



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE POSGRADO

Variación en la biodisponibilidad de cadmio en suelos de cacaofera de la
provincia El Oro, tratados con enmiendas del suelo

**Proyecto de Investigación presentado en opción al Grado
Académico de Magíster en Gestión Ambiental**

AUTORA:

Ing. María Matilde Plúas Fernández

DIRECTOR:

Ing. Manuel Danilo Carrillo Zenteno, PhD

Quevedo – Ecuador

2024

CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN

El PhD. Manuel Danilo Carrillo Zenteno, en calidad de director del Informe y/o proyecto de Investigación, previo a la obtención del Grado Académico de Magíster en Gestión Ambiental.

CERTIFICA:

Que la Ing. **María Matilde Plúas Fernández**, autora del Informe y/o proyecto de Investigación titulado **Variación en la biodisponibilidad de cadmio en suelos de cacaofera de la Provincia El Oro, tratados con enmiendas del suelo**, ha sido revisada en todos sus componentes, el mismo que está apto para la presentación y sustentación formal ante el tribunal respectivo.

Quevedo, 16 de febrero del 2024



PhD. Manuel Danilo Carrillo Zenteno

Director

RESUMEN

El cadmio es un metal pesado altamente tóxico para los organismos vivos y móviles en el sistema suelo-planta, facilitando su translocación y acumulación en diversos tejidos vegetales. Por ende, se realizó el presente estudio en la Estación Experimental Tropical Pichilingue (EETP) del (INIAP) con el objetivo de conocer la variación en la biodisponibilidad y disponibilidad de Cd por efecto de la aplicación de enmiendas, utilizando muestras de un estudio previo donde se evaluaron enmiendas minerales, orgánicas y microorganismos para reducir el Cd en almendras de cacao en la provincia El Oro. Se evaluó la biodisponibilidad de Cd utilizando plantas indicadoras de arroz, con el fin de conocer las concentraciones del metal en la raíz y parte aérea; se evaluaron tres métodos de análisis para determinar la disponibilidad de Cd (DTPA, CaCl_2 y agua regia). Para estas dos actividades, se implementó un Diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones y los promedios fueron comparados con la prueba de Tukey al 5%, se realizaron correlaciones entre el Cd disponible determinado con los extractantes y el Cd biodisponible en las plantas de arroz. Como resultado se encontró que el método DTPA es un buen estimador de Cd biodisponible, presentando la mayor correlación con respecto al Cd absorbido. El carbonato de calcio registró los menores valores de concentración y contenido de Cd, tanto en la parte aérea como radicular de las plantas indicadoras de arroz, siendo la más efectiva para reducir la biodisponibilidad de Cd, con una disminución del 50% comparado con el testigo.

Palabras clave: Disponibilidad, correlación, calcita, zeolita, humus, bacterias, carbón, Agua regia, arroz.

ABSTRACT

Cadmium is a heavy metal that is highly toxic to living organisms and mobile in the soil-plant system, facilitating its translocation and accumulation in various plant tissues. Therefore, the present study was carried out at the Pichilingue Tropical Experimental Station (EETP) of the (INIAP) with the objective of knowing the variation in the bioavailability and availability of Cd due to the application of amendments, using samples from a previous study where Mineral, organic and microorganism amendments were evaluated to reduce Cd in cocoa beans in the El Oro province. The bioavailability of Cd was evaluated using rice indicator plants, in order to know the concentrations of the metal in the root and aerial part; Three analysis methods were evaluated to determine Cd availability (DTPA, CaCl_2 and aqua regia). For these two activities, a randomized complete block design was implemented with three repetitions and the averages were compared with the Tukey test at 5%, correlations were made between the available Cd determined with the extractants and the bioavailable Cd in rice plants. As a result, it was found that the DTPA method is a good estimator of bioavailable Cd, presenting the highest correlation with respect to absorbed Cd. Calcium carbonate recorded the lowest concentration and Cd content values, both in the aerial and root parts of the rice indicator plants, being the most effective in reducing the bioavailability of Cd, with a decrease of 50% compared to the control.

Keywords: Availability, correlation, calcite, zeolite, humus, bacteria, carbon, Aqua regia, rice.

ÍNDICE

PORTADA	i
CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN	ii
DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS.....	iii
AGRADECIMIENTOS.....	iv
DEDICATORIA.....	v
RESUMEN.....	vi
ABSTRACT	vii
ÍNDICE	viii
LISTA DE TABLAS	xii
LISTA DE FIGURA	xiii
CAPÍTULO I.....	1
CONTEXTUAIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	1
INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Problema científico.....	3
1.2. Hipótesis Científica	4
1.3. Objetivos.....	4
1.3.1. General.....	4
1.3.2. Específicos	4
CAPÍTULO II.....	5
FUNNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN	5
MARCO TEÓRICO	6
2.1. Antecedentes.....	6

2.2. Marco conceptual	9
2.2.1. El suelo y sus componentes	9
2.2.2. Contaminación del suelo por metales pesados y sus fuentes de contaminación	9
2.2.3. El cadmio en el suelo.....	10
2.2.4. El cadmio en los suelos y los factores que afectan la biodisponibilidad	10
2.2.5. pH.....	10
2.2.6. Conductividad eléctrica	11
2.2.7. Materia orgánica	11
2.2.8. Textura	11
2.2.9. Capacidad de intercambio catiónico.....	11
2.3. Efectos de cadmio en la salud y el medio ambiente.....	12
2.3.1. Efectos del cadmio en las plantas.....	12
2.4. Biodisponibilidad del cadmio.....	12
2.5. Disponibilidad del cadmio	13
2.6. Enmiendas minerales	13
2.7. Enmiendas Orgánicas.....	13
2.8. Influencia de los microorganismos del suelo sobre el comportamiento del cadmio en los suelos.....	14
2.9. Situación de los suelos con cadmio en Ecuador	14
2.10. El arroz como planta indicadora por contaminación de Cd.....	15
2.11. Método de análisis de suelo para determinar presencia de cadmio en el suelo.	15
2.11.1. Método DTPA	15
2.11.2. Método del cloruro de calcio	16
2.11.3. Agua regia	16
CAPÍTULO III.....	17

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	17
3.1. Localización del estudio y/o experimento.....	18
3.2. Población y muestra	19
3.3. Descripción metodológica.....	20
3.3.1. Factores en estudio	20
3.3.2. Tratamientos.....	20
3.3.3. Diseño experimental y análisis estadístico	21
3.4. Manejo del experimento.....	21
3.4.1. Objetivo 1. Evaluación de la biodisponibilidad de Cd	21
3.4.2. Suelo	21
3.4.3. Siembra	22
3.5. Fertilización	22
3.6. Cosecha de las plantas.....	22
3.7. Procesado de las muestras.....	23
3.7.1. Lavado y secado.....	23
3.7.2. Determinación del peso seco	23
3.7.3. Molido de muestras.....	23
3.8. Variables evaluadas.....	24
3.8.1. Determinación del pH y conductividad eléctrica (Suelo y rizosfera)	24
3.8.2. Determinación de la concentración Cd en la parte aérea y radical.....	24
3.8.3. Eficiencia de translocación, absorción y fitoextracción de Cd.....	25
3.8.4. Objetivo 2. Determinación de la disponibilidad de Cd en el suelo	25
3.8.5. Método DTPA	26
3.8.6. Método cloruro de calcio	26
3.8.7. Método de agua regia.....	26

3.9. Objetivo 1. Determinar el método de extracción de Cd que mayor correlación con la biodisponibilidad en el suelo	27
3.9.1. Objetivo 2. Identificar la enmienda que provoca mayor disminución de Cd biodisponible.....	27
3.9.2. Objetivo 3. Establecer el método de análisis de laboratorio que mejor predice la disponibilidad de Cd para la absorción por las plantas en suelos del sector Río Negro-Santa Rosa, El Oro	27
CAPÍTULO IV	28
RESULTADOS	29
4.1 Objetivo 1. Evaluación de la biodisponibilidad de Cd	29
4.1.1. Concentración de Cd en parte aérea y radicular	29
4.1.2. Contenido de Cd (Parte aérea, radical y biodisponible).....	30
4.1.3. pH de suelo y rizosfera	31
4.1.4. Conductividad eléctrica en suelo y rizosfera	32
4.1.5. Eficiencia de absorción, fitoextracción y translocación	33
4.2. Objetivo 2. Disponibilidad de Cd	34
4.2.1. Métodos de extracción (Agua regia, DTPA y CaCl ₂)	34
4.2.2. Correlaciones entre los métodos de extracción.....	35
CAPÍTULO V	36
DISCUSION	37
CAPÍTULO VI	41
CONCLUSIONES.....	42
CAPÍTULO VII.....	43
RECOMENDACIONES.....	44

CAPÍTULO VIII.....	45
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	46
CAPÍTULO IX.....	54
ANEXOS.....	55
Anexo 1. Certificado del Reporte de Similitud y/o Plagio Académico	55
Anexo 2. Trabajo de laboratorio e invernadero.....	56
Anexo 3. Resultados estadísticos del análisis de la varianza.....	66

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Características físicas-químicas del suelo cacaotero en el sector Río negro, Santa Rosa provincia de El Oro	20
Tabla 2. Tratamientos utilizados en fase de campo para la mitigación de Cd en suelos de cacaoteras de la zona de Río Negro, Santa Rosa, provincia de El Oro, DMSA	20
Tabla 3. Esquema del análisis de varianza utilizado en el ensayo	21
Tabla 4. Métodos de extracción evaluados	25
Tabla 5. Concentración de Cd en la parte aérea y radicular por efecto de la aplicación de enmiendas orgánicas y minerales en la zona de Río Negro, Santa Rosa provincia de El Oro	29
Tabla 6. Contenido de Cd en la parte aérea y radicular por efecto de la aplicación de enmiendas orgánicas y minerales en la zona de Río Negro, Santa Rosa provincia de El Oro.....	30
Tabla 7. Variación del pH del suelo y rizosferico por efecto de la aplicación de enmiendas orgánicas y minerales en la zona de Río Negro, Santa Rosa provincia de El Oro.....	31

Tabla 8. Determinación del CE del Suelo y rizosfera, por efecto de la aplicación de enmiendas orgánicas y minerales en la zona de Río Negro, Santa Rosa provincia de El Oro.....	32
Tabla 9. Eficiencia de absorción, fitoextracción y translocación, por efecto de la aplicación de enmiendas orgánicas y minerales en la zona de Río Negro, Santa Rosa provincia de El Oro	33
Tabla 10. Disponibilidad de cadmio en suelos de cacaofera de la provincia de El Oro tratados con enmiendas de suelo en el sector Río Negro-Santa Rosa, El Oro	34
Tabla 11. Coeficientes de correlación de Pearson entre los métodos de extracción con el Cd biodisponible.....	35

LISTA DE FIGURA

Figura 1. Mapa de ubicación del área de estudio (INIAP-EETP).....	18
Figura 2. Mapa de la provincia El Oro, indicando el sector donde fue extraído el suelo en estudio	19