



UNIVERSIDAD UTE

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

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

**MOVILIDAD DE CADMIO EN SEIS SUELOS DIFERENTES,
TRATADOS CON ENMIENDAS ORGÁNICAS Y MINERALES.**

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

BRYAN RODRIGO PALLARES ROJAS

DIRECTOR: MANUEL DANILO CARRILLO ZENTENO, PhD.

Santo Domingo, Junio 2020

FORMULARIO DE REGISTRO BIBLIOGRÁFICO TRABAJO DE TITULACIÓN

| DATOS DE CONTACTO | |
|----------------------|--|
| CÉDULA DE IDENTIDAD: | 230031212-7 |
| APELLIDO Y NOMBRES: | Pallares Rojas Bryan Rodrigo |
| DIRECCIÓN: | Coop: Heriberto Maldonado |
| EMAIL: | pallares_rodrigo23021995@hotmail.com |
| TELÉFONO FIJO: | 02 3767197 |
| TELÉFONO MÓVIL: | 0963203874 |

| DATOS DE LA OBRA | |
|--|--|
| TÍTULO: | Movilidad de Cd en seis suelos diferentes, tratados con enmiendas orgánicas y minerales. |
| AUTOR O AUTORES: | Pallares Rojas Bryan Rodrigo |
| FECHA DE ENTREGA DEL PROYECTO DE TITULACIÓN: | 01 de junio 2020 |
| DIRECTOR DEL PROYECTO DE TITULACIÓN: | Manuel Danilo Carrillo Zenteno, PhD. |
| PROGRAMA | PREGRADO <input checked="" type="checkbox"/> POSGRADO <input type="checkbox"/> |
| TÍTULO POR EL QUE OPTA: | Ingeniero Ambiental y Manejo de Riesgos Naturales |
| RESUMEN: | <p>La presencia de metales pesados, en especial el Cadmio, llega al medio ambiente a través del suelo lo cual causa contaminación para las plantas, alimentos y aguas subterráneas, lo que supone este elemento gran peligro para la vida humana y que a futuro podría generar problemas en la comercialización de los productos agrícolas. El presente estudio se desarrolló en el laboratorio de Metales Pesados del Departamento de Manejo de Suelos y Aguas (DNMSA) de la Estación Experimental Tropical Pichilingue (EETP) del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), con el objetivo de evaluar la movilidad del Cd tras la aplicación de enmiendas minerales y orgánicas en seis suelos y así proponer planes de remediación. En esta investigación se evaluaron los siguientes materiales: suelo sin enmienda (T₀), calcita (T₁), dolomita (T₂), zeolita (T₃),</p> |

PALABRAS CLAVES:

ABSTRACT:

harina de cabeza de camarón (T4), cáscara de plátano (T5) y cáscara de coco (T6). Para determinar el efecto de las enmiendas en el suelo, se evaluó la interacción suelo-enmienda, utilizando el método de columna de lixiviación, empleando un Diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones. Los resultados fueron comparados mediante la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$). Respecto al testigo, la cáscara de coco, fue la enmienda que provocó aumento en la conductividad hidráulica en suelos de Esmeraldas, Guayas, El Oro, Los Ríos y Manabí; mientras que, para Sucumbíos disminuyó. Los suelos de Esmeraldas, Guayas, El Oro, Los Ríos y Manabí mostraron mayor factor de retardamiento de Cd debido a sus propiedades físico-químicas de los suelos y enmiendas; sin embargo, para el suelo de Sucumbíos los mejores tratamientos retrasaron en más de seis volúmenes de poros el movimiento del Cd en la columna, se asociaron con el uso de calcita, cáscara de cabeza de camarón y cáscara de plátano.

Aguas subterráneas, lixiviación, adsorción, interacción, conductividad hidráulica.

The presence of heavy metals, especially Cadmium, reaches the environment through the soil which causes pollution to the plant, food and underground water, which is a great danger to human life and that could generate problems in the commercialization of agricultural products. This study was developed in the Heavy Metals laboratory of the Department of Soil and Water Management (DMSA) of the Pichilingue Tropical Experimental Station (EETP) of the National Institute Agricultural Research (INIAP), with the objective of evaluating the mobility of the Cd after the application of mineral and organic amendments in six soils and thus propose remediation plans. In this investigation the following materials were evaluated: soil without amendment (T0), calcite (T1), dolomite (T2), zeolite (T3), shrimp head flour (T4), banana shell (T5) and coconut shell (T6). To determine the effect of the amendments in the soil, the soil-amendment interaction was evaluated, using the leaching column method, using a randomized complete block was (DBCA) with three repetitions. The results were compared using the Tukey Test ($p \leq 0.05$). Regarding the witness,

KEYWORDS

the coconut shell, was the amendment that caused an increase in hydraulic conductivity in soils of Esmeraldas, Guayas, The Oro, The Ríos and Manabí; while, for Sucumbíos it decreased. The soils of Esmeraldas, Guayas, The Oro, The Ríos and Manabí showed higher Cd retardation factor, due to their physical-chemical properties of soils and amendments; however, for the soil of Sucumbíos the best treatments delayed in more than six pore volumes the movement of the Cd in the column, were associated with the use of calcite, shrimp head shell and banana shell.

Waters underground, leaching, adsorption, interaction, hydraulic conductivity.

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



f: _____
PALLARES ROJAS BRYAN RODRIGO
C.I. 230031212-7

ÍNDICE DE CONTENIDO

| | PÁGINA |
|---|--------|
| RESUMEN..... | 1 |
| ABSTRACT | 2 |
| 1. INTRODUCCIÓN | 3 |
| 1.1. OBJETIVOS..... | 4 |
| 1.1.1. OBJETIVO GENERAL..... | 4 |
| 1.1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS..... | 4 |
| 1.2. GENERALIDADES DEL CADMIO..... | 5 |
| 1.4. CADMIO EN EL SUELO..... | 5 |
| 1.5. DISPONIBILIDAD DE CADMIO EN EL SUELO | 6 |
| 1.6. TECNOLOGÍAS PARA MITIGACIÓN DE SUELOS CON CADMIO | 6 |
| 1.7. ENMIENDAS DEL SUELO..... | 7 |
| 1.7.1. ENMIENDAS MINERALES | 7 |
| 1.7.2. ENMIENDAS ORGÁNICAS | 8 |
| 1.8. PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO..... | 9 |
| 1.8.1. LA DENSIDAD APARENTE DEL SUELO (Da) | 9 |
| 1.8.2. DENSIDAD REAL (Dr)..... | 9 |
| 1.8.3. POROSIDAD TOTAL (Pt) | 9 |
| 1.8.4. LA CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA (Ch)..... | 9 |
| 2. METODOLOGÍA..... | 11 |
| 2.1. SITIO DEL ESTUDIO | 11 |
| 2.4. DETERMINACIÓN DE PROPIEDADES FÍSICAS | 14 |
| 2.4.1. DENSIDAD APARENTE (Da)..... | 14 |
| 2.4.3. POROSIDAD TOTAL (Pt) | 14 |
| 2.5. EVALUACIÓN DE LA MOVILIDAD DEL Cd | 15 |
| 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 17 |
| 3.1. PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO..... | 17 |
| 3.1.1. SUELO DE LA PROVINCIA DE ESMERALDAS..... | 17 |
| 3.1.2. SUELO DE LA PROVINCIA DEL GUAYAS | 18 |
| 3.1.3. SUELO DE LA PROVINCIA DE EL ORO | 19 |
| 3.1.4. SUELO DE LA PROVINCIA DE LOS RÍOS..... | 20 |

| | | |
|--------|--|----|
| 3.1.5. | SUELO DE LA PROVINCIA DE MANABÍ..... | 21 |
| 3.1.6. | SUELO DE LA PROVINCIA DE SUCUMBÍOS | 22 |
| 3.2. | MOVILIDAD DEL CADMIO EN EL SUELO | 24 |
| 3.2.1. | CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA (Ch) | 24 |
| 3.2.2. | FACTOR DE RETARDAMIENTO (FR)..... | 25 |
| 4. | CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... | 30 |
| | BIBLIOGRAFÍA..... | 31 |

ÍNDICE DE TABLAS

PÁGINA

| | | |
|------------------|--|----|
| Tabla 1. | Calificación de la Conductividad Hidráulica del suelo | 10 |
| Tabla 2. | Características físicas de los suelos tropicales, utilizados en el estudio | 12 |
| Tabla 3. | Características químicas de los suelos tropicales, utilizados en el estudio | 12 |
| Tabla 4. | Tratamientos usados para evaluar la movilidad del Cd en seis suelos tropicales, tratados con enmiendas orgánicas y minerales | 13 |
| Tabla 5. | Análisis de variancia utilizado en la investigación | 14 |
| Tabla 6. | Cambios en las características físicas del suelo de Esmeraldas, por efecto de la combinación con enmiendas orgánicas y minerales para reducir la movilidad del Cd..... | 18 |
| Tabla 7. | Cambios en las características físicas del suelo de Guayas, por efecto de la combinación con enmiendas orgánicas y minerales para reducir la movilidad del Cd..... | 19 |
| Tabla 8. | Cambios en las características físicas del suelo de El Oro, por efecto de la combinación con enmiendas orgánicas y minerales para reducir la movilidad del Cd..... | 20 |
| Tabla 9. | Cambios en las características físicas del suelo de Los Ríos, por efecto de la combinación con enmiendas orgánicas y minerales para reducir la movilidad del Cd..... | 21 |
| Tabla 10. | Cambios en las características físicas del suelo Manabí, por efecto de la combinación con enmiendas orgánicas y minerales para reducir la movilidad del Cd..... | 22 |
| Tabla 11. | Cambios en las características físicas del suelo de Sucumbíos, por efecto de la combinación con enmiendas orgánicas y minerales para reducir la movilidad del Cd..... | 23 |
| Tabla 12. | Variación en la conductividad hidráulica (mm h^{-1}) de seis suelos tropicales, tratados con enmiendas minerales y orgánicas..... | 25 |
| Tabla 13. | Factor de retardamiento en suelos de Esmeraldas con la aplicación de enmiendas minerales y orgánicas..... | 28 |
| Tabla 14. | Factor de retardamiento en suelos de Los Ríos con la aplicación de enmiendas minerales y orgánicas..... | 28 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | PÁGINA |
|---|---------------|
| Figura 1. Mapa del Ecuador, representando las seis provincias tropicales donde se colectaron los suelos utilizados en la investigación.. | 11 |
| Figura 2. Factor de retardamiento en suelos de Sucumbíos con la aplicación de enmiendas minerales y orgánicas (Ca = Calcita, Do = Dolomita, Ze = Zeolita, CCa = Cáscara de cabeza de camarón, CP = Cáscara de plátano, CCo = Cáscara de coco)..... | 27 |

ÍNDICE DE ANEXOS

PÁGINA

| | | |
|-----------------|--|----|
| ANEXO 1. | VARIACIÓN EN LA DENSIDAD DEL SUELO (kg m^{-3}) EN SEIS SUELOS DIFERENTES, TRATADOS CON ENMIENDAS ORGÁNICAS Y MINERALES. | 40 |
| ANEXO 2. | VARIACIÓN EN LA DENSIDAD REAL DEL SUELO (kg m^{-3}) EN SEIS SUELOS DIFERENTES, TRATADOS CON ENMIENDAS ORGÁNICAS Y MINERALES. | 40 |
| ANEXO 3. | VARIACIÓN DE LA POROSIDAD TOTAL (%) EN SEIS SUELOS DIFERENTES, TRATADOS CON ENMIENDAS ORGÁNICAS Y MINERALES. | 41 |
| ANEXO 4. | VARIACIÓN DE VOLUMEN DE POROS (cm^{-3}) EN SEIS SUELOS DIFERENTES, TRATADOS CON ENMIENDAS ORGÁNICAS Y MINERALES. | 41 |
| ANEXO 5. | FOTOGRAFÍAS | 42 |

RESUMEN

La presencia de metales pesados, en especial el Cadmio, llega al medio ambiente a través del suelo lo cual causa contaminación para la planta, alimentos y aguas subterráneas, lo que supone este elemento gran peligro para la vida humana y que a futuro podría generar problemas en la comercialización de los productos agrícolas. El presente estudio se desarrolló en el laboratorio de Metales Pesados del Departamento de Manejo de Suelos y Aguas (DNMSA) de la Estación Experimental Tropical Pichilingue (EETP) del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), con el objetivo de evaluar la movilidad del Cd tras la aplicación de enmiendas minerales y orgánicas en seis suelos y así proponer planes de remediación. En esta investigación se evaluaron los siguientes materiales: suelo sin enmienda (T0), calcita (T1), dolomita (T2), zeolita (T3), harina de cabeza de camarón (T4), cáscara de plátano (T5) y cáscara de coco (T6). Para determinar el efecto de las enmiendas en el suelo, se evaluó la interacción suelo-enmienda, utilizando el método de columna de lixiviación, empleando un Diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones. Los resultados fueron comparados mediante la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$). Respecto al testigo, la cáscara de coco, fue la enmienda que provocó aumento en la conductividad hidráulica en suelos de Esmeraldas, Guayas, El Oro, Los Ríos y Manabí; mientras que, para Sucumbíos disminuyó. Los suelos de Esmeraldas, Guayas, El Oro, Los Ríos y Manabí mostraron mayor factor de retardamiento de Cd, debido a sus propiedades físico-químicas de los suelos y enmiendas; sin embargo, para el suelo de Sucumbíos los mejores tratamientos que retrasaron en más de seis volúmenes de poros el movimiento del Cd en la columna, se asociaron con el uso de calcita, cáscara de cabeza de camarón y cáscara de plátano.

Palabras clave: Aguas subterráneas, lixiviación, adsorción, interacción, conductividad hidráulica.

ABSTRACT

The presence of heavy metals, especially Cadmium, reaches the environment through the soil which causes pollution to the plant, food and underground water, which is a great danger to human life and that could generate problems in the commercialization of agricultural products. This study was developed in the Heavy Metals laboratory of the Department of Soil and Water Management (DMSA) of the Pichilingue Tropical Experimental Station (EETP) of the National Institute Agricultural Research (INIAP), with the objective of evaluating the mobility of the Cd after the application of mineral and organic amendments in six soils and thus propose remediation plans. In this investigation the following materials were evaluated: soil without amendment (T0), calcite (T1), dolomite (T2), zeolite (T3), shrimp head flour (T4), banana shell (T5) and coconut shell (T6). To determine the effect of the amendments in the soil, the soil-amendment interaction was evaluated, using the leaching column method, using a randomized complete block was (DBCA) with three repetitions. The results were compared using the Tukey Test ($p \leq 0.05$). Regarding the witness, the coconut shell, was the amendment that caused an increase in hydraulic conductivity in soils of Esmeraldas, Guayas, The Oro, The Ríos and Manabí; while, for Sucumbíos it decreased. The soils of Esmeraldas, Guayas, The Oro, The Ríos and Manabí showed higher Cd retardation factor, due to their physical-chemical properties of soils and amendments; however, for the soil of Sucumbíos the best treatments delayed in more than six pore volumes the movement of the Cd in the column, were associated with the use of calcite, shrimp head shell and banana shell.

Keywords: waters underground, leaching, adsorption, interaction, hydraulic conductivity.