



## FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA  
AMBIENTAL

**REMEDIACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS CON CADMIO POR  
ACEITE LUBRICANTE MEDIANTE UN SISTEMA BIOLÓGICO  
(ESPECIE *Taraxacum officinale*), ASOCIACIÓN DE CHILLÓN –  
PUENTE PIEDRA, LIMA 2013-14**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

INGENIERO AMBIENTAL

**AUTOR:**

Pardo Alvarez, Miguel

**ASESOR:**

Mag. Ing. Amancio Guzmán Rodríguez

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Ingeniería de Conservación y Protección de Recursos Naturales

**LIMA– PERÚ**

**2014**

## **DEDICATORIA**

A mi mamá por el especial apoyo que me ha brindado toda la vida, a través de buenos sentimientos, hábitos y valores.

A mi papá porque me ha brindado su apoyo incondicional durante la realización del estudio en momentos difíciles.

A mi familia en general, mis maestros y asesores, gracias.

A mis amigos, compañeros por compartir las etapas más hermosas de mi vida.

## **AGRADECIMIENTO**

Quiero dar mis sentidos agradecimientos a las siguientes personas:

- A la Ing. Q. Elizabeth Monterrey Porras por brindar sus servicios de laboratorio con los análisis químicos correspondientes al desarrollo de la investigación.
  
- A los docentes de la Oficina Académica de Investigación: Fernando Camones y Misael Maguiña por su asesoría en el plano estadístico de este trabajo.
  
- A la Biblioteca Agraria de la Universidad Nacional Agraria La Molina por brindar los servicios de consulta de estudios referentes a este trabajo.
  
- A la Ing. Q. María Mónica Retuerto Figueroa por su apoyo en aspectos específicos para el desarrollo de la investigación.

## DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo, Miguel Pardo Alvarez, con código de alumno: 2082934704, declaro que la tesis de grado, titulada: **REMEDIACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS CON CADMIO POR ACEITE LUBRICANTE MEDIANTE UN SISTEMA BIOLÓGICO (ESPECIE *Taraxacum officinale*), ASOCIACIÓN DE CHILLÓN – PUENTE PIEDRA, LIMA 2013-14**, es de mi autoría, desarrollado, a través de la investigación, respetando los derechos de autor, citándose dentro del trabajo, y cuyas fuentes se incorporaron en la bibliografía.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido y veracidad de la tesis de grado en mención.

Lima, Julio de 2014

---

**Miguel Pardo Alvarez**

## PRESENTACIÓN

La presente tesis de investigación se titula **“REMEDIACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS CON CADMIO POR ACEITE LUBRICANTE MEDIANTE UN SISTEMA BIOLÓGICO (ESPECIE *Taraxacum officinale*), ASOCIACIÓN DE CHILLÓN – PUENTE PIEDRA, LIMA 2013-14”**, elaborado con el estricto cumplimiento de las normas de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental con la finalidad de obtener el título profesional de Ingeniero Ambiental ; trabajo que será evaluado por los señores miembros del jurado de modo que sirva de orientación para las futuras investigaciones, que buscan el bienestar de la salud y del medio ambiente.

El estudio parte de los suelos contaminados con cadmio por el derrame de aceite lubricante procedente del Taller de Mecánica General “Sánchez”, para ello, se aplicó la técnica de fitorremediación *ex situ*, de tipo fitoextracción con la especie vegetal *Taraxacum officinale* en macetas con muestras de suelo contaminada con cadmio para reducir la presencia del metal pesado mencionado anteriormente.

El contenido de la tesis se divide en las siguientes partes:

En la primera parte, corresponde a la introducción, presentando: antecedentes, fundamentación científica, justificación, problema, hipótesis y objetivos.

En la segunda parte, desarrolla el marco metodológico dividido en: variables, operacionalización de variables, metodología, tipos de estudio, diseño; continuando con: población, muestra y muestreo, técnicas e instrumentos de recolección de datos, y métodos de análisis de datos.

En la tercera parte se exponen los resultados, que describe los pasos para la realización de la tesis correspondiente; en la cuarta parte se hace la discusión, en otras palabras, el contraste de la teoría respecto a los resultados alcanzados en la investigación; en la quinta parte explicamos las conclusiones, es decir, la interpretación de los resultados de la investigación, en la sexta parte, en recomendaciones, se da sugerencias correspondientes para futuro, en la séptima parte, las referencias bibliográficas, enumera el listado de fuentes consultadas en la investigación, y finalmente los anexos, que recopila las evidencias de la investigación.

## ÍNDICE

	Pág.
<b>CARÁTULA</b>	i
<b>Dedicatoria</b>	ii
<b>Agradecimiento</b>	iii
<b>Declaratoria de autenticidad</b>	iv
<b>Presentación</b>	v
<b>Índice</b>	vi
<b>RESUMEN</b>	x
<b>ABSTRACT</b>	xi
<b>I. INTRODUCCIÓN</b>	1
Antecedentes	1
Fundamentación científica	7
Justificación	15
1.1. Problema	15
1.2. Hipótesis	17
1.3. Objetivos	18
<b>II. MARCO METODOLÓGICO</b>	18
2.1. Variables	18
2.2. Operacionalización de Variables	19
2.3. Metodología	20
2.3.1. Tipos de estudio	20
2.3.2. Diseño	20
2.4. Población, Muestra y Muestreo	20
2.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	22
2.6. Métodos de análisis de datos	42
<b>III. RESULTADOS</b>	42
<b>IV. DISCUSIÓN</b>	48
<b>V. CONCLUSIONES</b>	49
<b>VI. RECOMENDACIONES</b>	50
<b>VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	51
<b>ANEXOS</b>	54

## LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo N° 01: Matriz de consistencia	55
Anexo N° 02: Constancia de análisis taxonómico	56
Anexo N° 03: Cronograma de ejecución	57
Anexo N° 04: Fichas de control del análisis químico de suelo	58
Anexo N° 05: Ficha de control de análisis foliar	61
Anexo N° 06: Ficha comparativa del análisis químico del suelo con la Norma Técnica de Calidad Ambiental del Recurso Suelo - Ecuatoriana - Criterios de Remediación o Restauración del Suelo	62
Anexo N° 07: Ficha de monitoreo de la altura final de la especie <i>Taraxacum officinale</i> en suelo contaminado con Cd	63
Anexo N° 08: Ficha de monitoreo del número foliar de la especie <i>Taraxacum officinale</i> en suelo contaminado con Cd	64
Anexo N° 09: Análisis de laboratorio	65

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Fig. 01: Tipos de fitorremediación	11
Fig. 02: Perfil del suelo y sus horizontes	12
Fig. 03: Planta diente de león ( <i>Taraxacum officinale</i> )	14
Fig. 04: Equipo de absorción atómica	30
Fig. 05: Toma de Muestras de Suelo para Análisis Químicos	35

## LISTA DE CUADROS

	Pág.
Cdro. 01: Composición de un aceite usado según su procedencia	8
Cdro. 02: Propiedades químicas del Cadmio	9
Cdro. 03: Tipos de fitorremediación y que contaminación tratan	10
Cdro. 04: Plantas típicas usadas en varias aplicaciones de fitorestauración	13
Cdro. 05: Diagrama de flujo	23
Cdro. 06: Coordenadas UTM de los puntos de muestreo	26

## LISTA DE FOTOS

	Pág.
Foto 01: Mapa del sitio contaminado con Cd (Taller)	24
Foto 02: Mapa de coordenadas UTM de los puntos de muestreo	26
Foto 03: Muestreo de suelo fuera del sitio contaminado del Taller	27
Foto 04: Muestreo de suelo contaminado del Taller	27
Foto 05: Muestra compuesta	28
Foto 06: Método de cuarteo	28
Foto 07: Muestra representativa	29
Foto 08: Pesaje de la muestra	29
Foto 09: Conservación de muestras en Bolsas Ziploc	29
Foto 10: Trituración	32
Foto 11: Zarandeo	32
Foto 12: Mezcla cuantitativa	32
Foto 13: Rótulo de muestra de suelo contaminado con Cd	33
Foto 14: <i>Taraxacum officinale</i> procedente de Parque Plza. Cívica	34
Foto 15: Trasplante de especies vegetales <i>Taraxacum officinale</i> en macetas	34
Foto 16: Toma de muestras ( $T_1=15$ días)	36
Foto 17: Toma de muestras ( $T_2=30$ días)	36
Foto 18: Muestra de <i>Taraxacum officinale</i>	37
Foto 19: Sobres de manila con muestras con <i>Taraxacum officinale</i>	37
Foto 20: Medición de altura final de la especie vegetal <i>Taraxacum officinale</i>	38
Foto 21: Conteo de hojas de la especie vegetal <i>Taraxacum officinale</i>	40

## LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 01: Análisis Preliminar de Suelo	31
Tabla 02: Altura final de la planta (cm.)	37
Tabla 03: Nro. Foliar (Hojas)	40
Tabla 04: Tratamiento estadístico de muestras de suelo con concentración (Cd)	42

## LISTA DE GRÁFICOS

	Pág.
Gráfico 01 : Altura final de la planta (cm.)	39
Gráfico 02 : Número foliar (Hojas)	41
Gráfico 03 : Distribución Normal Estándar (Tiempo: 0 días)	43
Gráfico 04 : Distribución T-Student (Tiempo: 0 días)	44
Gráfico 05 : Tipo de concentración de suelo (Inicial)	45
Gráfico 06 : Distribución Normal Estándar (Tiempo: 30 días)	46
Gráfico 07 : Distribución T-Student (Tiempo: 30 días)	47
Gráfico 08 : Tipo de concentración de suelo (Final)	47

## RESUMEN

Esta investigación, presenta un estudio de remediación de suelos contaminados con cadmio con la técnica de fitorremediación, de tipo fitoextracción, utilizando, la especie *Taraxacum officinale*, elegida, a partir de estudios europeos de Escocia, Italia y Polonia, que justifican su capacidad de acumular y concentrar cadmio, para reducir sus concentraciones en suelos contaminados producto del derrame de aceite lubricante.

La finalidad fue restablecer por la fitorremediación con la especie vegetal *Taraxacum officinale* los suelos contaminados con Cd por derrame de aceite lubricante usado por el Taller de Mecánica General "Sánchez", ubicado en Mz. "C" Lot. 24, Asoc. Chillón - Puente Piedra con coordenadas UTM (Coordenadas este 272950.02 m E, Coordenadas norte 8679643.22 m S).

Igualmente, el Taller de Mecánica General "Sánchez", presenta un suelo contaminado con Cd, que excede el valor máximo permisible de Cd (2 ppm), según los criterios de remediación o restauración del suelo, de la Norma Técnica de Calidad Ambiental del Recurso Suelo – Ecuatoriana.

Para este caso, la investigación cuenta con un diseño experimental basado en un diseño pre prueba, post prueba y grupo control dentro del experimento para restablecer los suelos contaminados con Cd, a través, de la fitoremediación con la especie vegetal *Taraxacum officinale*.

También, dentro del estudio, se aplicó un Muestreo Aleatorio Simple (MAS) y un Diseño Completamente al Azar (DCA), para elegir las unidades experimentales para el tratamiento estadístico, siendo, las muestras de suelo contaminado con Cd por 2 repeticiones de 15 días y 30 días, asimismo, dichas muestras de suelo fueron analizadas previamente en un laboratorio certificado para obtener los resultados de Cd (Unidad: ppm) requeridos.

Además, se evaluaron las variaciones de crecimiento de la especie *Taraxacum officinale*, con los siguientes indicadores: la altura final de la planta (cm.), el número foliar (Nro. de hojas) y posteriormente un análisis químico foliar.

Finalmente, obtenidos los datos de estudio, se procedió al análisis estadístico, obteniendo los resultados y conclusiones favorables para la investigación.

## ABSTRACT

This research presents a study of remediation of cadmium contaminated with the technique of phytoremediation, phytoextraction type, using the specie *Taraxacum officinale*, selected from European studies from Scotland, Italy and Poland, justifying their ability to accumulate and concentrate cadmium to reduce their concentrations in contaminated soils for for spill lubricant oil.

The aim was to restore for phytoremediation with *Taraxacum officinale* plant specie cadmiun the contaminated soils by the spill of lubricating oil used by the Mechanical Workshop "Sanchez", located on Mz. "C" Lot. 24, Asoc. Chillón - Puente Piedra with UTM coordinates (east coordinates 272950.02 m E, north coordinates 8679643.22 m S).

Similarly, the Mechanical Workshop "Sanchez" has a cadmium contaminated soil that exceeds the maximum allowed value of cadmium (2 ppm), according to the criteria of the reclamation or restoration, of the Technical Standard Floor Resource Environmental Quality - Ecuatorian.

For this case, the research has an experimental design based on pre-test, post- test and test monitoring in the experiment to restore the contaminated soils with cadmium, through phytoremediation with *Taraxacum officinale* plant specie.

Also, in the study, a simple random sampling (SRS) and a completely randomized design (DCA) was applied to choose the experimental units for statistical treatment, with samples of soil contaminated with cadmium for 2 repetitions 15 days and 30 days, also, said soil samples were previously analyzed by a certified laboratory for obtain results from cadmium (unit: ppm) required.

In addition, the variations in growth of the *Taraxacum officinale* specie were assessed with the following indicators: the final plant height (cm), leaf number (# of sheets) and then a foliar chemical analysis.

Finally, we proceeded to the statistical analysis, to obtain favorable results and conclusions of the investigation.