



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE  
COTOPAXI EXTENSION LA MANA  
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y  
RECURSOS NATURALES  
CARRERA INGENIERÍA AGRONÓMICA  
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**CAPACIDAD EXTRACTORA DE CADMIO EN MATERIALES GENÉTICOS  
DE CACAO PROCEDENTES DE LA COLECCIÓN DEL INSTITUTO  
NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIA- EETP.**

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de Ingeniero/a  
Agrónomo/a

**AUTOR:**

Jair Alexander Rendón Holguín

**DIRECTOR:**

MSc. Wellington Pincay Ronquillo

**LA MANÁ –**

**ECUADOR**

**ABRIL-2022**

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

## FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

**TEMA:** “CAPACIDAD EXTRACTORA DE CADMIO EN MATERIALES GENÉTICOS DE CACAO PROCEDENTES DE LA COLECCIÓN DEL INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIA- EETP”

*Autor: Rendon Holguín Jair Alexander*

### RESUMEN

La presente investigación se realizó en el invernadero del Departamento de Manejo de Suelos y Aguas de la Estación Experimental Tropical Pichilingue del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. El presente trabajo tuvo como objetivo Evaluar la capacidad extractora de cadmio en materiales genéticos de cacao procedentes de la colección del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuaria- EETP. Con la finalidad de ser utilizado como patrones en el proceso de multiplicación de plantas, creciendo en suelo contaminado con cadmio. Las variables bajo estudio fueron; índice de vigor ( $\text{cm}^3$ ), índice de clorofila (Spad), longitud de raíz (cm), peso seco de raíz (g), peso seco parte aérea (g), concentración de cadmio en la parte aérea y raíz, contenido de cadmio en la parte aérea, raíz y parte aérea + raíz, eficiencias de absorción, traslocación y fito-extracción de cadmio. Para distinguir la significancia de las medias se empleó la prueba de Tukey al nivel de significancia de 0,5 para la comparación de las medias entre los tratamientos. El mejor peso seco de raíz (0,22 g), peso seco parte aérea (1,70 g), e índice de vigor a los 45 ( $78,84 \text{ cm}^3$ ), 60 ( $88,92 \text{ cm}^3$ ), 75 ( $114,12 \text{ cm}^3$ ) y 90 ( $78,17 \text{ cm}^3$ ) días después de la siembra fueron encontrados en el genotipo IMC-67, la mayor longitud de raíz fue evidencia en el cacao CCN-51 con 15,70 cm. La menor concentración de cadmio en la raíz (7,47 ppm) y de la parte aérea (5,97 ppm) fue evidenciada en el genotipo POUND-12, En el mismo cultivar se encontró el menor contenido de cadmio en la raíz (7,83  $\mu\text{g}$ ), parte aérea (0,88) y raíz+ parte aérea (8,71  $\mu\text{g}$ ). El genotipo EET-95 fue el que reflejo la menor eficiencia en absorción (60,56  $\mu\text{g/g}$ ) y translocación de cadmio (6,44  $\mu\text{g/g}$ ). Los genotipos de cacao presentan variabilidad en sus características morfológicas como en los parámetros de absorción y bioacumulación de Cd. El genotipo IMC-67 mostro el mejor índice de vigor. Mientras, que el genotipo POUND-12 es posee poca capacidad en bioacumular Cd. Mientras que el genotipo EET-95 presenta la menor capacidad en absorber cadmio y translocarlo a la parte aérea.

**Palabras claves:** Metales pesados, absorción, suelo, contaminación, invernadero.

## ABSTRACT

The present investigation was carried out in the greenhouse of the Soil and Water Management Department of the Pichilingue Tropical Experimental Station of the National Agricultural Research Institute. The objective of this work was to evaluate the extracting capacity of cadmium in cocoa genetic materials from the collection of the National Institute of Agricultural Research - EETP. In order to be used as patterns in the plant multiplication process, growing in soil contaminated with cadmium. The variables under study were; vigor index (cm<sup>3</sup>), chlorophyll index (Spad), root length (cm), root dry weight (g), aerial part dry weight (g), cadmium concentration in aerial part and root, cadmium content in the aerial part, root and aerial part + root, efficiencies of absorption, translocation and phyto-extraction of cadmium. To distinguish the significance of the means, the Tukey test was used at the level of significance of 0.5 for the comparison of the means between the treatments. The best root dry weight (0.22 g), aerial part dry weight (1.70 g), and vigor index at 45 (78.84 cm<sup>3</sup>), 60 (88.92 cm<sup>3</sup>), 75 (114, 12 cm<sup>3</sup>) and 90 (78.17 cm<sup>3</sup>) days after sowing were found in the IMC-67 genotype, the longest root length was evidenced in the CCN-51 cocoa with 15.70 cm. The lowest cadmium concentration in the root (7.47 ppm) and in the aerial part (5.97 ppm) was evidenced in the POUND-12 genotype. In the same cultivar, the lowest cadmium content was found in the root (7, 83 µg), aerial part (0.88) and root + aerial part (8.71 µg). The EET-95 genotype was the one that reflected the lowest efficiency in cadmium absorption (60.56 µg /g) and translocation (6.44 µg / g). The cocoa genotypes show variability in their morphological characteristics as well as in the absorption and bioaccumulation parameters of Cd. The IMC-67 genotype showed the best vigor index. Meanwhile, the POUND- 12 genotype has little capacity to bioaccumulate Cd. While the EET-95 genotype has the lowest capacity to absorb cadmium and translocate it to the aerial part.

**Keywords:** Heavy metals, absorption, soil, pollution, greenhouse.

## ÍNDICE GENERAL

DECLARACIÓN DE AUTORÍA .....	i
AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN .....	ii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN.....	iii
AGRADECIMIENTO .....	iv
DEDICATORIA.....	v
RESUMEN .....	vi
ABSTRACT .....	vii
ÍNDICE GENERAL.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS .....	x
ÍNDICE DE ANEXOS .....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xii
1. INFORMACIÓN GENERAL .....	1
2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO .....	2
3. JUSTIFICACIÓN.....	3
4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO .....	3
5. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....	4
6. OBJETIVOS.....	5
6.1. Objetivo general .....	5
6.2. Objetivos específicos.....	5
7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS .....	6
8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA.....	7
8.1. Cadmio .....	7
8.2. Genotipos de cacao Ecuador.....	7
8.3. Comercialización de cacao en Ecuador .....	7
8.4. Factores del suelo que influyen en la absorción de Cd en las plantas.....	8
8.5. Efectos tóxicos del cadmio en las plantas .....	8
8.6. Efectos nocivos del cadmio en la salud humana .....	9
8.7. Reglamento permisible de cadmio en los derivados de chocolate emitido por la Unión Europea.....	9

8.8. Antecedentes de investigaciones de cadmio en cacao.....	9
9. PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS .....	10
10 METODOLOGÍAS .....	11
10.1. Ubicación y duración del ensayo.....	11
10.2. Materiales y equipos.....	11
10.3. Factores en estudio .....	11
10.4. Análisis de varianza.....	12
10.5. Variables en estudio .....	12
10.5.1. Altura de planta (cm).....	12
10.5.2. Diámetro del tallo (mm).....	13
10.5.3. Diámetro de la corona foliar (cm) .....	13
10.5.4. Circunferencia del tallo (mm).....	13
10.5.5. Índice de vigor (cm <sup>3</sup> ).....	13
10.5.6. Índice de clorofilas .....	14
10.5.7. Longitud de raíz.....	14
10.5.8. pH y CE del suelo y rizósfera.....	14
10.5.9. Biomasa seca de parte aérea y radical .....	14
10.5.10. Determinación de cadmio.....	15
10.5.11. Manejo del experimento.....	15
10.6. Distribución de los tratamientos.....	43
11. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	17
12. IMPACTOS .....	24
13. PRESUPUESTO.....	25
14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	26
14.1. Conclusiones.....	26
14.2. Recomendaciones .....	26
15. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	27
16. ANEXOS.....	31

## ÍNDICE DE TABLAS

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Contrato no exclusivo de derechos de autor .....	31
Anexo 2. Aval traducción.....	34
Anexo 3. Hoja de vida del docente.....	35
Anexo 4. Hoja de vida del estudiante .....	36
Anexo 5. Fotografías realización del proyecto.....	37

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Recolección de mazorcas de cacao fisiológicamente madura.....	37
Figura 2. Retiro del mucilago y de la epidermis de las semillas de cacao .....	38
Figura 3. Siembra de semillas de cacao.....	38
Figura 4. Riego de plantas de cacao .....	39
Figura 5. Aplicación de fertilización en los genotipos de cacao .....	39
Figura 6. Evaluación de indicadores de crecimiento e índice de clorofila en plantas de cacao ....	40
Figura 7. Toma de datos de longitud de raíz .....	41
Figura 8. Peso de muestra, lectura de pH y conductividad eléctrica .....	41
Figura 9. Peso de materia seca parte aérea y radical .....	42
Figura 10. Digestión de masa seca y filtrada.....	42