



**UNIVERSIDAD UTE**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA E  
INDUSTRIAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y MANEJO DE  
RIESGOS NATURALES**

**RECUPERACIÓN DE SUELOS TROPICALES  
CONTAMINADOS POR CADMIO (CD) APLICANDO DOSIS  
VARIABLES DE ENMIENDAS ORGÁNICAS Y MINERALES.**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO  
DE INGENIERA AMBIENTAL Y MANEJO DE RIESGOS NATURALES**

**ROSARIO KATHERINE TORRES SANMARTÍN**

**DIRECTORA: Dra. LUZ MARÍA MARTÍNEZ BUÑAY, MsC.**

**Santo Domingo, noviembre 2020**

# FORMULARIO DE REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

## TRABAJO DE TITULACIÓN

DATOS DE CONTACTO	
CÉDULA DE IDENTIDAD:	2350304487
APELLIDO Y NOMBRES:	Torres Sanmartín Rosario Katherine
DIRECCIÓN:	Ex fábrica de ladrillos y Av. Rio Toachi.
EMAIL:	rkts40614@gmail.com
TELÉFONO FIJO:	-
TELÉFONO MÓVIL:	0990268163

DATOS DE LA OBRA				
TÍTULO:	Recuperación de suelos tropicales contaminados por cadmio (Cd) aplicando dosis variables de enmiendas orgánicas y minerales.			
AUTOR O AUTORES:	Torres Sanmartín Rosario Katherine			
FECHA DE ENTREGA DEL PROYECTO DE TITULACIÓN:	9 de noviembre 2020			
DIRECTOR DEL PROYECTO DE TITULACIÓN:	Dra. Martínez Buñay Luz María			
PROGRAMA	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;"><b>PREGRADO</b></td> <td style="text-align: center;">X</td> <td style="text-align: center;"><b>POSGRADO</b></td> </tr> </table>	<b>PREGRADO</b>	X	<b>POSGRADO</b>
<b>PREGRADO</b>	X	<b>POSGRADO</b>		
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniera Ambiental y Manejo de Riesgos Naturales			
RESUMEN	El cadmio (Cd) es un metal pesado que está asociado a serios problemas de salud humana y contaminación de suelos agrícolas; debido a su gran movilidad y facilidad de ser absorbido por las plantas e ingresar a la cadena			

alimentaria. En el presente trabajo se investigó la transferencia del Cd de suelos hacia plantas indicadoras (arroz).

Esta investigación se realizó en el invernadero y laboratorio de metales pesados del Departamento de Manejo de Suelos y Aguas (DMSA) de la Estación Experimental Tropical Pichilingue (EETP) del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). Se utilizaron suelos de fincas cacaoteras procedentes de las provincias de Guayas, El Oro, Los Ríos, Manabí, Esmeraldas y Sucumbíos, los cuales fueron dosificados con 0.0, 2.5, 5.0 y 10.0 t ha<sup>-1</sup> de enmiendas de naturaleza orgánica (cáscara de plátano) y mineral (calcita). Se evaluaron 48 tratamientos resultantes de la combinación del factor: suelo (6), enmiendas (2) y dosis (4), con 3 réplicas cada uno, dando un total de 144 unidades experimentales.

Las variables evaluadas fueron pH de rizósfera y suelo; concentración y contenido de Cd en raíz y parte aérea y la tasa de transferencia de Cd. La enmienda que respondió de mejor manera a los tratamientos fue la calcita, misma que disminuyó notablemente la biodisponibilidad del Cd en las plantas de arroz. Se encontró que la dosis más

	<p>efectiva de enmienda fue la de 10 t ha<sup>-1</sup>, por lo que se observó que la aplicación de enmiendas minerales y orgánicas pueden ser alternativas para disminuir la biodisponibilidad de Cd en los suelos.</p>
<p><b>PALABRAS CLAVES:</b></p>	<p>Contaminación, plátano, calcita, tasa de transferencia.</p>
<p><b>ABSTRACT:</b></p>	<p>Cadmium (Cd) is a heavy metal that is associated with serious human health problems and contamination of agricultural soils; due to its great mobility and ease of being absorbed by plants and entering the food chain. In the present work, the transfer of Cd from soils to indicator plants (rice) was investigated.</p> <p>This research was carried out in the greenhouse and heavy metal laboratory of the Department of Soil and Water Management (DMSA) of the Pichilingue Tropical Experimental Station (EETP) of the National Institute of Agricultural Research (INIAP). Soils from cocoa farms from the provinces of Guayas, El Oro, Los Ríos, Manabí, Esmeraldas and Sucumbíos were used, which were dosed with 0.0, 2.5, 5.0 and 10.0 t ha<sup>-1</sup> of amendments of organic nature (banana peel) and mineral (calcite). 48 treatments resulting from the combination of the factor: soil (6), amendments (2) and dose (4) were evaluated, with 3 replications each,</p>

	<p>giving a total of 144 experimental units. The variables evaluated were rhizosphere and soil pH; concentration and content of Cd in the root and aerial part and the transfer rate of Cd. The amendment that responded in the best way to the treatments was calcite, which notably decreased the bioavailability of Cd in rice plants. It was found that the most effective dose of amendment was that of 10 t ha<sup>-1</sup>, which is why it is found that the application of mineral and organic amendments can be to reduce the bioavailability of Cd in soils</p> <p><b>Keywords:</b> Pollution, banana, calcite, transfer rate.</p>
<b>KEYWORDS:</b>	Pollution, banana, calcite, transfer rate.

Se autoriza la publicación de este Proyecto de Titulación en el Repositorio Digital de la Institución.

f. Katherine T.

TORRES SANMARTIN ROSARIO KAHERINE

C.I. 2350304487

# ÍNDICE DE CONTENIDOS

	PÁGINA
<b>RESUMEN</b> .....	<b>1</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>2</b>
<b>1.INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>3</b>
1.1 MARCO REFERENCIAL .....	5
1.1.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN .....	5
1.1.2 SUELOS TROPICALES .....	5
1.1.3 CADMIO .....	5
1.1.4 PRINCIPALES FUENTES DE EMISIÓN DEL CADMIO .....	6
1.1.5 CONTAMINACIÓN DEL SUELO POR CADMIO .....	6
1.1.6 FACTORES QUE AFECTAN LA BIODISPONIBILIDAD DEL CADMIO EN LOS SUELOS. ....	7
1.1.7 EFECTOS DEL CADMIO EN LAS PLANTAS .....	8
1.2 LEGISLACIONES PARA EL CADMIO .....	9
1.3 ENMIENDAS .....	9
1.3.1 MINERALES .....	9
1.3.1.1 Calcita (CaCO <sub>3</sub> ) .....	10
1.3.2 ENMIENDAS ORGÁNICAS .....	10
1.3.3 CÁSCARA DE PLÁTANO .....	10
1.4 ABSORCIÓN DE METALES PESADOS .....	11
<b>2. METODOLOGÍA</b> .....	<b>12</b>
2.1. SITIO DEL ESTUDIO .....	12
2.2. FACTORES EN ESTUDIO .....	13
2.3. MANEJO DEL EXPERIMENTO .....	13
2.3.1 CONTAMINACIÓN E INCUBACIÓN DEL SUELO .....	13
2.3.2 APLICACIÓN DE LA ENMIENDA .....	14
2.3.3 SIEMBRA DE ARROZ .....	14
2.3.4 FERTILIZACIÓN .....	15
2.3.5 COSECHA DE LAS PLANTAS .....	15
2.3.6 LAVADO DE LAS MUESTRAS .....	15
2.3.7 DETERMINACIÓN DE LA MATERIA SECA .....	15
2.3.8 DETERMINACIÓN DEL PH .....	15
2.3.9 DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE CD .....	16
2.3.10 DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE CADMIO .....	16
2.3.11 FACTOR DE TRANSLOCACIÓN .....	16
2.3.12 ANÁLISIS ESTADÍSTICO .....	17
<b>3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	<b>18</b>
3.1 BIODISPONIBILIDAD DE CADMIO .....	18
3.1.1 EFECTO DEL PH EN EL SUELO .....	18

3.1.1.2 pH final .....	18
3.1.1.3 pH rizosférico.....	19
3.1.2 PRODUCCIÓN DE MATERIA SECA.....	20
3.1.2.1 Materia seca: parte aérea .....	20
3.1.2.2 Materia seca radical .....	21
3.1.3 BIODISPONIBILIDAD DE CADMIO.....	22
3.1.3.1 Concentración de Cd en parte aérea .....	22
3.1.3.2 Concentración de Cd en parte radical.....	22
3.1.3.3 Contenido de Cd en parte aérea .....	23
3.1.3.4 Contenido de Cd en parte radical.....	24
3.1.3.5 Contenido total de Cd en la planta.....	24
3.1.4 TASA DE TRANSLOCACIÓN DE CD.....	25
<b>4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>26</b>
4.1 CONCLUSIONES.....	26
4.2 RECOMENDACIONES.....	26
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>27</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>31</b>

# ÍNDICE DE TABLAS

## PÁGINA

<b>Tabla 1.</b> Tratamientos de evaluación de la variación en la biodisponibilidad de cadmio en suelos tratados con enmiendas orgánicas y minerales.	13
<b>Tabla 2.</b> Densidad aparente de los suelos tropicales utilizados en esta investigación. ....	14
<b>Tabla 3.</b> Cambios en el pH inicial de los suelos mezclados con las enmiendas. ....	18
<b>Tabla 4.</b> Variación de pH final de los suelos por efecto de la aplicación de las enmiendas.....	19
<b>Tabla 5.</b> Cambios en el pH Rizosférico de los suelos después de la cosecha .....	20
<b>Tabla 6</b> Variación de producción de materia seca parte aérea (g) por la aplicación de dosis crecientes de enmiendas orgánica y mineral... 21	21
<b>Tabla 7.</b> Variación de la de materia seca radical (g) por efecto de la aplicación de dosis crecientes de enmiendas. ....	21
<b>Tabla 8.</b> Variación de la concentración de Cd en la parte aérea por las aplicaciones de dosis variables de enmiendas orgánica y mineral .	22
<b>Tabla 9.</b> Variación de la concentración de Cd parte radical por las aplicaciones variable de dosis crecientes de enmiendas orgánica y mineral. ....	23
<b>Tabla 10.</b> Variación de contenido de Cd parte aérea por las aplicaciones variable de dosis de enmiendas crecientes orgánica y mineral. ....	24
<b>Tabla 11.</b> Variación de contenido de Cd parte radical ( $\mu\text{g vaso}^{-1}$ ) por las aplicaciones variable de dosis de enmiendas orgánica y mineral... 24	24
<b>Tabla 12.</b> Variación de contenido de Cd total ( $\mu\text{g vaso}^{-1}$ ) por las aplicaciones variable de dosis de enmiendas crecientes orgánica y mineral. ....	25
<b>Tabla 13.</b> Variación en la tasa de translocación de Cd en plantas de arroz cultivadas en suelos contaminados con Cd. ....	25



## ÍNDICE DE FIGURAS

### PÁGINA

- Figura 1.** Mapa del Ecuador representando las seis provincias donde se colectaron los suelos utilizados en el estudio. (Valarezo, 2018). 12

# ÍNDICE DE ANEXOS

## PÁGINA

<b>ANEXO 1.</b> VARIACIÓN DEL pH INICIAL DE LOS SUELOS TROPICALES DEL ECUADOR, POR LA APLICACIÓN DE ENMIENDAS MINERALES Y ORGÁNICAS .....	31
<b>ANEXO 2.</b> VARIACIÓN DEL pH FINAL DE LOS SUELOS TROPICALES DEL ECUADOR, POR LA APLICACIÓN DE ENMIENDAS MINERALES Y ORGÁNICAS. ....	31
<b>ANEXO 3.</b> VARIACIÓN DEL pH RIZOSFÉRICO DE LOS SUELOS TROPICALES DEL ECUADOR, POR LA APLICACIÓN DE ENMIENDAS MINERALES Y ORGÁNICAS. ....	32
<b>ANEXO 4.</b> VARIACIÓN DE PRODUCCIÓN DE MATERIA SECA PARTE AÉREA (g) POR LA APLICACIÓN DE VARIABLE DE DOSIS DE ENMIENDAS ORGÁNICA Y MINERAL .....	32
<b>ANEXO 5.</b> VARIACIÓN DE PRODUCCIÓN DE MATERIA SECA PARTE RADICAL (g) POR LA APLICACIÓN DE VARIABLE DE DOSIS DE ENMIENDAS ORGÁNICA Y MINERAL .....	33
<b>ANEXO 6.</b> VARIACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE Cd PARTE AÉREA (mg Kg <sup>-1</sup> ) POR LAS APLICACIONES VARIABLE DE DOSIS DE ENMIENDAS ORGÁNICA Y MINERAL. ....	33
<b>ANEXO 7.</b> VARIACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE Cd PARTE RADICAL (mg Kg <sup>-1</sup> ) POR LAS APLICACIONES VARIABLE DE DOSIS DE ENMIENDAS ORGÁNICA Y MINERAL. ....	34
<b>ANEXO 8.</b> VARIACIÓN DE CONTENIDO DE Cd PARTE AÉREA (µg vaso <sup>-1</sup> ) POR LAS APLICACIONES VARIABLE DE DOSIS DE ENMIENDAS ORGÁNICA Y MINERAL .....	34
<b>ANEXO 9.</b> VARIACIÓN DE CONTENIDO DE Cd PARTE RADICAL (µg vaso <sup>-1</sup> ) POR LAS APLICACIONES VARIABLE DE DOSIS DE ENMIENDAS ORGÁNICA Y MINERAL. ....	35
<b>ANEXO 10.</b> VARIACIÓN DE CONTENIDO DE Cd TOTAL (µg vaso <sup>-1</sup> ) POR LAS APLICACIONES VARIABLE DE DOSIS DE ENMIENDAS ORGÁNICA Y MINERAL.....	35
<b>ANEXO 11.</b> VARIACIÓN EN EL ÍNDICE DE TRANSLOCACIÓN DE Cd EN PLANTAS DE ARROZ CULTIVADAS EN SUELOS CONTAMINADOS CON Cd. ....	36

## RESUMEN

El cadmio (Cd) es un metal pesado que está asociado a serios problemas de salud humana y contaminación de suelos agrícolas; debido a su gran movilidad y facilidad de ser absorbido por las plantas e ingresar a la cadena alimentaria. En el presente trabajo se investigó la transferencia del Cd de suelos hacia plantas indicadoras (arroz).

Esta investigación se realizó en el invernadero y laboratorio de metales pesados del Departamento de Manejo de Suelos y Aguas (DMSA) de la Estación Experimental Tropical Pichilingue (EETP) del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). Se utilizaron suelos de fincas cacaoteras procedentes de las provincias de Guayas, El Oro, Los Ríos, Manabí, Esmeraldas y Sucumbíos, los cuales fueron dosificados con 0.0, 2.5, 5.0 y 10.0 t ha<sup>-1</sup> de enmiendas de naturaleza orgánica (cáscara de plátano) y mineral (calcita). Se evaluaron 48 tratamientos resultantes de la combinación del factor: suelo (6), enmiendas (2) y dosis (4), con 3 réplicas cada uno, dando un total de 144 unidades experimentales.

Las variables evaluadas fueron pH de rizósfera y suelo; concentración y contenido de Cd en raíz y parte aérea y la tasa de transferencia de Cd. La enmienda que respondió de mejor manera a los tratamientos fue la calcita, misma que disminuyó notablemente la biodisponibilidad del Cd en las plantas de arroz. Se encontró que la dosis más efectiva de enmienda fue la de 10 t ha<sup>-1</sup>, por lo que se observó que la aplicación de enmiendas minerales y orgánicas pueden ser alternativas para disminuir la biodisponibilidad de Cd en los suelos

**Palabras claves:** Contaminación, plátano, calcita, tasa de transferencia.

## ABSTRACT

Cadmium (Cd) is a heavy metal that is associated with serious human health problems and contamination of agricultural soils; due to its great mobility and ease of being absorbed by plants and entering the food chain. In the present work, the transfer of Cd from soils to indicator plants (rice) was investigated.

This research was carried out in the greenhouse and heavy metal laboratory of the Department of Soil and Water Management (DMSA) of the Pichilingue Tropical Experimental Station (EETP) of the National Institute of Agricultural Research (INIAP). Soils from cocoa farms from the provinces of Guayas, El Oro, Los Ríos, Manabí, Esmeraldas and Sucumbíos were used, which were dosed with 0.0, 2.5, 5.0 and 10.0 t ha<sup>-1</sup> of amendments of organic nature (banana peel) and mineral (calcite). 48 treatments resulting from the combination of the factor: soil (6), amendments (2) and dose (4) were evaluated, with 3 replications each, giving a total of 144 experimental units.

The variables evaluated were rhizosphere and soil pH; concentration and content of Cd in the root and aerial part and the transfer rate of Cd. The amendment that responded in the best way to the treatments was calcite, which notably decreased the bioavailability of Cd in rice plants. It was found that the most effective dose of amendment was that of 10 t ha<sup>-1</sup>, which is why it is found that the application of mineral and organic amendments can be to reduce the bioavailability of Cd in soils

**Keywords:** Pollution, banana, calcite, transfer rate.