

## **EFFECTO DEL ENCALADO Y ENMIENDAS ORGÁNICAS EN EL CRECIMIENTO DE PLANTAS DE CACAO SOMETIDAS A ESTRÉS POR CADMIO**

**Revollar-Mateo, J.A.<sup>1</sup>; Arévalo-Hernández, C.O. <sup>1</sup>; Correa-Villacorta, J.A. <sup>1</sup>; Arévalo-Gardini, E<sup>1,2</sup>.**

<sup>1</sup> Instituto de Cultivos Tropicales, Tarapoto, Perú

<sup>2</sup> Universidad Nacional Autónoma del Alto Amazonas, Yurimaguas, Perú

### **Resumen**

Perú es el centro de origen del cacao, posee 60% de las variedades del mundo. No obstante, las nuevas normas internacionales limitan la exportación por la concentración de cadmio en granos. De esta forma, el objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto del encalado y enmiendas orgánicas en el nivel de cadmio en plantas de cacao del clon CCN-51. El estudio fue realizado en condiciones de vivero, con plántulas de cacao del clon CCN-51. El diseño utilizado en la investigación fue Completamente al azar (DCA), en diseño factorial 4x5+1, donde se comparó el efecto de cuatro enmiendas (Biochar, Zeolita, Gallinaza, Compost de cascara de cacao) con cinco dosis (0, 500, 1000, 2000 y 4000 kg ha<sup>-1</sup>) y un testigo sin aplicación de encalado en un suelo contaminado con 15 ppm de cadmio. Todos los análisis fueron realizados en el paquete estadístico R, cuando fue necesario se realizó la prueba de comparación de medias por Dunnett a un 95% de confianza. Se confirma de manera general que las enmiendas orgánicas presentan efectos positivos en la disminución de cadmio, aceptando la hipótesis principal. El tratamiento dolomita + compost (1000 kg ha<sup>-1</sup>) obtuvo mejores parámetros biométricos. Este tratamiento también puede ser usado para disminuir el nivel de cadmio ya que presentó también resultados positivos y tiene un costo menor a los demás tratamientos usados en la investigación.

**Palabras clave:** Biochar, Compost, Dolomita, Zeolita

### **Introducción**

Perú es el centro de origen del cacao, posee 60% de las variedades del mundo. “El cacao es un producto de trascendencia en la economía exportadora nacional. Es una opción para las familias productoras, teniendo la posibilidad de abastecerlas, pues despierta el interés de procesadores extranjeros, quienes lo utilizan como insumo de chocolates finos” (Barrientos, 2015). Sin embargo, la presencia de metales pesados en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) podría ser un grave problema para los agricultores, ya que el cacao absorbe metales pesados del suelo y los concentra en las semillas (Huamaní, Huauya, Mansilla, Florida y Neyra, 2012). La contaminación por metales pesados, especialmente el cadmio, puede causar problemas irreversibles en los organismos vivos, resultando altamente tóxico para el ser humano por la ingesta de plantas o frutos contaminados (Rodríguez, Martínez, Romero, Del Río y Sandalio, 2008). Desde el 1 de enero del 2019, según lo establecido en el Reglamento UE N°488/2014 (Reglamento U.E, 2014) el nivel máximo de cadmio en el polvo de cacao es 0,60 mg/kg, cualquier valor que sobrepase el dictaminado impedirá la venta de estos

productos en el mercado europeo (Charrupi y Martínez, 2017). El cacao en grano y sus derivados deben cumplir con la legislación europea y otras normas internacionales de seguridad alimentaria para evitar problemas por rechazo de lotes en el exterior; todos los que participan en la cadena de productiva deben de asegurarse que tanto la materia prima como los productos finales sean sanos y cumplan con todos los requisitos en el mercado. Los procesos de control deben comenzar desde el campo, haciendo investigaciones para poder resolver el problema del cadmio (End y Dand, 2015). De esta forma, los usos de enmiendas orgánicas podrían ser importantes en la reducción de absorción de cadmio en el cultivo de cacao ya que tienen la capacidad de aumentar la inmovilización de metales pesados (Obaji, Combatt, Díaz, Burgos, Urango y Marrugo, 2017), además podrían mejorar la fertilidad de suelos en el cultivo de cacao. De esta forma, el objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto del encalado y enmiendas orgánicas en el nivel de cadmio en plantas de cacao del clon CCN-51.

### Materiales y métodos

La presente investigación se realizó en el vivero de la estación experimental “Juan Bernito” del Instituto de Cultivos Tropicales (ICT), ubicado en el distrito de la Banda de Shilcayo, provincia de San Martín en el norte del Perú. El diseño utilizado en la investigación fue Completamente al azar (DCA), en diseño factorial 4x5+1, donde se comparó el efecto de cuatro enmiendas (Biochar, Zeolita, Gallinaza, Compost de cascara de cacao) con cinco dosis (0, 500, 1000, 2000 y 4000 kg ha<sup>-1</sup>) y un testigo sin aplicación de encalado. Se utilizaron plántones de cacao de CCN-51 de 1 mes de edad dispuestos en un suelo contaminados con Cadmio a razón de 15 ppm. Todos los tratamientos incluido los tratamientos testigos tuvieron 5 repeticiones. El suelo utilizado para el experimento era de tipo ácido y con las siguientes características: pH: 4.63; Materia orgánica: 1.38%; P disponible: 8.6 ppm; K intercambiable: 0.13 cmolc<sup>+</sup> kg<sup>-1</sup>; Ca intercambiable: 2.08 cmolc<sup>+</sup> kg<sup>-1</sup>; Mg intercambiable: 0.53 cmolc<sup>+</sup> kg<sup>-1</sup>; Al<sup>+3</sup>: 0.09 cmolc<sup>+</sup> kg<sup>-1</sup>; Textura Franco-Arcillosa. El experimento tuvo una duración de 93 días y se evaluaron los parámetros de Altura, diámetro, biomasa seca aérea, biomasa seca radicular y biomasa total. Todos los análisis fueron realizados en el paquete estadístico R, cuando fue necesario se realizó la prueba de comparación de medias por Dunnet a un 95% de confianza.

### Resultados y discusión

La tabla 1 muestra los resultados del análisis de varianza aplicada a todos los parámetros medidos en los plántones, en los cuales se encontraron diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) entre todos los tratamientos, por lo tanto, los tratamientos tienen diferentes efectos sobre los parámetros medidos logrando rechazar la hipótesis nula.

**Tabla 1.** Análisis de Varianza de parámetros biométricos evaluados en el experimento

INDICADOR	ANOVA			
	GL	VALOR	ACEPTA H0 (P>0.05)	RECHAZA H0 (P<0.05)
Altura (cm)	94	0.0001		x

<b>Diametro (cm)</b>	0	x
<b>Biomasa aérea (g)</b>	0	x
<b>Biomasa radicular (g)</b>	0	x
<b>Biomasa total (g)</b>	0	x

En las siguientes tablas se muestran los resultados de las medias de todos los tratamientos para cada parámetro y la prueba de Dunnett, en la cual se evalúa los tratamientos testigos: testigo 0 y testigo con cadmio contra todos los tratamientos.

Los resultados del parámetro altura se puede observar en la tabla 4, en la cual muestra que el mejor tratamiento fue el tratamiento testigo 0, seguido del tratamiento dolomita + biochar (500 kg) con 29.2 cm de altura. Para el caso del diámetro, el mejor resultado lo obtuvo el testigo 0 con 5.59 mm, seguido del tratamiento dolomita + compost (1000 kg) con 5.20 mm.

Para el caso de la biomasa aérea, el mejor resultado lo obtuvo el testigo 0 con 4.65 gr, seguido del tratamiento dolomita + compost (1000 kg) con 2.95 gr. Para el caso de la biomasa radicular el mejor resultado lo obtuvo el testigo 0 con 1.61 gr, seguido del tratamiento dolomita + compost (1000 kg) con 1.39 gr. De esta forma se puede apreciar que el tratamiento que mejor se comportó promoviendo el crecimiento fue con encalado y una dosis equivalente a 1 tonelada por hectárea de compost de cascara de cacao.

**Tabla 1.** Resultado de medias y prueba de Dunnett para los parámetros analizados

<b>Tratamientos</b>	<b>Altura (cm)</b>	<b>Diámetro (mm)</b>	<b>Biomasa Aérea</b>	<b>Biomasa radicular</b>
<b>Dolomita</b>	24.5 (*)	5.17	2.66 (*)	1.36 (°)
<b>Dolomita + Biochar (500 kg)</b>	29.2 (*)	4.93	2.73 (*)	1.27
<b>Dolomita + Biochar (1000 kg)</b>	26.1 (*)	4.72	2.79 (*)	1.18
<b>Dolomita + Biochar (2000 kg)</b>	24.9 (*)	4.63	2.75 (*)	1.27
<b>Dolomita + Biochar (4000 kg)</b>	27 (*)	4.98	2.85 (*)	1.26
<b>Dolomita + Compost (500 kg)</b>	23.8 (*)	4.69 (*)	2.44 (*)	1.04 (*)
<b>Dolomita + Compost (1000 kg)</b>	25.5 (*)	5.2	2.95 (*)	1.39 (°)
<b>Dolomita + Compost (2000 kg)</b>	23.75 (*)	4.61 (*)	2.6 (*)	1.13
<b>Dolomita + Compost (4000 kg)</b>	25.9 (*)	4.89	2.56 (*)	1.25
<b>Dolomita + Gallinaza (500 kg)</b>	25.4 (*)	5.07	2.82 (*)	1.27
<b>Dolomita + Gallinaza (1000 kg)</b>	23.3 (*)	4.11 (*)	2.36 (*)	0.95 (*)
<b>Dolomita + Gallinaza (2000 kg)</b>	26.3 (*)	4.68 (*)	2.83 (*)	1.23
<b>Dolomita + Gallinaza (4000 kg)</b>	25.7 (*)	4.96	2.8 (*)	1.04 (*)
<b>Dolomita + Zeolita (500 kg)</b>	29 (*)	4.68 (*)	2.73 (*)	1.29
<b>Dolomita + Zeolita (1000 kg)</b>	26.2 (*)	4.41 (*)	2.58 (*)	1.14
<b>Dolomita + Zeolita (2000 kg)</b>	25.2 (*)	5.14	2.55 (*)	1.14

<b>Dolomita + Zeolita (4000 kg)</b>	26.7 (*)	4.76	2.8 (*)	1.26
<b>Testigo con cadmio</b>	24.2 (*)	4.60 (*)	2.17 (*)	0.79 (*)
<b>Testigo sin cadmio</b>	43.1 (°)	5.59 (°)	4.65 (°)	1.61 (°)

\*: Significativo para el tratamiento testigo 0  
°: Significativo para el tratamiento testigo con cadmio.

El efecto del encalado y las enmiendas orgánicas obtuvieron diferencias significativas en los parámetros evaluados. Como se observa en los resultados presentados, los parámetros biométricos indican que el mejor tratamiento fue el testigo 0. Según Huaynates (2013), el cadmio es un metal tóxico para la planta, interfiere en la absorción y transporte de varios elementos originando desequilibrios nutricionales e hídricos. Abanto (2016) afirma esta teoría, confirmando que altera también los procesos metabólicos normales, reduce la tasa de fotosíntesis y transpiración.

### Conclusión

Se confirma de manera general que las enmiendas orgánicas presentan efectos positivos en la disminución de cadmio, aceptando la hipótesis principal. El tratamiento dolomita + compost (1000 kg ha<sup>-1</sup>) obtuvo mejores parámetros biométricos. Este tratamiento también puede ser usado para disminuir el nivel de cadmio ya que presentó también resultados positivos y tiene un costo menor a los demás tratamientos usados en la investigación.

### Bibliografía

- Abanto Aguirre, M. A. (2016). Fuentes fosfatadas en dos suelos en la concentración de cadmio foliar en maíz bajo condiciones de invernadero (Tesis de pregrado). Universidad Agraria La Molina, Lima, Perú.
- Barrientos Felipa, P. (2015). La cadena de valor del cacao en Perú y su oportunidad en el mercado mundial. Semestre Económico, 18(37).
- Charrupi Riascos, N., & Martínez Novoa, D. C. (2017). Estudio ambiental del cadmio y su relación con suelos destinados al cultivo de cacao en los departamentos de Arauca y Nariño (Tesis de pregrado). Universidad de la Salle, Bogotá, Colombia.
- End, M., & Dand, R. (2015). Cacao en grano: requisitos de la calidad de la industria del Chocolate y del Cacao. CAOBISCO/ECA/FCC Cocoa Beans: Chocolate and Cocoa Industry Quality Requirements.
- Huamani-Yupanqui, H. A., Huauya-Rojas, M. Á., Mansilla-Minaya, L. G., Florida-Rofner, N., & Neira-Trujillo, G. M. (2012). Presencia de metales pesados en cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) orgánico. Acta agronómica, 61(4), 339.
- Huaynates, J. (2014). Efecto de la materia orgánica en la absorción de cadmio en el suelo en la localidad de Supte (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María, Perú.
- Obaji, A., Romero, K., Combatt, E., Díaz, L., Burgos, S., Urango, I., & Marrugo, J. (2017, July). Evaluación de materiales como potenciales retenedores de metales pesados para su

aplicación como enmiendas en suelos contaminados. Memorias III Seminario Internacional de Ciencias Ambientales SUE-Caribe , p.209-211.

Rodríguez-Serrano, M., Martínez-de la Casa, N., Romero-Puertas, M. C., Del Río, L. A., & Sandalio, L. M. (2008). Toxicidad del cadmio en plantas. Revista Ecosistemas, 17(3)