

Determinación de Cadmio y Plomo en almendras de cacao (*Theobroma cacao*), proveniente de fincas de productores orgánicos del cantón Vines.

**Lauro E. Díaz Ubilla
Edwin Mendoza Hidalgo
Mariano Bravo Bustamante
Nery Domínguez Vergara**

Universidad de Guayaquil,
Facultad de Ciencias para el Desarrollo, Km 1 ½ vía Vines – Palestina, Los Ríos,
Ecuador. Teléfono 0993625205. e – mail: edberto_diaz@hotmail.com

Espirales revista multidisciplinaria de investigación
ISSN: 2550-6862
Vol. 2 No. 15
ABRIL 2018

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 de tipo gourmet; en la actualidad las exportaciones del cacao fino de aroma de Ecuador, especialmente hacia los mercados Europeos, se pueden ver amenazados por indicios de contaminación de metales pesados como el cadmio (Cd) y el plomo (Pb) en las almendras de cacao exportable, en niveles superiores a los permitidos por Normativas Alimentarias de la Comunidad Europea (NACE). El objetivo propuesto para esta investigación fue: determinar Cd y Pb en almendras de cacao provenientes de fincas de productores orgánicos del cantón Vinces. Se seleccionaron 25 fincas como unidades útiles en la aplicación del proyecto. Para la evaluación estadística de los resultados obtenidos, se aplicó estadística no paramétrica. De acuerdo a los resultados se determinó que el mayor valor en Cd en almendras se registró en la parroquia Antonio Sotomayor en la finca APOVinces-NN10 con 0,98 ppm y el menor valor de 0,099 ppm se encuentra en la vía a Poza – Seca en la finca APOVinces – 115; en lo referente a Cd en testa se registró en la finca APOVinces - NN9 en la Parroquia Antonio Sotomayor, con 6,14 ppm y el menor valor se encontró en la finca APOVinces – 21 con 0,081 ppm de Cd. En referencia al Pb el mayor valor en almendras se registró en las fincas APOVinces - NN8 y APOVinces - NN10 con 5,44 y 5,39 ppm respectivamente, mientras que en 5 fincas no se detectó presencia de Pb en la testa, y los valores más altos se encontraron en las fincas APOVinces - NN11 y APOVinces - NN8 con 7,57 y 7,01 ppm de Pb respectivamente.

Palabras claves: Metales pesados, contaminación, cadmio, plomo *Theobroma cacao*, Normativas alimentarias.

SUMMARY

Ecuador is the world's leading producer of fine cocoa and aroma (it produces more than 60% of world production), used in the manufacture of high-quality and gourmet-type chocolates; At present, exports of fine aroma cocoa from Ecuador, especially to European markets, can be threatened by signs of contamination of heavy metals such as cadmium (Cd) and lead (Pb) in exportable cocoa almonds. levels higher than those allowed by Food Standards of the European Community (NACE). The objective proposed for this investigation was: to determine Cd and Pb in cocoa almonds coming from farms of organic producers of the canton of Vinces. Twenty-five farms were selected as useful units in the application of the project. For the statistical evaluation of the results obtained, non-parametric statistics were applied. According to the results it was determined that the highest value in Cd in almonds was registered in the Antonio Sotomayor parish in the APOVinces-NN10 farm with 0.98 ppm and the lowest value of 0.099 ppm is in the Poza-Seca road in the APOVinces farm - 115; in relation to Cd in testa was registered in the farm APOVinces - NN9 in the Parish Antonio Sotomayor, with 6.14 ppm and the lowest value was found in the farm APOVinces - 21 with 0.081 ppm of Cd. In reference to the Pb the largest almonds value was registered in the farms APOVinces - NN8 and APOVinces - NN10 with 5.44 and 5.39 ppm respectively, while in 5 farms no presence of Pb was detected in the seed coat, and the highest values were found in the APOVinces farms - NN11 and APOVinces - NN8 with 7.57 and 7.01 ppm of Pb respectively.

Keywords: Metales pesados, *Theobroma cacao*, Normativas alimentarias.

INTRODUCCIÓN

El informe del Banco Central del Ecuador (2007) sostiene que nuestro país 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 de tipo gourmet; en la actualidad constituye el tercer rubro de importancia económica, después del banano y las flores, generando empleo a más de 100.000 familias de pequeños productores ecuatorianos y otras 20.000 familias en el resto de la cadena de valor, lo que equivale a una influencia directa sobre 600.000 personas.

La superficie cosechada en Ecuador es de aproximadamente 340.000 ha. La mayor provincia productora de cacao es Los Ríos, donde existen sembradas 69.800 ha representando el 24,38 % del total nacional (INEC. 2012). En el cantón Vinces desde el año 2006 se conformó la Asociación de Productores Orgánicos (APOVinces), actualmente con 180 socios, de las cuales 100 fincas tienen certificación orgánica por CERES (500 ha) y 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 Normativas Alimentarias de la Comunidad Europea (NACE) (1 y 3 ppm respectivamente). Se considera que las fuentes de contaminación de Cd y Pb pueden provenir de forma natural, mediante las erupciones volcánicas, la mineralización del material parental o inducidas por el hombre (antropogénicas), donde sobresalen las explotaciones mineras, quemaduras de basuras urbanas, uso de lodos urbanos en la agricultura, agroquímicos, gases provenientes de las industrias, quema de combustibles fósiles, entre estos el carbón, contaminación por derivados del petróleo al secar el cacao en carreteras, abonos orgánicos, etc (Mite, F. 2010).

Los metales pesados constituyen un riesgo considerable para la salud por el contacto frecuente laboral y ambiental. Entre los más peligrosos se encuentran el Pb y el Cd. En 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, G. 2012)

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

La venta de cacao proveniente de los lugares contaminados, podría poner en riesgo la adquisición de este producto en los mercados internacionales. Se sabe que cada vez hay

mayores exigencias en la inocuidad de los productos que provienen de áreas donde no hay mayores controles de calidad (Carrera, J. 1994)

Según la FAO/WHO. 2009, los rangos permisibles aceptados por la legislación internacional de residuos de plaguicidas en productos vegetales, es 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 0,1 mg/kg de Pb. Estos valores significan un problema para algunos países productores de cacao de América Latina. Un análisis de muestras en laboratorio demostró que el cacao proveniente de varios países 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)

Actualmente se encuentran en revisión en Europa los niveles máximos permitidos de metales pesados en productos de consumo humano, con respecto al Cd es de 0,1 a 0,3 mg/ kg de chocolate. (Minist. de Econ. Ind y Comp. de España. 2017).

En estudios realizados en nuestro país sobre la presencia de metales pesados, en las muestras de almendras de cacao, se encontró que el mayor promedio se registra en 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. Mientras que, el menor promedio de 0,47 mg kg⁻¹ de Cd, se encuentra en Morona Santiago. Las concentraciones máximas encontradas y que presentan valores mayores a los 2,0 mg kg⁻¹ ocurren en seis provincias (Manabí, El Oro, Guayas, Napo, Orellana y Zamora Chinchipe). Las muestras han sobrepasado los valores críticos, pues hay fincas que tienen índices de contaminación elevados. En esta investigación, hasta el momento se ha encontrado un valor de 4,08 mg kg⁻¹ de Cd en la almendra, que es el más elevado en la Provincia de El Oro. Le siguen Guayas y Manabí con 3,57 y 3,46 mg kg⁻¹, respectivamente, en cuanto a la provincia de 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 INIAP- PROMSA (2003), reportaron la presencia de Cd en niveles tóxicos en un suelo cacaotero de la Provincia de El Oro y almendras de cacao con cantidades superiores a 1 mg kg⁻¹ de Cd, en las provincias de El Oro, Guayas, Zamora, Los Ríos, Francisco de Orellana, Esmeraldas y la parte tropical de Pichincha; además, se indicó como principales posibles fuentes de contaminación, la quema de fundas plásticas usadas en la agricultura, cercanía a las carreteras y uso de aguas provenientes de mina.

La investigación ayudaría, además, a profundizar en los mecanismos básicos de daño y permitiría un mejor entendimiento de la toxicidad del Cd y su posible tratamiento. Según la OMS (2017) el cadmio tiene efectos tóxicos en los riñones y en los sistemas óseo y respiratorio; además, está clasificado como carcinógeno para los seres humanos; y el plomo puede tener consecuencias graves y permanentes en la salud de los niños, afectando en particular al desarrollo del cerebro y del sistema nervioso, y en los adultos, aumenta el riesgo de hipertensión arterial y de lesiones renales. En las embarazadas, la exposición a concentraciones elevadas de plomo puede ser causa de aborto natural, muerte fetal, parto prematuro y bajo peso al nacer, y provocar malformaciones leves en el feto.

Por lo anteriormente enunciado, es necesario realizar investigaciones en las almendras y testas de cacao orgánico que se está produciendo en el cantón Vinces, para precisar las áreas que tengan problemas de acumulación de Cd y Pb, los objetivos propuestos fueron:

Objetivo general:

- Determinar niveles de Cadmio y Plomo en almendras y testa 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.

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, ubicadas a una altitud de aproximadamente 14 msnm, precipitación pluvial entre 1400 y 1500 mm, con una temperatura promedio de 26°C, humedad relativa promedio de 75 a 90%, heliofanía anual de 810 horas luz. Según la clasificación de Holdridge, esta zona pertenece al bosque tropical seco.

Población y muestra

La población de la investigación estuvo compuesta por 100 productores reconocidos como productores orgánicos, de los cuales se seleccionaron 25 fincas que fueron las unidades útiles en la aplicación del proyecto, distribuidas en el cantón Vinces donde se cultiva cacao, para su selección se consideraron aspectos como: pequeños, medianos y grandes productores, con áreas de entre 0,5 y 10 ha.

Materiales utilizados

Equipo GPS (Sistema de posicionamiento global)
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 Vines (APOVines), se procedió a seleccionar 25, en distintas ubicaciones, lo cual sirvió para la toma de muestra de las almendras y al mismo tiempo situarlas mediante un mapa, el área total fue de 74,37 ha repartidos de la siguiente manera: El Morocho (1,76 ha), Los Membrillos (10 ha), Los Machines (2 ha), Vines (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 Vines (APOVines).

Socialización del proyecto

Una vez seleccionadas las fincas, se procedió a visitar a los productores de cacao orgánico, a los cuales 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, siendo estos puntos proyectados en un mapa del cantón Vines para conocer su respectiva ubicación.

Colecta de muestras

De cada finca seleccionada, con su respectiva identificación del propietario y del código asignado por la APOVines, se procedió a adquirir 7 libras de cacao crudo (en baba), para obtener en seco aproximadamente 1 kg de almendras que era lo requerido para el análisis.

Fermentado de las muestras

Las muestras fueron colocadas en un cajón de madera por 4 días, durante este tiempo fueron removidas las almendras para asegurar un fermentado homogéneo.

Secado de las muestras

Con su respectiva identificación, las muestras fueron colocadas en un tendal de concreto para ser secadas, se las asoleó por 3 a 4 días, durante este tiempo fueron removidas para asegurar un secado homogéneo. Una vez secas las muestras (con humedad aproximada de 7 %), las almendras frescas fueron colocadas en fundas de papel previamente identificadas.

Proceso de las muestras

Los análisis se realizaron en el Instituto de Investigaciones de Recursos Naturales, 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

Se aplicó estadística no paramétrica, a los resultados obtenidos en laboratorio se les calculó desviación estándar y coeficiente de variación y se mostraron en cuadros y figuras.

Datos evaluados

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, 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 y 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 este tiempo se procedió a la evaporación del agua desionizada en un plato calentador, luego se dejó enfriar y seguidamente se re-disolvió con agua destilada, se filtró a través de papel filtro Whatman N° 40, luego 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

Cadmio en almendras de cacao

En las muestras de almendras de cacao analizadas, se encontró un promedio 0,455 ppm de Cd (**Cuadro 1**), que resulta menor a los 2,00 ppm de Cd reportado por INIAP-PROMSA (2003).

El mayor valor en almendras se registra 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. Estos valores se encuentran por debajo de lo permisible actualmente por los países Europeos que es 1 ppm de Cd (FAO/WHO. 2009)

CUADRO 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

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 (**Cuadro 2**).

El mayor valor de Cd en la testa se registró en el cacao sembrado APOVinces – NN9, en la Parroquia Antonio Sotomayor, con valor de 6,14 ppm. Mientras que el menor valor de 0,081 ppm se encontró en APOVinces – 21, ubicada en la vía a Babahoyo.

CUADRO 2.- VALORES DE CADMIO (Cd) EN ppm EN TESTA DE CACAO DE FINCAS DE PRODUCTORES ORGÁNICOS DEL CANTÓN VINCES. 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

Plomo en almendras de cacao

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

El mayor valor en almendras se registra en cacao sembrado en APOVinces - NN8 y APOVinces - NN10, parroquia Antonio Sotomayor con 5,44 y 5,39 ppm de Pb respectivamente, mientras que en cinco fincas no se detectó presencia de Pb en las almendras, recalcando que nueve de las fincas analizadas se encuentran por encima de lo

permisible actualmente por los países Europeos que es 3 ppm (FAO/WHO. 2009), es probable que en estas fincas tengan algún tipo de contaminación inducidas por el hombre (antropogénicas) como quema de basuras urbanas, de combustibles fósiles, entre estos el carbón, contaminación por derivados del petróleo o aplicación de abonos orgánicos, etc, tal como lo manifiesta (Mite, F. 2010)

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

Plomo en testa de granos de cacao

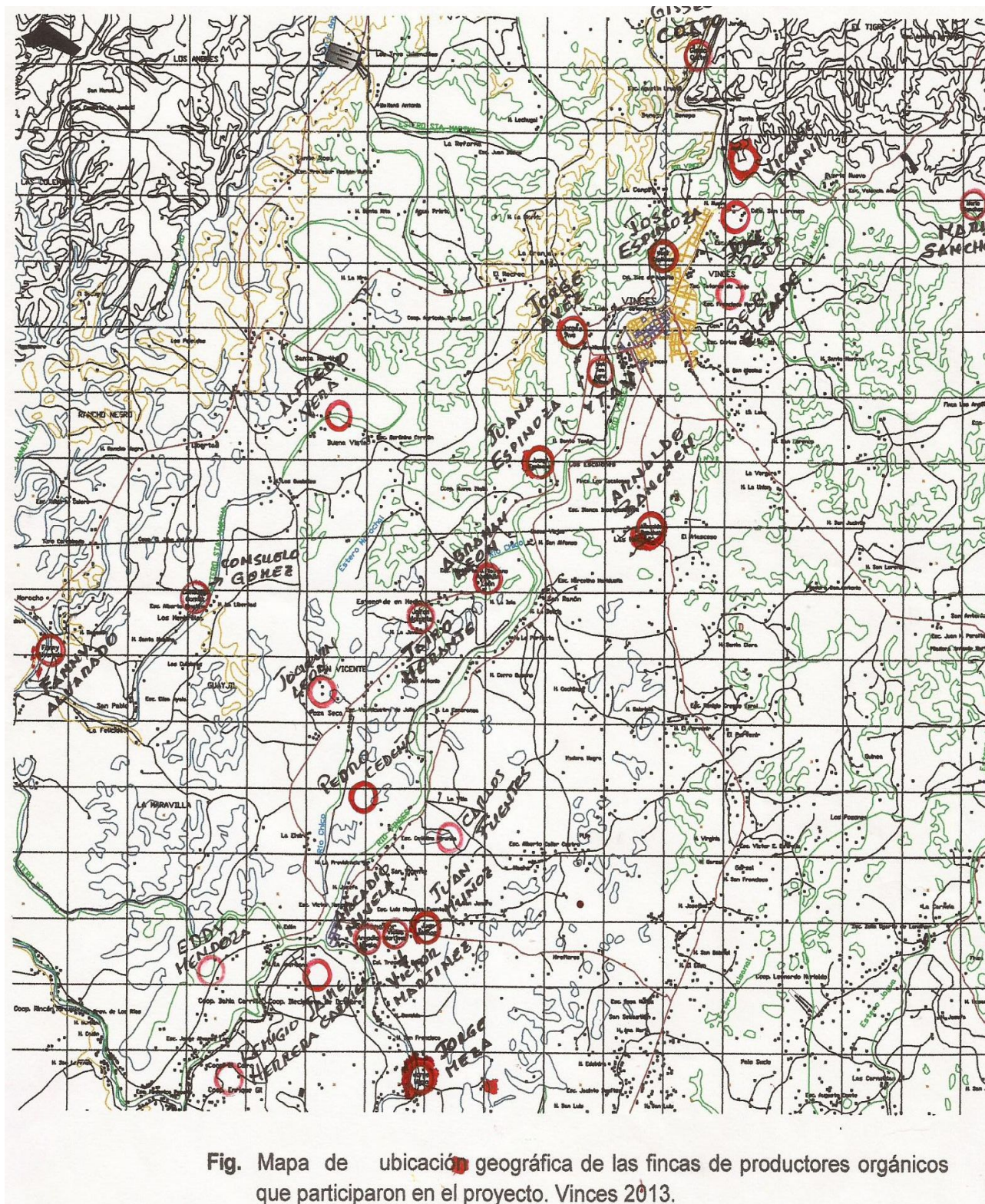
Los valores de Pb en las muestras de testa de los granos presentaron un promedio de 2,36 ppm (**Cuadro 4**).

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 que la menor presencia se encontró en la finca APOVinces – 291, con 0.21 ppm.

CUADRO 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

Ubicación geográficas de las fincas



4. DISCUSIÓN Y ANÁLISIS

De acuerdo a los resultados obtenidos se llegó a determinar lo siguiente:

La mayor concentración de Cd en almendras la presentó la finca “La Rafaela”, 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, F. 2010), en la provincia de Los Ríos, el mismo que detectó un máximo de 1,23 ppm de Cd, con un promedio de 0,57 ppm y un mínimo de 0,23 ppm. Se confirma que todas las fincas se encuentran por debajo del nivel permisible establecido por la Unión Europea hasta el momento que es 1 ppm (FAO/WHO. 2009)

De no llegar a un acuerdo con la Unión Europea, 12 de 25 fincas analizadas estarían por encima de los niveles permisibles de Cd en almendras de cacao. Estos países proponen un rango que va desde 0,30 a 0,50 ppm, para la producción y exportaciones de cacao del Ecuador y otros países productores, particularmente de cacao fino y de aroma. (Boletín de la Emb. del Ecuador. 2011)

En lo referente a la presencia de Cd encontrado 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 y la menor concentración se detectó en la finca APOVinces – 21, con 0,081 ppm. un promedio general de 2,60 ppm. Estos valores son superiores a los encontrados en las muestras analizadas por (Mite, F. 2010), donde se detectó valores mínimos de 0,35 ppm y un máximo de 2,12 ppm de Cd, con un promedio general de 0.99 ppm en la provincia Los Ríos.

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. Según estos resultados, en nueve de las fincas analizadas se encontró valores superiores a lo permisible actualmente por los países Europeos que es 3 ppm (FAO/WHO. 2009), igualmente éstos valores son superiores al promedio general del país, los cuales se ubican en valores de 0.07 – 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 que la menor presencia de Pb se encontró en la finca APOVinces – 291, con un valor de 0.21 ppm.

CONCLUSIONES

Luego del análisis e interpretación de los resultados experimentales se llegó a las siguientes conclusiones:

- ✓ Se pudo determinar que 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, según los resultados obtenidos se determinó que existen nueve fincas con niveles de este metal en almendras que son superiores a los niveles permisibles por los países de la Unión Europea (3 ppm).
- ✓ En cuanto a los tejidos los mayores contenidos de Cd y Pb se detectaron en la testa (cascarilla), en comparación a la almendra.

RECOMENDACIONES

- ✓ Realizar estudios de suelos y aguas en las fincas, cuyos niveles estuvieron por encima de lo permisible por la Unión Europea en metales como Cadmio y Plomo.
- ✓ Investigar la influencia de las diferentes maneras de secado de los granos de cacao en la acumulación de metales pesados.
- ✓ Realizar análisis de concentración de Cd y Pb en producto final como el chocolate con cacao de éstas fincas.
- ✓ Que la Asociación APOVinces busque nichos de mercados para aquellas fincas con más bajos niveles de Cd y Pb, para que obtengan mejor precio del producto.

AGRADECIMIENTO

A las autoridades de la Universidad de Guayaquil, especialmente al Sr Rector y Vicerrector Académico por el apoyo invaluable y permanente a la Investigación.

Al decano de la Facultad de Ciencias para el Desarrollo.

Al presidente de la Asociación de Productores de Cacao Orgánico del cantón Vinces (APOVinces) y a las/los socios que participaron en el proyecto por el apoyo brindado

A la Sra. Decana de la Facultad de Ciencias Naturales, al Químico Farmacéutico Víctor Hugo Arcos y su equipo de trabajo, por el apoyo brindado en la realización de los análisis de los metales pesados analizadas.

A mi madre que durante mi ausencia, en el secado de las almendras se encargaba de ponerlas al sol, movilizarlas y cuidarlas para evitar alguna contaminación

A los Sr(s). Nery Domínguez (Becario) y Elías Painni Carriel, por sus colaboraciones en las labores durante todas las fases de la investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. **Asociación de productores orgánicos de Vinces (APOVinces).** (2013). El Cacao de Vinces. Disponible en: <http://apovinces.org/>
2. **Banco Central del Ecuador.** (2007). Encuestas de coyuntura sector Agropecuario. Disponible en: contenido.bce.fin.ec/documentos/PublicacionesNotas/Catalogo/Encuestas/Coyuntura2007.
3. **Boletín de la Embajada del Ecuador ante el Reino de Bélgica.** (2011). 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>
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. p. 65.
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). p. 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. p. 60.
8. **Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC).** 2012. Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua 2012.
9. **Ministerio de Economía, industria y competitividad de España.** (2017). Legislación internacional de residuos de plaguicidas en productos vegetales. Disponible en: <http://plaguicidas.comercio.es/>
10. **Mite, F.** (2010). Avances del monitoreo de presencia de cadmio en almendras de cacao, suelos y aguas en Ecuador. Revista científica Scielo. 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. p 13 – 14 – 15 – 21. Disponible en: http://www.scielo.org.con/scielo.php?pid=so120-28122012000-40006&scrip=sci_adstract
11. **Organización mundial de la salud (OMS).** 2017. Programa Internacional de Seguridad de las Sustancias Químicas: El Cadmio. Disponible en: http://www.who.int/ipcs/assessment/public_health/cadmium/es/
12. **Organización mundial de la salud (OMS).** 2017. Intoxicación por Plomo y salud. Disponible en: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs379/es/>
13. **Perkin Elmer.** (1996). Analytical Methods, Atomic Adsorbtion Spectroscopy,
14. **Pérez García, Perla Esmeralda; Azcona Cruz, María Isabel.** (2012). Los efectos del Cadmio en la salud. Revista de Especialidades Médico-Quirúrgicas, 17 (3). p. 199-205.

15. **Rubio, A., Gutiérrez, R.E Martín Izquierdo, C. Revert, G. Lozano, A. Hardisson.** (2004) El plomo como contaminante alimentario. Revista de Toxicología de España, 21 (2), p. 72-80.
16. **Villalobos, M. y Orozco, S.** (2009). Calidad del cacao en Centroamérica. Un Vistazo a la situación. Contaminación del cacao por metales pesados. p. 32