 2010)

Los metales pesados constituyen un riesgo considerable para la salud humana, por el frecuente contacto que con ellos se establece en los ámbitos laboral y ambiental. Entre los más peligrosos se encuentran el Pb y el Cd. Para la población, la comida y los cigarrillos son las principales fuentes de exposición al Cd, la cual suele ser de carácter crónico. Los efectos tóxicos del Cd se manifiestan especialmente en los huesos y riñones y las personas que tienen bajas reservas de hierro son particularmente vulnerables a estos efectos adversos. (Pérez, 2012)

Mientras, el Pb es un metal pesado que ocasiona efectos tóxicos sobre el tracto gastrointestinal, el sistema renal y el sistema nervioso central (SNC) y periférico (SNP). Asimismo, interfiere en los sistemas enzimáticos. A pesar de que los contenidos de Pb en los productos alimenticios se han reducido de manera sensible, gracias a los esfuerzos realizados para disminuir su emisión, la dieta sigue siendo una fuente importante de exposición. Es por ello que se trata que las poblaciones cumplan con la Provisional Tolerable Weekly Intake (PTWI) de 25 µg Pb/kg/semana, establecida por el Comité Mixto FAO/OMS. (Rubio, A. y Gutiérrez, R., 2004)

Dadas las cada vez mayores exigencias de la inocuidad de los productos provenientes de áreas donde no hay mayores controles de calidad, la posible venta de cacao originario de lugares contaminados, podría poner en riesgo la adquisición de este producto en los mercados internacionales. (Carrera, J., 1994) Según la FAO/WHO 2009, los rangos permisibles aceptados por la legislación internacional de residuos de plaguicidas en productos vegetales son de 1 ppm para Cd y 3 ppm para Pb en almendras de cacao.

En el 2000, la Comisión Reguladora de la UE propuso un valor límite de 0,8 mg/kg al contenido de Cd en el chocolate y de 0,1 mg/kg de Pb. Análisis de muestras en laboratorio demostraron que el cacao proveniente de varios países latino-

americanos presenta una alta contaminación con metales pesados. En el caso del Ecuador, se encontraron valores de 0.18 – 1.76 ppm de Cd y 0.07 – 1.3 ppm de Pb. (Villalobos, M. y Orozco, S., 2009)

En la actualidad, los niveles máximos de metales pesados a permitir en productos de consumo humano, son revisados en Europa. Así, por ejemplo, el Instituto Alemán de Evaluación de Riesgo (BfR) propone permitir un contenido máximo de Cd de 0,1 a 0,3 mg/ kg de chocolate. Ello con independencia del porcentaje de cacao que este contenga. (Jiménez y Stello, 2012)

Estudios realizados en Ecuador sobre la presencia de metales pesados en muestras de almendras de cacao, concluyeron que el mayor promedio de los mismos se registra en el cacao sembrado en las provincias de El Oro, Santa Elena y Orellana, con 1,35; 1,32 y 1,15 mg kg⁻¹ de Cd, respectivamente. Mientras, el menor promedio se encuentra en Morona Santiago. Este es de 0,47 mg kg⁻¹ de Cd.

Las concentraciones máximas encontradas -con valores mayores a los 2,0 mg kg⁻¹-, se detectan en seis provincias: Manabí, El Oro, Guayas, Napo, Orellana y Zamora Chinchipe. En esas provincias, en fincas con índices de contaminación elevados, algunas muestras incluso han sobrepasado los valores críticos.

Los autores de la presente investigación determinaron, hasta el momento, valores de 4,08 mg kg⁻¹ de Cd en la almendra, en la provincia El Oro, de 3,57 mg kg⁻¹ en Guayas, y de 3,46 mg kg⁻¹ en Manabí. En la provincia Los Ríos se encuentra un promedio de 0,57 mg kg⁻¹, con un de mínimo 0,23 mg kg⁻¹ y un máximo de 1,23 mg kg⁻¹. (Mite, F., 2010)

El Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuaria con conjunto con el Programa de Sanidad Ambiental (INIAP-PROMSA 2003), reportó la presencia de Cd en niveles tóxicos en un suelo cacaotero de la Provincia de El Oro. Asimismo, cantidades superiores a 1 mg kg⁻¹ de Cd, se hallaron en almendras de cacao en las provincias El Oro, Guayas, Zamora, Los Ríos, Orellana, Esmeraldas y la parte tropical de Pichincha. En estos casos se señalaron como principales posibles fuentes de contaminación la quema de fundas plásticas usadas en la agricultura, la cercanía a las carreteras y el uso de aguas provenientes de minas.

Lo anteriormente enunciado muestra la necesidad de realizar investigaciones en las almendras y testas de cacao orgánico, producidas en el cantón Vinces, en aras de precisar las áreas contaminadas con acumulación de Cd y Pb. A tenor de ellos, los objetivos propuestos fueron:

Objetivo general:

Determinar los niveles de Cadmio y Plomo presentes en almendras y testas de cacao (*Theobroma cacao*), en fincas de productores orgánicos del cantón Vinces.

Objetivos específicos:

- Establecer los niveles de Cadmio y Plomo en almendras y testas de cacao, en los principales productores orgánicos del cantón Vinces.
- Identificar los lugares con mayor concentración de Cadmio y Plomo, utilizando coordenadas UTM.

La presente investigación ayudaría, además, a determinar y/o profundizar en el conocimiento acerca de los mecanismos básicos de daño, y permitiría un mejor entendimiento de la toxicidad del Cd y su posible tratamiento. Valga apuntar que, recientemente, un estudio ha comprobado la relación del cáncer de mama en mujeres con altos contenidos de Cd en su orina (Navas, 2011)

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación

El presente trabajo de investigación se realizó en el cantón Vinces, en las fincas con certificación orgánica pertenecientes a la Asociación de Productores Orgánicos de Vinces (APOVinces). Las coordenadas geográficas del lugar son: 1° 31' Latitud Sur y 79° 36' Longitud Occidental. Todas se hallan ubicadas a una altitud de, aproximadamente, 14 msnm, reportan una precipitación pluvial de entre 1400 y 1500 mm, disfrutan de una temperatura promedio de 26°C, una humedad relativa promedio de 75 a 90%, y una heliofanía anual de 810 horas luz. Según la clasificación de Holdridge, la zona pertenece al bosque tropical seco.

Población y muestra

La población de la investigación estuvo compuesta por 100 productores, reconocidos como productores orgánicos. Entre ellos se seleccionaron 25 fincas, las unidades útiles en la aplicación del proyecto. Todas se hallan ubicadas en el cantón Vinces. En ellas se cultiva cacao. Para su selección se consideraron los siguientes aspectos: que comprendiera a pequeños, medianos y grandes productores, con fincas con áreas de entre 0,5 y 10 ha. Además la edad del cultivo.

Materiales utilizados

- Sistema de posicionamiento global (GPS)
- Computador
- Fundas plásticas y papel
- Baldes plásticos
- Romana colgante

Manejo del ensayo

Se realizaron las siguientes labores:

Selección de fincas

De las fincas de los socios pertenecientes a la Asociación de Productores Orgánicos de Vinces (APOVinces), se seleccionaron 25, en distintas ubicaciones. Ello permitió la toma de muestras de las almendras y, al mismo tiempo, situarlas mediante un mapa. El área total fue de 74,37 ha, repartidas de la siguiente manera: El Morocho (1,76 ha), Los Membrillos (10 ha), Los Machines (2 ha), Vinces (10 ha), La Campiña (3 ha), Banepo (3 ha), Antonio Sotomayor (25,95 ha), Río Nuevo (3,11 ha), Junquillo (1,71 ha), Buena Vista (2 ha), Estero de Enmedio (5,93 ha) Poza Seca (1,41 ha), Abras de Mantequilla (2,50 ha) y El Porvenir (2 ha).

Las fincas seleccionadas fueron identificadas con el código con el cual se encuentran registradas en la Asociación de los Productores Orgánicos de Vinces (APOVinces).

Socialización del proyecto

Una vez seleccionadas las fincas, se procedió a visitar a los productores de cacao orgánico. A estos se les explicó en qué consistía el trabajo de investigación y la necesidad de contar con la colaboración de cada uno de ellos para llevar a cabo el proyecto.

Toma de coordenadas con GPS

Con la ayuda de un instrumento de Sistema de Posicionamiento Global (GPS), se tomaron las coordenadas en cuatro puntos referenciales de las fincas seleccionadas. Dichos puntos fueron proyectados en un mapa del cantón Vinces para conocer su respectiva ubicación.

Colecta de muestras

De cada finca seleccionada se adquirieron 7 libras de cacao crudo, conocido en el medio productor como "en baba". A estas se les identificó con el nombre del propietario y el código asignado por la APOVinces. A partir de ellas, en cada caso, se obtuvo, aproximadamente, 1 kg en seco de almendras, cantidad requerida para el análisis.

Fermentado de las muestras

Las muestras se colocaron en un cajón de madera, por 4 días. En él, para asegurar un fermentado homogéneo, con frecuencia las almendras fueron removidas.

Secado de las muestras

Para ser secadas, con su respectiva identificación, las muestras se colocaron en un tendal de concreto. Se las asoleó por 3 a 4 días. En el transcurso de ellos fueron removidas para asegurar un secado homogéneo. Una vez secas las muestras -con una humedad aproximada de 7 %-, las almendras frescas fueron colocadas en fundas de papel previamente identificadas.

Proceso de la muestras

Los análisis se realizaron en el Instituto de Investigaciones de Recursos Naturales, adjunto a la Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad de Guayaquil. En el laboratorio se realizó la cuantificación Cd y Pb, tanto en almendras como en testa de los granos, por espectrofotometría de absorción atómica. (Perkin Elmer, 1996)

Análisis estadístico

A los resultados obtenidos en laboratorio se les aplicó estadística no paramétrica. De igual modo, se calculó la desviación estándar y el coeficiente de variación. Los resultados se expusieron en cuadros y figuras.

Evaluación de los datos

Cadmio y plomo en testa y almendras de granos de cacao

Para la extracción de Cd y Pb en testa y almendras, se tomaron aleatoriamente 10 granos de cada finca. Se separó la almendra de la testa y se procedió a disgregar la muestra en un mortero, colocándose en recipientes debidamente identificados. Se pesaron alrededor de 5 g de cada lote de almendras. El peso de la testa se obtuvo sobre 10 granos. Se agregó 5 mL de agua desionizada en cada muestra y se mantuvo en sorbona -extractor de gases-, por aproximadamente 24 h.

Cumplido ese tiempo se procedió a la evaporación del agua desionizada en un plato calentador. Luego se dejó enfriar. Seguidamente se re-disolvió con agua destilada, se filtró a través de papel filtro Whatman N° 40. Terminado ese proceso, se enrasó a un volumen de 50 mL para la testa y 100 mL para las almendras con agua destilada.

Antes de llegar al volumen requerido -50 y 100 mL respectivamente-, se agregó el modificador de matriz, según el estudio que se realizaba. Finalmente, previa calibración del equipo con los estándares respectivos, se realizaron las lecturas en el espectrofotómetro. Para los cálculos se utilizó la siguiente fórmula:

$$\text{ppm} = \frac{\text{ppm de lectura} \times \text{volumen}}{\text{masa}}$$

Fuente: Instituto de Investigaciones de Recursos Naturales, 2013.

RESULTADOS ALCANZADOS

Cadmio en almendras de cacao

En las muestras de almendras de cacao analizadas, se encontró un promedio 0,455 ppm de Cd (anexo 1). Este resulta menor que los 2,00 ppm de Cd, reportado por INIAP-PROMSA (2003). El mayor valor en almendras se registró en cacao sembrado en APOVinces – NN10, en la parroquia Antonio Sotomayor, con 0,98 ppm de Cd. El menor valor de 0,099 ppm de Cd, se encontró en la vía a Poza – Seca en la finca APOVinces – 115. Los valores encontrados se encuentran por debajo de lo permisible actualmente por los países Europeos que es 1 ppm de Cd. (FAO/WHO, 2009)

Cadmio en testas de granos de cacao

Los valores de Cd en la testa de granos, presentaron un promedio de 2,60 mg kg⁻¹. (Anexo 2) El mayor valor de Cd en la testa se registró en el cacao sembrado en APOVinces – NN9, situada en la Parroquia Antonio Sotomayor, con valor de 6,14 ppm. Mientras, el menor valor, de 0,081 ppm, se encontró en APOVinces – 21, ubicada en la vía a Babahoyo.

Plomo en almendras de cacao. Los valores de Pb en las muestras de almendras de cacao presentaron un promedio de 2,44 ppm. (Anexo 3)

El mayor valor en almendras se registra en cacao sembrados en APOVinces - NN8 y APOVinces - NN10, ubicadas en la parroquia Antonio Sotomayor, con 5,44 y 5,39 ppm de Pb respectivamente. Mientras, en cinco fincas no se detectó presencia de Pb en las almendras. No obstante, en nueve de las fincas analizadas se encontraron valores superiores a los permisibles actualmente por los países Europeos: 3 ppm. (FAO/WHO. 2009) Es probable que esas fincas se manifiesten algún(os) tipo(s) de contaminación inducido por el hombre (antropogénicas) -quema de basuras urbanas, de combustibles fósiles, entre estos el carbón, contaminación por derivados del petróleo o aplicación de abonos orgánicos, entre otros, tal como lo manifiesta Mite. (2010)

Plomo en testa de granos de cacao. Los valores de Pb en las muestras de testa de los granos presentaron un promedio de 2,36 ppm. (anexo 4) El mayor valor en testa se registró en cacao sembrado en las fincas APOVinces – NN11 y APOVinces - NN8, con 7,57 y 7,01 ppm. de Pb respectivamente. Mientras, la menor presencia se encontró en la finca APOVinces – 291, con 0.21 ppm.

DISCUSIÓN Y ANÁLISIS

De acuerdo a los resultados obtenidos se determinó lo siguiente:

La mayor concentración de Cd en almendras la presentó la finca “La Rafael-

la”, código APOVinces - NN10, ubicada en la Parroquia Antonio Sotomayor del cantón Vinces, con 0,98 ppm, y la menor concentración se encontró en la finca APOVinces – 115, con 0,099 ppm y un promedio general de 0.455 ppm. Estos valores son inferiores a los encontrados por Mite (2010), en la provincia de Los Ríos, cuando detectó un máximo de 1,23 ppm. de Cd, con un promedio de 0,57 ppm y un mínimo de 0,23 ppm. Se confirmó que, en todas las fincas, la concentración de Cd se encuentra por debajo del nivel permisible establecido por la Unión Europea hasta el momento que es 1 ppm. (FAO/WHO. 2009)

Los países de la Unión Europea proponen un rango de Cd que va desde 0,30 a 0,50 ppm, para la producción y exportación de cacao del Ecuador y otros países productores, particularmente de cacao fino y de aroma. De no llegar a un acuerdo con la Unión Europea, 12 de 25 fincas analizadas tendrían niveles de concentración de Cd por encima de los niveles permisibles previstos para las almendras de cacao. (<http://plaguicidas.comercio.es/MetalPesa.htm>)

En lo referente a la presencia de Cd encontrada en la testa de los granos de cacao, los valores más altos se encontraron en la finca APOVinces – NN9, con 6,12 ppm., seguido por la finca APOVinces - NN7, con 5,39 ppm. La menor concentración se detectó en la finca APOVinces – 21, con 0,081 ppm. El promedio general fue de 2,60 ppm. Estos valores son superiores a los encontrados en las muestras analizadas en la provincia Los Ríos por Mite (2010), quien detectó valores mínimos de 0,35 ppm y máximos de 2,12 ppm. de Cd, con un promedio general de 0.99 ppm.

Los valores de Pb en las muestras en almendras presentaron un promedio de 2.44 ppm. El mayor valor se registró en la parroquia Antonio Sotomayor, en las fincas APOVinces - NN8 y APOVinces - NN10, con 5.44 y 5.39 ppm respectivamente. En cinco fincas no se detectó presencia de Pb. Los resultados permiten concluir que en nueve de las fincas analizadas se encontraron valores superiores a los permisibles actualmente por los países europeos: 3 ppm. (FAO/WHO, 2009) De igual modo, esos valores son superiores al promedio general del país, los cuales se ubican entre 0.07 y 1.3 ppm. (Villalobos, M. y Orozco, S. 2009)

Los valores de Pb en las muestras de testa, presentaron un promedio de 2.36 ppm. El mayor valor se registró en las fincas APOVinces – NN11 y APOVinces - NN8, con 7.57 y 7.01 ppm respectivamente. Mientras, la menor presencia de Pb se encontró en la finca APOVinces – 291, con un valor de 0.21 ppm.

CONCLUSIONES

El análisis e interpretación de los resultados experimentales permitió llegar a las siguientes conclusiones:

Los niveles de Cd en las almendras de cacao se encuentran por debajo de los niveles permisibles por la Unión Europea (1 ppm).

En cuanto al Pb en almendras, nueve fincas poseen niveles de ese metal superiores a los permisibles por los países de la Unión Europea (3 ppm).

Los mayores contenidos de Cd y Pb, en los tejidos, se detectaron en la testa (casquilla), en comparación a la almendra.

RECOMENDACIONES

Realizar estudios de suelos y aguas en aquellas fincas cuyos niveles se detectaron por encima de lo permisible por la Unión Europea en metales como cadmio y plomo.

Investigar la influencia de las diversas maneras de secado de los granos de cacao en la acumulación de metales pesados.

Realizar análisis de concentración de Cd y Pb en productos finales como el chocolate, elaborados con cacao de esas fincas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Boletín de la Embajada del Ecuador ante el Reino de Bélgica, el Gran Ducado de Luxemburgo y Misión de ante la Unión Europea, LR UNIDO - 2011 - proecuador.gob.ec 31, (en línea) Consultado el 20 de marzo de 2013. Disponible en: <http://plaguicidas.comercio.es/MetalPesa.htm>
2. El Cadmio y la salud. (en línea) consultado el 13 marzo de 2011 Disponible en: El cadmio y la salud
3. Cadmio. Propiedades químicas y efectos sobre la salud. (en línea) Disponible en: <http://www.lenntech.es/periodica/elementos/cd.htm#ixzz1GVv0FW4t> Consultado el 5 de mayo del 2011
4. Carrera, J. 1994. Evaluación del contenido de cadmio en el sistema suelo-cacao de varias zonas del Ecuador. Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad Agraria del Ecuador. Facultad de Ciencias Agrarias. Guayaquil, Ecuador. 65 p.
5. FAO/WHO. 2009 Codex General Standard for Contaminants and Toxins in Food and Feed (Codex Stan 193-1995). Ginebra, Suiza: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación; Organización Mundial de la Salud. Disponible en: <http://tinyurl.com/2agrhmV> .
6. Holdridge, R. 1947. Determination of World Plant Formations Form simple Climate data Ciencias 106 (27) 367

7. INIAP – PROMSA. 2003. Determinación de metales contaminantes en cultivos de exportación y su repercusión sobre la calidad de los mismos. Informe Técnico 2003. Dpto. Suelos. Quevedo, Los Ríos, Ecuador. 60 p.
8. Jiménez, T y Stello C. 2012. Estado legal mundial del cadmio en cacao (*Theobroma cacao*), límites permisibles.
9. Mite, F. 2010. Avances del monitoreo de presencia de cadmio en almendras de cacao, suelos y aguas en Ecuador. Revista científica Scielo. Disponible en http://www.scielo.org.con/scielo.php?pid=so120-28122012000-40006&scrip=sci_adstract Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). Estación Experimental Tropical Pichilingue. Departamento Nacional de Manejo de Suelos y Aguas. Memorias del XII congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo. Santo Domingo, Noviembre del 2010. Pp 13 – 14 – 15 – 21.
10. Navas, C. 2011. Efectos neurotóxicos de metales pesados (Cadmio y Plomo). Vol. 16. Nov. 3 pg. 147.
11. Perkin, Elmer, 1996. Analytical Methods, Atomic Adsorption Spectroscopy,
12. Pérez García, Perla Esmeralda; Azcona Cruz, María Isabel. 2012 Los efectos del Cadmio en la salud. <http://www.Redalyc.org> Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal Sistema de Información Científica Revista de Especialidades Médico-Quirúrgicas, vol. 17, núm. 3, julio septiembre, 2012, pp. 199-205 Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado Mexico, México
13. Rubio, A. Gutiérrez, R.E Martín Izquierdo, C. Revert, G. Lozano, A. Hardison 2004 El plomo como contaminante alimentario <http://www.Redalyc.org> Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal Sistema de Información Científica. Revista de Toxicología, vol. 21, núm. 2-3, 2004, pp. 72-80, Asociación Española de Toxicología España
14. Sociedad Alemana de Cooperación Técnica Cultivo orgánico de cacao (en línea) Disponible en: www.concope.gov.ec/.../paginas/.../cacao.htm Consultado el 13 de marzo de 2011
15. Villalobos, M. y Orozco, S. 2009. Calidad del cacao en Centroamérica. Un Vistazo a la situación. Contaminación del cacao por metales pesados. p. 32

Anexo 1.- VALORES DE CADMIO (Cd) EN ppm EN ALMENDRAS DE CACAO DE FINCAS DE PRODUCTORES ORGÁNICOS DEL CANTÓN VINCES. 2013

Código	Cd (ppm)
APOVinces - NN10	0,980
APOVinces - 100	0,805
APOVinces - NN5	0,765
APOVinces - 166	0,715
APOVinces - NN6	0,675
APOVinces - NN2	0,674
APOVinces - NN4	0,620
APOVinces - 291	0,590
APOVinces - 161	0,585
APOVinces - 209	0,585
APOVinces - NN3	0,550
APOVinces - 073	0,500
APOVinces - NN8	0,435
APOVinces - NN7	0,405
APOVinces - 07	0,345
APOVinces - 159	0,334
APOVinces - NN11	0,312
APOVinces - 187	0,264
APOVinces - 221	0,233
APOVinces - 21	0,232
APOVinces - 24	0,199
APOVinces - 29	0,196
APOVinces - NN9	0,133
APOVinces - NN1	0,132
APOVinces - 115	0,099
Promedio =	0,455
Desviación Estándar =	0,1780
CV (%) =	39,13

Anexo 2.- VALORES DE CADMIO (Cd) EN ppm EN TESTA DE CACAO DE
FINCAS DE PRODUCTORES ORGÁNICOS DEL CANTÓN VINES. 2013.

Código	Cd (ppm)
APOVinces – NN9	6,124
APOVinces - NN7	5,390
APOVinces – NN11	5,121
APOVinces - NN10	5,057
APOVinces - NN6	4,613
APOVinces - NN5	4,218
APOVinces - NN4	3,746
APOVinces - NN8	3,525
APOVinces – NN1	3,261
APOVinces - NN3	3,015
APOVinces - NN2	2,952
APOVinces – 221	2,715
APOVinces - 209	2,700
APOVinces - 291	2,683
APOVinces – 187	1,658
APOVinces - 166	1,628
APOVinces - 073	1,446
APOVinces - 100	1,235
APOVinces - 161	1,025
APOVinces – 159	0,988
APOVinces – 115	0,954
APOVinces – 24	0,375
APOVinces – 29	0,349
APOVinces – 07	0,189
APOVinces – 21	0,081
Promedio =	2,602
Desviación Estándar =	1,339
CV (%) =	51,44

Anexo 3.- VALORES DE PLOMO (Pb) EN ppm DE EN ALMENDRAS DE CACAO DE FINCAS DE PRODUCTORES ORGÁNICOS DEL CANTÓN VINCES. 2013.

Código	Pb (ppm).
APOVinces - NN8	5,447
APOVinces - NN10	5,396
APOVinces - NN11	5,344
APOVinces - NN9	5,276
APOVinces - NN5	5,011
APOVinces - NN6	4,798
APOVinces - NN7	4,721
APOVinces - NN2	4,054
APOVinces - NN3	4,028
APOVinces - NN4	3,946
APOVinces - NN1	2,793
APOVinces - 291	2,445
APOVinces - 221	2,216
APOVinces - 187	2,048
APOVinces - 209	1,735
APOVinces - 21	0,665
APOVinces - 166	0,416
APOVinces - 24	0,399
APOVinces - 159	0,329
APOVinces - 073	ND*
APOVinces - 100	ND*
APOVinces - 161	ND*
APOVinces - 115	ND*
APOVinces - 29	ND*
APOVinces - 07	ND*
Promedio =	2,44
Desviación Estándar =	1,63
CV (%) =	66,73

ND* = No Detectable

**Anexo 4.- VALORES DE PLOMO (Pb) EN ppm EN TESTA DE CACAO DE
FINCAS DE PRODUCTORES ORGÁNICOS DEL CANTÓN VINCES. 2013.**

Código	Pb (ppm)
APOVinces – NN11	7,575
APOVinces - NN8	7,017
APOVinces – NN9	5,274
APOVinces - NN10	3,307
APOVinces - NN6	3,272
APOVinces - NN7	2,695
APOVinces – 21	2,655
APOVinces - NN2	2,482
APOVinces - 209	2,414
APOVinces – 24	2,408
APOVinces - NN5	2,235
APOVinces - NN3	2,183
APOVinces – NN1	2,157
APOVinces - NN4	1,941
APOVinces – 29	1,761
APOVinces – 221	1,693
APOVinces – 159	1,503
APOVinces – 115	1,483
APOVinces - 100	1,235
APOVinces - 073	1,122
APOVinces - 166	0,902
APOVinces – 187	0,761
APOVinces - 161	0,474
APOVinces – 07	0,412
APOVinces - 291	0,215
Promedio =	2,367
Desviación Estándar =	1,587
CV (%) =	67,05