

CONTENIDO DE NUTRIENTES Y CADMIO EN DIFERENTES EDADES Y ETAPAS FENOLÓGICAS DEL CULTIVO DE CACAO

Sánchez, M.^{1*}; Rengifo, J. P²; Huamani, H. A³.

¹Laboratorio de Análisis de Suelos-Facultad de Agronomía-Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María, Perú.

²Departamento Académico de Ingeniería en Conservación de Suelos y Agua -Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María, Perú.

Departamento Académico de Ciencias Agrarias-Facultad de Agronomía-Universidad Nacional Agraria de la Selva.

* Autor de Contacto: miguelsanchezunas@gmail.com, leugimqt@gmail.com, Pasaje Los Pinos 270, Bella Durmiente, Tingo María, Perú, 959085665.

RESUMEN

La investigación se desarrolló con la finalidad de determinar la relación y el contenido de nutrientes y Cd^{2+} en el cultivo de cacao. Se seleccionaron 04 parcelas orgánicas de 04 edades 5, 10, 15 y 20 años respectivamente; para determinar los parámetros del suelo, se realizó la caracterización fisicoquímica, evaluación del Cd^{2+} disponible; para la evaluación de hoja y almendra se realizó la caracterización nutricional y el análisis de Cd^{2+} total. En los suelos ninguno supera los 0.8 mg/L de Cd^{2+} , no se obtuvieron diferencias significativas respecto al Cd^{2+} y nutrientes. A nivel foliar el Cd^{2+} fue de 2.71 mg/L en 5 años y 3.39 mg/L en 10 años; hubo diferencias significativas entre el contenido de Cd^{2+} total y el mes de muestreo (-0.667*), con el contenido de Ca^{2+} (-0.676*), Mg^{2+} (-0.687*), Zn^{2+} (0.586*) y Cu^{2+} (0.656*). A nivel de almendras el cadmio fue de 2.33 mg/L en 5 años y 2.01 mg/L en 10 años; se obtuvo diferencias significativas entre el contenido de Cd^{2+} total y el mes de muestreo (-0.716**), con el contenido de Ca^{2+} (-0.599*) y Mg^{2+} (-0.681*). En los suelos estudiados los valores de cadmio disponible están por debajo de los límites máximos permisibles. A nivel foliar y almendra del cacao, las parcelas de 5 y 10 años y la etapa fenológica de plena fructificación presentaron valores máximos de Cd^{2+} total, hay relación entre el Cd^{2+} y el mes de muestreo, Ca^{2+} , Mg^{2+} , Zn^{2+} y Cu^{2+} .

PALABRAS CLAVE

Nutrientes; Cadmio; Etapas fenológicas.

INTRODUCCIÓN

El cacao es uno de los principales cultivos del Alto Huallaga. El principal mercado de este cultivo es el externo presentándose los mayores niveles de exportación hacia Holanda, Suiza, Bélgica, Francia, Italia, Alemania, Estados Unidos, Japón y otros. Estos países presentan determinadas condiciones para el ingreso y comercialización



de cacao, y uno de ellos es la presencia de metales pesados; el mercado europeo está presentando observaciones respecto a la presencia del cadmio en el producto de cacao que se está enviando y que está superando los límites máximos permisibles. Es por ello que se hace imperioso evaluar la presencia y los niveles de contaminación del cadmio a nivel del suelo, foliar y almendra de los agricultores de la Cooperativa Agraria Naranjillo - COOPAIN. Por ello, acorde con la importancia socio económico de este cultivo para varias regiones del Perú se hace necesario contar con un adecuado análisis de metales. Es por ello que el reporte sobre la presencia de niveles de cadmio por encima de lo permitido en el producto enviado al extranjero genera preocupación en relación a los posteriores envíos de este producto. Los análisis de laboratorio permiten determinar el contenido de cadmio y plomo en el suelo, en las almendras, en el tejido foliar en diferentes edades y etapas fenológicas. Bajo este contexto, se plantearon los siguientes objetivos:

Determinar los niveles de cadmio y su relación con los nutrientes de los suelos del cultivo de cacao por edades y etapas fenológicas.

Determinar los niveles de cadmio y su relación con los nutrientes a nivel foliar en el cultivo de cacao por edades y etapas fenológicas.

Determinar los niveles de cadmio y su relación con los nutrientes a nivel de almendras de cacao por edades y etapas fenológicas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Cultivo

El trabajo de investigación se realizó en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao L*) del clon CCN 51, de 5, 10, 15 y 20 años de edad, bajo condiciones de cultivo orgánico en producción.

Ubicación de los campos

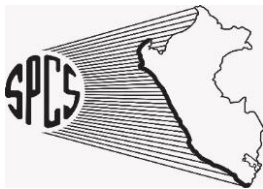
Cuadros 1. Georreferenciación de las parcelas evaluadas.

Lugar	Coordenadas UTM		Altitud (msnm)
Picuroyacu	387195 E	8974331 N	752
Trampolín	395117 E	8982497 N	673
Filadelfia	328086 E	9097572 N	520
Tananta	328862 E	9102511 N	485

Evaluación de campo

En cada campo el muestreo se realizó en sistema cuadrado para el análisis de suelo, foliar y almendras.

Evaluación del suelo



Se obtuvo una muestra compuesta, en la que se realizó el análisis físico-químico respectivo, se realizó el análisis de cadmio disponible con EDTA 0.05 M (WETERMAN, 1990).

Evaluación de la hoja

Se obtuvo 2 hojas por planta teniendo en total 40 hojas (20 plantas). Fueron extraídas de la parte media. Fueron codificadas y llevadas al Laboratorio de Análisis de Suelo de la Facultad de Agronomía (UNAS) para su análisis mediante vía húmeda donde la muestra es atacada con solución de ácido nítrico y perclórico 4:1.

Evaluación de la almendra

Se obtuvo una mazorca por planta en total se partieron de 20 mazorcas obteniendo los granos de cacao frescos, se realizó el proceso de fermentado y secado hasta obtener almendras a 8% de humedad en promedio. Fueron codificadas y llevadas al Laboratorio de Análisis de Suelo de la Facultad de Agronomía (UNAS) para su respectivo análisis mediante vía húmeda donde la muestra es atacada con solución de ácido nítrico y perclórico 4:1.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Niveles de cadmio y su relación con los nutrientes de los suelos del cultivo de cacao por edades y etapas fenológicas

De acuerdo con los resultados de los análisis realizados, los suelos presentaron adecuadas condiciones físico – químicas.

ROSS (1994b) refiere que generalmente los metales quedan retenidos en el suelo a pH básicos, mientras que a pH ácidos los metales están más solubles siendo, por lo tanto, mayor su disponibilidad para las plantas. DE MEEÛS *et al.* (2002) refiere que el uso de fertilizantes fosforados es la principal fuente de contaminación de cadmio en suelos agrícolas. Los que son producidos a partir de la roca fosfórica constituyen la mayor entrada agrícola de cadmio al suelo. Los fertilizantes fosfatados constituyen más del 50% de la entrada total de cadmio en los suelos. SILVEIRA *et al.* (2003) refiere que en general, la adsorción de los metales a las partículas del suelo reduce la concentración de los metales en la solución suelo. Así, un suelo con una capacidad de intercambio catiónico (CIC) alta tiene más sitios de intercambio en la fracción coloidal del suelo, los que estarán disponibles para una mayor adsorción y posible inmovilización de los metales. En el Cuadro 3 se tienen los resultados de los análisis de correlación realizados. No se obtiene significancia positiva entre el contenido de Cd^{2+} disponible en suelo con el contenido de nutrientes del suelo. Así mismo tampoco se obtiene significancia negativa entre el contenido de Cd^{2+} disponible en suelo con el contenido de nutrientes del suelo

Cuadro 3. Coeficientes de correlación del contenido de cadmio disponible del suelo y su relación con algunas propiedades químicas del suelo

	Edad	Mes	pH	Mo	N	P	Pb	Kdis
Cd	-0.391	0.232	-0.220	0.329	0.312	0.538	-0.458	-0.264

	CIC	Ca	Mg	Ki	Na	Al	H	Sat. Al
--	-----	----	----	----	----	----	---	---------



Cd	-0.264	-0.353	-0.397	-0.345	-0.360	-0.318	0.263	-0.435
-----------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	-------	--------

*: Significativo ($p < 0.05$)

** : Altamente significativo ($p < 0.01$).

Niveles de cadmio y su relación con los nutrientes a nivel foliar del cultivo de cacao por edades y etapas fenológicas

En relación con los datos referidos por LOUÉ MURRAY, SPECTOR EN SNOECK (1984) y AIKOKPODION P (2010), MARTÍNEZ y PALACIOS (2010). Referidos al contenido de nutrientes en hojas de cacao, se puede mencionar que a nivel foliar las parcelas de los agricultores presentan bajos valores de P^{3+} , K^+ . En cuanto al Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{2+} , Mn^{2+} , Zn^{2+} y Cu^{2+} están dentro del rango de referencia. Respecto a los niveles de cadmio y plomo total en las hojas de cacao se tiene valores por encima de lo referido por MARTÍNEZ y PALACIOS (2010), 0.1 y 0.2 ppm respectivamente. Todas las parcelas evaluadas a nivel foliar superan los límites máximos permisibles, destacando las parcelas más jóvenes en la época de plena producción en cuanto al cadmio total. Según KABATA – PENDÍAS (2000), se establece los valores de 0.5 ppm cadmio total como referente, lo cual indica que las parcelas evaluadas presentan valores superiores a la referencia citada. Esto puede ser debido a actividades antropogénicas como es el caso de aplicación de fertilizantes foliares, plaguicidas, y la contaminación del aire por el parque automotor. En el Cuadro 4 se tienen los resultados de los análisis de correlación realizados. Se obtiene significancia negativa entre el contenido de Cd^{2+} total y el mes de muestreo, con el contenido de Ca^{2+} y Mg^{2+} . Así mismo se obtiene significancia positiva entre el contenido de Cd^{2+} total a nivel foliar con el contenido de Zn^{2+} y Cu^{2+} . Según MCLAUGHLIN y SINGH (1999), la contaminación atmosférica se origina a partir de las minas metalúrgicas, ya que el cadmio se extrae como subproducto del plomo, zinc, cobre y otros metales, las incineradoras municipales, y las emisiones industriales procedentes de la producción de pigmentos para cristales, anticorrosivos, baterías de níquel/cadmio, insecticidas y parque automotor. En general el Cd^{2+} interfiere en la entrada, transporte y utilización de elementos esenciales (Ca^{2+} , Mg^{2+} , P^{3+} y K^+) y el agua, provocando desequilibrios nutricionales e hídricos en la planta (SINGH y TEWARI, 2003).

Cuadros 4. Coeficientes de correlación del contenido de cadmio total y su relación con algunos macro y micro elementos a nivel foliar.

	Edad	Mes	P	Ca	Mg	K	Na	Fe	Mn	Zn	Cu	Pb
Cd	-0.491	-0.677*	0.394	-0.676*	-0.687*	0.351	0.373	0.17	0.401	0.586*	0.656*	0.258

*: Significativo ($p < 0.05$)

** : Altamente significativo ($p < 0.01$).

Niveles de cadmio y su relación con los nutrientes a nivel de almendras del cultivo de cacao por edades y etapas fenológicas

En relación con los datos referidos por AIKPOKPODION (2010), referidos al contenido de nutrientes en almendras de cacao se puede mencionar que las parcelas de los agricultores en general no presentan deficiencias a excepción de Fe^{2+} y Zn^{2+} . Respecto a los niveles de cadmio y plomo total en las almendras de cacao se tiene unos valores por encima de lo referido por MARTÍNEZ y PALACIOS (2010) que es de



0.1 y 0.2 ppm para chocolates, podemos observar que todas las parcelas evaluadas a nivel de almendras superan los límites máximos permisibles. La mayor concentración de cadmio en las almendras se encuentra en las plantas más jóvenes y en la época de plena fructificación, pasa lo mismo en el cadmio en las hojas. Según INFORME N° 03 - 2011-APS-COOPAIN el contenido de cadmio a nivel de almendras en el distrito de Rupa Rupa se determinó un mínimo y máximo de 0.37 - 3.67 mg/Kg, respectivamente. Según IDIAF (2004), al evaluar la concentración de cadmio en almendras secas de cacao encontró valores de cadmio por encima de valor máximo permitido en la asociación Los Bledos (0.6 ppm). Las concentraciones de cadmio en las plantas de cacao se deben a la concentración de cadmio tanto en los suelos como en las hojas. Esto nos indica que la presencia de cadmio no puede realizarse de manera genérica para todos los suelos, sino que hay que tener presente el tipo, la composición y el uso actual o potencial de cada uno. En el Cuadro 5 se tienen los resultados de los análisis de correlación realizados. Se obtiene significancia negativa entre el contenido de Cd²⁺ total y el mes de muestreo, con el contenido de Ca²⁺ y Mg²⁺.

Cuadros 5. Coeficientes de correlación del contenido de cadmio total y su relación con algunos macro y micro elementos a nivel de almendra sin cascarilla.

	Edad	Mes	P	Ca	Mg	K	Na	Fe	Mn	Zn	Cu	Pb
Cd	-0.38	-0.716**	-0.432	-0.599*	-0.681*	-0.503	0.495	-0.171	0.155	-0.117	-0.54	0.309

*: Significativo (p<0.05)

** : Altamente significativo (p<0.01).

Esto nos indica que el cadmio tanto a nivel foliar y almendra aumentan su cantidad conforme este elemento aumenta su concentración en el suelo, debido posiblemente a la mayor absorción de los nutrientes y en este caso de cadmio que se encontró disponible en el suelo. IRETSKAYA y CHIEN (1999), mencionan que los metales pesados pueden ser transferidos a las partes comestibles de los cultivos y que la capacidad de absorción es variable. NATURLAND (2000) refiere que la planta de cacao absorbe ligeramente los metales pesados que existen por naturaleza en los suelos y los concentra en las semillas grasosas. BENAVIDES *et al.* (2005), refieren que la absorción de cadmio a nivel de las raíces está en competencia directa con nutrientes tales como el calcio, potasio, magnesio, hierro, cobre, manganeso y zinc por lo que pueden ser absorbidos por las mismas proteínas transportadoras. Es posible considerar todos estos efectos debido al carácter de la bioacumulación y biomagnificación del cadmio en el suelo y en los tejidos de los órganos vivos.

CONCLUSIÓN

Los suelos estudiados en general presentan adecuadas condiciones físico – químicas. El valor de cadmio disponible en los suelos está por debajo de los límites permisibles. A nivel foliar y almendra del cacao, las parcelas de 5 y 10 años y la etapa fenológica



de plena fructificación presentaron valores máximos de Cd^{2+} total, hay relación entre el Cd^{2+} y el mes de muestreo, Ca^{2+} , Mg^{2+} , Zn^{2+} y Cu^{2+} .

BIBLIOGRAFÍA

- Aikpokpodion, P. 2010. Nutrients dynamics in cocoa soils, leaf and beans in Onto State, Nigeria. *J. Agri. Sci.* 1(1): 1-9. Disponible en: www.krepublishers.com/02-Journals/JAS
- Benavides, M.; Gallego, S.; Tomaro, M. 2005. Cadmium toxicity in plants. *Brazilian Journal of Plant Physiology* 17:21-34.
- Cooperativa Agraria Industrial Naranjillo Ltda. 2011. Evaluación preliminar de cadmio en suelos tropicales y almendras de cacao en la influencia de la COOPAIN. Área de producción sostenible. Informe N° 03 -2011-APS-COOPAIN.
- De Meeús, C.; Eduljee, G.; Hutton, M. 2002. Assessment and management of risks arising from exposure to cadmium in fertilizers. *The Science of the Total Environment* 291:167-187.
- Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IDIAF) Resultados de investigación en Cacao. Santo Domingo, DO. 73 p. Disponible en: www.rediaf.net.do/publicaciones/pubidiaf.htm
- Iretskaya, S.; Chien, S. 1999. Comparison of cadmium uptake by five different food grain crops grown on three soils of varying pH. *Commun. Soil. Sci. Plant. Anal.* 30:441 – 448.
- Kabata-Pendias, A. 2000. Trace elements in soils and plants. Third Edition. CRC Press, Boca Raton, USA. 413 p. Disponible en: <https://www.agronomy.org/>
- Martínez, G.; Palacio, C., 2010. 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. Disponible en: <http://repositorio.uis.edu.co/jspui/bitstream/123456789/397/2/136115.pdf>. Revisado el 14 de mayo del 2014
- McLaughlin, M.J.; Singh, B.R. 1999. Cadmium in soils and plants: a global perspective. In: McLaughlin, M.J.; Singh, B.R. (Ed.). *Cadmium in soils and plants*. Dordrecht: Kluwer Academic, p. 1-19.
- NATURLAND, 2000. Agricultura Orgánica en el Trópico y Subtrópico. Guía de 18 cultivos. Cacao. 1ra Edición. Alemania. 24 pp. Disponible en: <http://w.w.w.naturland.de>
- Ross, S. 1994. Retention, transformation and mobility of toxic metals in soils. En: *Toxic metals in soil-plant systems* (ed S.M. Ross), pp. 63-152.
- Silveira M.L.A.; Alleoni L.R.F.; Guilherme L.R.G. 2003. Biosolids and heavy metals in soils. *Scientia Agrícola* 60: 793-806. Disponible en: <http://rrecrona.ifas.ufl.edu/faculty/silveira.shtml>
- Singh, P.; Tewari, R. 2003. Cadmium toxicity induced changes in plant water relations and oxidative metabolism of *Brassica juncea* L. plants. *Journal of Environmental Biology* 24:107-112.



XVI Congreso Nacional y VII Internacional de la Ciencia del Suelo

“Crianza del suelo para el buen vivir”

Ayacucho, Perú – 22 al 25 de mayo de 2017

Weternan, R. L. 1990. Soil testing and plant analysis. 3rd ed. Soil Science Society of America. Madison, WI, USA.