



UNIVERSIDAD UTE

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

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

**EVALUACIÓN DE PLANTAS ARVENSES DE REPRODUCCIÓN
ASEXUAL ADAPTADAS AL CULTIVO DE CACAO PARA USO EN
PROGRAMA DE FITORREMEDIACIÓN**

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

MERLEY PATRICIA OROSCO MALDONADO

DIRECTOR: DRA. LUZ MARIA MARTINEZ BUÑAY

Santo Domingo, Diciembre 2020

FORMULARIO DE REGISTRO BIBLIOGRÁFICO TRABAJO DE TITULACIÓN

DATOS DE CONTACTO	
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1718787987
APELLIDO Y NOMBRES:	Merley Patricia Orosco Maldonado
DIRECCIÓN:	Coop. 9 de Diciembre
EMAIL:	patyorosco.17@gmail.com
TELÉFONO FIJO:	02-2767093
TELÉFONO MÓVIL:	0988757471

DATOS DE LA OBRA				
TÍTULO:	Evaluación de plantas arvenses de reproducción asexual adaptadas al cultivo de cacao para uso en programa de fitorremediación			
AUTOR:	Merley Patricia Orosco Maldonado			
FECHA DE ENTREGA DEL PROYECTO DE TITULACIÓN:	09 de diciembre 2020			
DIRECTOR DEL PROYECTO DE TITULACIÓN:	Dra. Luz María Martínez Buñay			
PROGRAMA	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%;">PREGRADO</td> <td style="width: 33%; text-align: center;">X</td> <td style="width: 33%;">POSGRADO</td> </tr> </table>	PREGRADO	X	POSGRADO
PREGRADO	X	POSGRADO		
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniera Ambiental y Manejo de Riesgos Naturales			
RESUMEN:	<p>La calidad del suelo se ha visto deteriorada por la presencia de diversos metales pesados, donde destaca el Cadmio (Cd) como uno de los elementos de mayor preocupación debido a su toxicidad y poder de acumulación. Su presencia en la almendra de cacao ha disminuido su exportación, debido a las exigencias de calidad. Bajo este contexto se realizó el presente proyecto de investigación en el Departamento de Manejo de Suelos y Aguas de la Estación Experimental Tropical Pichilingue (EETP) del INIAP, con la finalidad de evaluar plantas arvenses de reproducción asexual teniendo como objetivo conocer su capacidad de extracción de Cd y la transferencia desde las raíces hasta la parte</p>			

	<p>aérea. Se evaluaron diez especies en un suelo arenoso-franco y contaminado con 3 mg kg⁻¹ de Cd, mediante el método de bloques completos al azar con tres repeticiones, los resultados se compararon mediante la prueba de tukey al 0,05% en el programa INFOSTAT. Como resultado 9 de las 10 especies arvenses evaluadas presentaron adaptabilidad a entornos perturbados y 7 pudieron absorber cantidades importantes de Cd.</p> <p>Las variables cantidad de materia seca, factor de traslocación, morfología del sistema radical y pH del suelo, permitieron determinar si las especies evaluadas en esta investigación pueden ser consideradas fitorremediadoras y facilitó identificar en que técnica de fitorremediación deben ser empleadas.</p> <p>Las especies <i>Commelina diffusa</i>, <i>Pseudelephantopus spiralis</i>, <i>Cissus verticillata</i> y <i>Epipremnum aureum</i> absorbieron mayor cantidad de Cd, lo que permite incluirlas en procesos de estabilización y retención del metal, puesto que no alcanzan los 100 mg kg⁻¹ Cd necesarios para ser consideradas hiperacumuladoras, a excepción de la especie <i>Cissus verticillata</i> que absorbió 157.21 mg kg⁻¹ Cd y la especie <i>Pseudelephantopus spiralis</i> que junto con las especies: <i>Oplismenus burmannii</i>, <i>Geophila macropoda</i> e <i>Ipomoea grandifolia</i> presentaron un FT>1 lo que permitió considerarlas aptas para procesos de fitoextracción.</p>
PALABRAS CLAVES:	Cadmio, extracción, contaminación, hiperacumuladoras, suelo, metales pesados.
ABSTRACT:	The soil quality has been deteriorated by various heavy metals, where Cadmium (Cd) stands out as one of the elements of the most

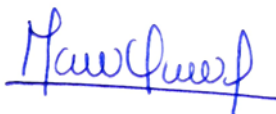
significant concern due to its toxicity and accumulation power. Its presence in the cocoa almond has decreased its export, due to quality requirements. In this context, the present research project was carried out in the Department of Soil and Water Management of the Pichilingue Tropical Experimental Station EETP of INIAP to evaluate weed plants of asexual reproduction to know their capacity to extract Cd and the transfer from the roots to the aerial part. Ten species were assessed in a sandy-loam soil contaminated with 3 mg kg⁻¹ of Cd by the method of complete random blocks with three repetitions; the Tukey test compared the results at 0.05% in the program INFOSTAT. As a result, 9 of the ten weed species evaluated showed adaptability to disturbed environments, and seven were able to absorb significant Cd amounts.

The variables amount of dry matter, translocation factor, the morphology of the root system, and soil pH made it possible to determine whether the species evaluated in this research can be considered phytoremediation and facilitated the identification phytoremediation technique they should be used.

The species *Commelina diffusa*, *Pseudelephantopus spiralis*, *Cissus verticillata*, and *Epipremnum aureum* absorbed a more significant amount of Cd, which allows them to be included in metal stabilization and retention processes since they do not reach the 100 mg kg⁻¹ Cd necessary to be considered hyperaccumulation, at except for the *Cissus verticillata* species that absorbed 157.21 mg kg⁻¹ Cd and the *Pseudelephantopus spiralis* species that together with the species: *Oplismenus burmannii*, *Geophila macropoda* and *Ipomoea grandifolia* presented an FT > one

	which allowed them to be considered suitable for phytoextraction processes.
KEYWORDS	Cadmium, extraction, contamination, hyperaccumulators, soil, heavy metals.

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



F: _____

Merley Patricia Orosco Maldonado
C.I. 1718787987

ÍNDICE DE CONTENIDOS

	PÁGINA
RESUMEN	1
ABSTRACT	2
1. INTRODUCCIÓN	3
1.1 SUELO	5
1.2 METALES PESADOS	5
1.3 CADMIO	5
1.3.1 DINAMICA DEL CADMIO	6
1.4 FITORREMEDIACIÓN	6
1.5 ESPECIES ARVENSES	8
2. METODOLOGÍA	13
2.1 LOCALIZACIÓN	13
2.2 MATERIAL DE ESTUDIO	13
2.3 DISEÑO EXPERIMENTAL	13
2.4 TRATAMIENTOS	14
2.4.1 PREPARACIÓN DE SUELO UTILIZADO EN EL EXPERIMENTO	14
2.4.2 CONFORMACIÓN DE TRATAMIENTOS	15
2.4.3 FERTILIZACIÓN DE LOS TRATAMIENTOS	15
2.5 VARIABLES EVALUADAS	15
2.5.1 MATERIA SECA	15
2.5.2 INCREMENTO DE MASA SECA	16
2.5.3 ph DEL SUELO Y LA RIZOSFERA	17
2.5.4 CONCENTRACIÓN DE CADMIO	17

2.5.5	CONTENIDO DE CADMIO	17
2.5.6	FACTOR DE TRASLOCACIÓN	18
3.	RESULTADOS Y DISCUSIONES	19
3.1	MATERIA SECA	19
3.2	INCREMENTO DE MASA SECA	20
3.3	pH DE SUELO Y RIZÓSFERA	21
3.4	CONCENTRACIÓN DE CADMIO	22
3.5	CONTENIDO DE CADMIO	23
4	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	24
4.1	CONCLUSIONES	24
4.2	RECOMENDACIONES	25
	BIBLIOGRAFÍA	26
	ANEXO	33

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Taxonomía de plantas arvenses de reproducción asexual empleadas en la investigación	9
Tabla 2.	Plantas arvenses de reproducción asexual evaluadas para determinar su capacidad de extracción de cadmio	14
Tabla 3.	Características físicas del suelo en el que se desarrollaron las plantas arvenses de reproducción asexual	14
Tabla 4.	Características químicas del suelo en el que se desarrollaron las plantas arvenses de reproducción asexual	15
Tabla 5.	Producción de materia seca aérea y radical de las distintas especies arvenses de reproducción asexual cultivadas en suelo contaminado con Cd	18
Tabla 6.	Incremento de masa seca desde el trasplante hasta la cosecha de las especies arvenses de reproducción asexual cultivadas en suelo contaminado con Cd	19
Tabla 7.	Variación del pH final (luego de la cosecha) en suelo y rizósfera de las especies arvenses de reproducción asexual cultivadas en suelo contaminado con Cd	20
Tabla 8.	Variación de la concentración de Cd en parte aérea y radical de las especies arvenses de reproducción asexual cultivadas en suelo contaminado con Cd	21
Tabla 9.	Variación del contenido de Cd en parte aérea, radical, total y factor de traslocación (FT) de las especies arvenses de reproducción asexual cultivadas en suelo contaminado con Cd	22

ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1.** Localización del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias 13
- Figura 2.** Proceso de lavado de plantas usando soluciones alcalinas, ácidas 16

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1.	Materia seca de la parte aérea de las plantas arvenses de reproducción asexual, luego de la cosecha	33
ANEXO 2.	Materia seca de la parte radical de las plantas arvenses de reproducción asexual, luego de la cosecha	33
ANEXO 3.	Incremento de masa seca, respecto al peso inicial de las plantas arvenses de reproducción asexual	34
ANEXO 4.	pH del suelo después de la cosecha de las plantas arvenses de reproducción asexual	34
ANEXO 5.	pH de rizósfera después de la cosecha de las plantas arvenses de reproducción asexual	35
ANEXO 6.	Concentración de cadmio en la parte aérea de las plantas arvenses de reproducción asexual	35
ANEXO 7.	Concentración de cadmio en la parte radical de las plantas arvenses de reproducción asexual	36
ANEXO 8.	Contenido de cadmio en la parte aérea de las plantas arvenses de reproducción asexual	36
ANEXO 9.	Contenido de cadmio en la parte radical de las plantas arvenses de reproducción asexual	37
ANEXO 10.	Contenido total de cadmio en los tratamientos de plantas arvenses de reproducción asexual	37
ANEXO 11.	Factor de translocación	38
ANEXO 12.	Fotografías	39

RESUMEN

La calidad del suelo se ha visto deteriorada por la presencia de diversos metales pesados, donde destaca el Cadmio (Cd) como uno de los elementos de mayor preocupación debido a su toxicidad y poder de acumulación. Su presencia en la almendra de cacao ha disminuido su exportación, debido a las exigencias de calidad. Bajo este contexto se realizó el presente proyecto de investigación en el Departamento de Manejo de Suelos y Aguas de la Estación Experimental Tropical Pichilingue (EETP) del INIAP, con la finalidad de evaluar plantas arvenses de reproducción asexual teniendo como objetivo conocer su capacidad de extracción de Cd y la transferencia desde las raíces hasta la parte aérea. Se evaluaron diez especies en un suelo arenoso-franco y contaminado con 3 mg kg⁻¹ de Cd, mediante el método de bloques completos al azar con tres repeticiones, los resultados se compararon mediante la prueba de tukey al 0,05% en el programa INFOSTAT. Como resultado 9 de las 10 especies arvenses evaluadas presentaron adaptabilidad a entornos perturbados y 7 pudieron absorber cantidades importantes de Cd.

Las variables cantidad de materia seca, factor de traslocación, morfología del sistema radical y pH del suelo, permitieron determinar si las especies evaluadas en esta investigación pueden ser consideradas fitorremediadoras y facilitó identificar en que técnica de fitorremediación deben ser empleadas.

Las especies *Commelina diffusa*, *Pseudelephantopus spiralis*, *Cissus verticillata* y *Epipremnum aureum* absorbieron mayor cantidad de Cd, lo que permite incluirlas en procesos de estabilización y retención del metal, puesto que no alcanzan los 100 mg kg⁻¹ Cd necesarios para ser consideradas hiperacumuladoras, a excepción de la especie *Cissus verticillata* que absorbió 157.21 mg kg⁻¹ Cd y la especie *Pseudelephantopus spiralis* que junto con las especies: *Oplismenus burmannii*, *Geophila macropoda* e *Ipomoea grandifolia* presentaron un FT > 1 lo que permitió considerarlas aptas para procesos de fitoextracción.

Palabras Clave: Cadmio, extracción, contaminación, hiperacumuladoras, suelo, metales pesados.

ABSTRACT

The soil quality has been deteriorated by various heavy metals, where Cadmium (Cd) stands out as one of the elements of the most significant concern due to its toxicity and accumulation power. Its presence in the cocoa almond has decreased its export, due to quality requirements. In this context, the present research project was carried out in the Department of Soil and Water Management of the Pichilingue Tropical Experimental Station EETP of INIAP to evaluate weed plants of asexual reproduction to know their capacity to extract Cd and the transfer from the roots to the aerial part. Ten species were assessed in a sandy-loam soil contaminated with 3 mg kg⁻¹ of Cd by the method of complete random blocks with three repetitions; the Tukey test compared the results at 0.05% in the program INFOSTAT. As a result, 9 of the ten weed species evaluated showed adaptability to disturbed environments, and seven were able to absorb significant Cd amounts.

The variables amount of dry matter, traslocation factor, the morphology of the root system, and soil pH made it possible to determine whether the species evaluated in this research can be considered phytoremediation and facilitated the identification phytoremediation technique they should be used.

The species *Commelina diffusa*, *Pseudelephantopus spiralis*, *Cissus verticillata*, and *Epipremnum aureum* absorbed a more significant amount of Cd, which allows them to be included in metal stabilization and retention processes since they do not reach the 100 mg kg⁻¹ Cd necessary to be considered hyperaccumulation, at with the exception of the *Cissus verticillata* species that absorbed 157.21 mg kg⁻¹ Cd and the *Pseudelephantopus spiralis* species that together with the species: *Oplismenus burmannii*, *Geophila macropoda* and *Ipomoea grandifolia* presented an FT > one which allowed them to be considered suitable for phytoextraction processes.

Keywords: Cadmium, extraction, contamination, hyperaccumulators, soil, heavy metals.