

**2017 International Symposium on Cocoa Research (ISCR), Lima, Peru, 13-17 November 2017**

**ACUMULACIÓN DE CADMIO EN SEIS GENOTIPOS DE CACAO UTILIZADOS COMO PATRÓN**

Chupillon-Cubas J<sup>1,2</sup>, Arévalo-Hernández, CO<sup>1</sup>; Arévalo-Gardini, E<sup>1,2</sup>; Farfán-Pinedo, A<sup>1</sup>; Baligar V<sup>3</sup>.

<sup>1</sup>Instituto de Cultivos Tropicales – ICT, Tarapoto, Perú. [enriquearevaloga@gmail.com](mailto:enriquearevaloga@gmail.com)

<sup>2</sup>Universidad Nacional de San Martín, Tarapoto, Perú

<sup>3</sup>USDA-ARS- Beltsville Agricultural Research Center (BARC), Beltsville, MD, USA.

**Resumen**

El cacao es uno de los principales cultivos de la amazonia del Perú y la mayor área sembrada está en Región San Martín. Este cultivo es propagado por semillas que se usan como patrón y luego son injertados con clones promisorios. El objetivo de este estudio fue determinar la absorción de cadmio para seis genotipos de cacao, utilizados como patrón. El experimento fue realizado en la Estación Experimental “Juan Bernito” del Instituto de Cultivos Tropicales-ICT en la ciudad de Tarapoto. Las semillas se colectaron de diferentes mazorcas de clones: CCN-51, IMC-67, SCA-6, EET-400 y POUND-12 y un cacao común (Híbrido) como control, provenientes del banco de germoplasma del ICT, luego fueron sembrados en sustrato preparado a base de tierra negra y arena de río en relación 3:1, contaminado con cloruro de cadmio a 25 mg kg<sup>-1</sup>, contenido en macetas de 4kg, 10 repeticiones por tratamiento y cuidadas por 4 meses. La materia seca de la parte aérea y radicular fueron medidas al final del experimento. La concentración de cadmio fue determinada tanto en la parte aérea como la parte radicular para cada genotipo. Se realizó el análisis de variancia y comparación de medias por Scott-Knott ( $P < 0,05$ ). El cacao común presentó mayor acumulación de materia seca, sin diferencias ( $P < 0,05$ ) con POUND 12 y EET 400 en la parte aérea y IMC67 y POUND 12 en las raíces. El clon EET-400, acumuló más cadmio tanto en la parte aérea como en la raíz, en comparación a los otros clones con diferencias significativas al cacao común (control). El clon IMC67, presentó el menor contenido de cadmio tanto en la parte aérea como en la raíz, con diferencias significativas al control, siendo el clon más propicio para su uso por los agricultores.

**Palabras claves:** Propagación asexual, metales pesados, IMC 67, CCN51

**Introducción**

El cacao (*Theobroma cacao* L.) está incrementando sus áreas de siembra y se debe al crecimiento de la demanda por este producto en Europa y América Latina. Las legislaciones vigentes de los principales consumidores de cacao limitan la exportación del grano con altos niveles de metales pesados. Europa ha tomado la iniciativa del control sanitario del cacao y sus derivados, en una normativa que restringirá al cacao en su comercialización para el año 2019, con niveles superiores de 0,80 mg kg<sup>-1</sup> de Cd.

Los metales pesados pueden estar de forma natural en el suelo o por contaminación antropogénica y pueden ser clasificados por su función en la planta como esenciales y no esenciales (Alloway, 2013). El cadmio se encuentra de manera natural en la corteza terrestre en forma de minerales, de donde pueden ser absorbidos por las plantas y tomados de ellas por el ser humano (Prieto *et al.*, 2009).

La planta de cacao absorbe metales pesados del suelo y los concentra en las semillas, hojas y raíces (Augstburger *et al.*, 2000). La acumulación de metales pesados en los granos de cacao, afecta su producción y por ende su comercialización, presentando un problema para su exportación. El objetivo de este trabajo fue encontrar genotipos de cacao con baja capacidad de acumulación de cadmio, en etapa de vivero para ser usados como patrón o porta injerto.

**Materiales y Métodos**

El experimento se desarrolló en la Estación Experimental “Juan Bernito” del Instituto de Cultivos Tropicales - ICT, ubicado en la Banda de Shilcayo; Provincia y Región de San Martín (Latitud Sur 06°30'28"; Longitud Oeste 76°00'18"; Altitud 333 m.s.n.m.). Periodo de ejecución, de Julio del 2016 a marzo del 2017

Se utilizaron semillas de mazorcas de: IMC-67, POUND-12, SCA-6, EET-400, CCN-51 y Cacao común, la obtención de las plantas fue realizada a partir de las semillas, con el objetivo de imitar la forma en la que el agricultor peruano propaga el cultivo.

Para la siembra, se preparó un sustrato con una mezcla de tierra negra y arena en relación 3:1, las características del sustrato se presentan en la Tabla 1. Después, el sustrato fue llenado en macetas de 4 kg de capacidad.

**Tabla 1.** Características químicas del sustrato preparado para el crecimiento de plantas

pH 1:2.5	C.E. dS/m	MO %	P mg kg <sup>-1</sup>	K mg kg <sup>-1</sup>	Ca cmol kg <sup>-1</sup>	Mg cmol kg <sup>-1</sup>	Al cmol kg <sup>-1</sup>	Clase textural
5.53	0.08	2.17	6.95	28	3.10	0.79	0.00	Franco-Arenoso

\*MO: Materia orgánica; CE: Conductividad eléctrica.

Antes de la siembra de las semillas de los genotipos seleccionados, el sustrato fue contaminado con Cloruro de Cadmio (CdCl<sub>2</sub>) para obtener una concentración 25 mg kg<sup>-1</sup> de cadmio.

Las macetas se distribuyeron bajo el diseño Completamente al Azar (DCA), con seis tratamientos: (IMC-67, POUND-12, SCA-6, EET-400, CCN-51 y Cacao común); y 10 repeticiones por tratamiento, totalizando 60 unidades experimentales.

A los cuatro meses de la siembra se determinó la materia seca tanto de la parte aérea y radicular de cada planta, así como la concentración de cadmio en cada unidad experimental.

Para los análisis químicos las muestras de plantas fueron trituradas y pasadas por un tamiz de 20 mesh, pesadas y digeridas con HNO<sub>3</sub> al 65% en bloques digestores hasta completar la digestión, siguiendo los procedimientos establecidos por Arevalo-Gardini et al. (2017). Finalmente, la determinación fue realizada en un espectrofotómetro de absorción atómica Varian.

Los resultados fueron sometidos a un análisis de varianza-ANOVA y la comparación de medias fue realizada por Scott-Knott ( $P<0,05$ ), usando el software estadístico R, con la finalidad de determinar si existe diferencias significativas entre los valores de los resultados obtenidos.

## Resultados y discusión

Para el caso de la materia seca, tanto en la parte aérea y radicular, solo se observaron diferencias significativas ( $P<0.05$ ) para los genotipos, indicando que el Cd no tiene efecto en el desarrollo de plantas para la dosis utilizada y bajo las condiciones del experimento. Los valores promedios de materia seca (aérea y radicular) son presentados en la Tabla 2. El cacao común presentó mayor materia seca lo que indica que tiene el desarrollo más vigoroso en comparación a los otros clones.

**Tabla 2.** Materia seca promedio de genotipos evaluados como patrones en relación a su absorción de cadmio

Genotipo	Materia seca (g)	
	Aérea	Radicular
Cacao común	7.3 <sup>a*</sup>	2.4 <sup>a</sup>
CCN-51	6.3 <sup>b</sup>	1.9 <sup>b</sup>
EET-400	6.8 <sup>b</sup>	2.0 <sup>b</sup>
IMC-67	6.5 <sup>b</sup>	2.1 <sup>b</sup>
POUND-12	6.6 <sup>b</sup>	2.1 <sup>b</sup>
SCA-6	5.6 <sup>c</sup>	1.4 <sup>c</sup>

\*Letras diferentes indican diferencias significativas por el test de Scott-Knott ( $P<0.05$ )

En la Tabla 3 son presentados los promedios de contenido de cadmio ( $\mu\text{g planta}^{-1}$ ) por cada genotipo analizado. De forma general, se observa que los clones que tuvieron una mayor absorción de cadmio para la parte aérea fueron el EET-400 y el cacao común (Híbrido), mientras que el clon que absorbió menos cadmio fue el IMC-67, indicando que sería el clon más apropiado para disminuir los niveles de este metal. Para el caso de la parte radicular, las tendencias observadas fueron similares a la parte aérea, lo que sugiere que el clon IMC-67 sería una buena alternativa para disminuir los niveles de cadmio en plantaciones comerciales de cacao, sin afectar la producción ya que es un clon normalmente recomendado en plantaciones con objetivo de grandes producciones.

En otro reporte Arevalo-Gardini et al. (2017) sugiere que existen diferencias significativas entre clones y que su uso diferenciado podría llevar a disminuir los niveles de cadmio a nivel comercial, este trabajo sugiere que el clon IMC-67 es el clon, dentro de los utilizados en la actualidad, es el más apropiado.

Tabla 3. Contenido total de cadmio en la parte aérea y radicular de los genotipos evaluados

Genotipo	Cadmio ( $\mu\text{g planta}^{-1}$ )	
	Parte aérea	Parte radicular
IMC-67	6.78 <sup>c*</sup>	2.12 <sup>c</sup>
CCN-51	11.89 <sup>b</sup>	3.31 <sup>b</sup>
EET-400	13.18 <sup>a</sup>	6.55 <sup>a</sup>
POUND-12	10.30 <sup>b</sup>	3.38 <sup>b</sup>
SCA-6	9.57 <sup>b</sup>	5.92 <sup>a</sup>
Cacao común	12.98 <sup>a</sup>	2.81 <sup>b</sup>
<b>P valor</b>	<b>0.024</b>	<b>&lt;0.01</b>

\*Letras diferentes indican diferencias significativas por el test de Scott-Knott ( $P < 0.05$ )

## Referencias

Alloway BJ (2013) Heavy metals in Soils: Trace Metals and Metallloids in Soils and their Bioavailability, 3 ed. Springer.

Arévalo-Gardini E, Arévalo-Hernández CO, Baligar VC, He Z (2017) Heavy metal accumulation in leaves and beans of Cacao (*Theobroma cacao* L.) in major cacao growing regions in Peru. Science of the total environment, 605-606:792-800.

Augstburger F, Berger J, Censkowsky U, Heid P, Milz J (2000) Agricultura orgánica en el trópico y subtropical. En: Guía de 18 cultivos. 1 Ed. Alemania. 24p.

Prieto MJ, González RC, Román GA y Prieto GF (2009) Contaminación y fitotoxicidad en plantas por metales pesados provenientes de suelos y agua. Tropical and Subtropical Agroecosystems, 10(1), 29 - 44.