



**UCV**  
UNIVERSIDAD  
CÉSAR VALLEJO

## **FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA  
AMBIENTAL**

**“ELIMINACIÓN DEL CROMO VI DEL AGUA CONTAMINADA  
UTILIZANDO *Canna Indica* Y *Typha Domingensis*, SAN DIEGO,  
2013-14”**

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

**AUTOR**

ADVINCULA BRAVO, MANUEL ANDRÉS

**ASESOR**

Mag. Ing. AMANCIO GUZMÁN RODRÍGUEZ

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN**

**INGENIERÍA DE CONSERVACIÓN Y PROTECCIÓN DE RECURSOS  
NATURALES**

**LIMA- PERÚ**

**2014**

## DEDICATORIA

*Lo dedico al esfuerzo de mis padres Giulianna Bravo y Martín Advincula, a mis hermanos Angiella y Angel Advincula y de una forma muy especial a Lourdes Carrillo, ya que sin el infinito apoyo que me brindaron no habría sido sencillo lograr mis objetivos profesionales, por otorgarme sus sabios consejos para tomar decisiones firmes en todas las etapas de la tesis y en mi vida profesional y personal.*

## AGRADECIMIENTO

A Dios, quien siempre ilumina mi camino y me guía cada paso que doy.

Al Ing. Amancio Guzmán, por sus conocimientos, recomendaciones a lo largo de la elaboración y revisión de la presente tesis hasta la finalización de este proyecto.

A la Bióloga Nora Malca, por su apoyo en la elaboración de marco teórico de esta tesis, por la revisión y aporte de conocimientos centrados que permitieron tener una idea realista del objetivo de la tesis.

A mis compañeros y profesores de la Universidad César Vallejo en particular a Lourdes Carillo que durante todo el proceso de la elaboración y sustentación me apoyo en diversas formas, de las cuales estoy agradecido.

Agradezco a mis padres, por el apoyo en la medición de los parámetros físicos, apoyo moral y entre otros que permitieron que se pueda registrar correctamente dichas mediciones a lo largo del desarrollo de la tesis debido al tiempo limitado que tenía por estar trabajando.

## DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo, Manuel Andrés Advincula Bravo, con código de alumno: 2091942690, DNI: 72251381, declaro que la tesis de grado titulada, “ELIMINACIÓN DEL CROMO VI DEL AGUA CONTAMINADA UTILIZANDO *Canna Indica* Y *Typha Domingensis*, SAN DIEGO, 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

---

Manuel Andrés Advincula Bravo

## PRESENTACIÓN

En cumplimiento de las normas establecidas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingeniería de la Universidad César Vallejo, pongo a vuestra consideración el presente trabajo titulado **“ELIMINACIÓN DEL CROMO VI DEL AGUA CONTAMINADA UTILIZANDO *Canna Indica* Y *Typha Domingensis*, SAN DIEGO, 2013-14”**, el mismo que no sólo representa la realización de un trabajo en virtud a los datos obtenidos durante mi trabajo, sino de la coordinación y del esfuerzo realizado como estudiante en los claustros universitarios.

La investigación realizada pretende identificar nuevas especies, las cuales puedan servir como herramientas para poder remediar aguas contaminados por Cromo Hexavalente (VI). Para ello se elaboró un sistema de Fitorremediación utilizando las especies *Canna indica* y *Typha domingensis* y poder determinar si presentan la capacidad de remover este contaminante del agua.

El desarrollo del presente trabajo de investigación fue llevado a cabo en la urbanización San Diego – SMP durante el periodo de un año desde la etapa de busca de antecedentes hasta la etapa de análisis de resultados.

Finalmente se plantea este trabajado como la búsqueda de nuevas alternativas en relación al tratamiento de aguas residuales, específicamente contaminadas con Cromo Hexavalente (VI) y así contribuir a los nuevos paradigmas de los últimos tiempos el cual son la conservación del medio ambiente y su uso sustentable.

# ÍNDICE GENERAL

<b>CARÁTULA</b>	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Declaratoria de Autenticidad	iv
Presentación	v
Índice General	vi
Lista de Anexos	viii
Lista de Fotos	viii
Lista de Gráficas	viii
Lista de Tablas	ix
<b>RESUMEN</b>	xi
<b>ABSTRACT</b>	xii
<b>I. INTRODUCCIÓN</b>	1
Antecedentes	1
Fundamentación Científica	7
Justificación	10
1.1 Problema	10
1.1.1 Problema General	10
1.1.2 Problemas Específicos	10
1.2 Hipótesis	10
1.2.1 Hipótesis General	10
1.2.2 Hipótesis Específicas	10
1.3 Objetivos	11
1.3.1 Objetivo General	11
1.3.2 Objetivos Específicos	11
<b>II. MARCO METODOLÓGICO</b>	12
2.1. Variables	12
2.1.1 Independiente	12
2.1.2 Dependiente	12
2.2. Operacionalización de variables	12
2.3. Metodología	13
2.3.1 Procedimiento de la investigación	14
2.4. Tipos de estudio	30
2.5. Diseño	30
2.6. Población, muestra y muestreo	31
2.6.1 Población	31
2.6.2 Muestra	31
2.6.3 Muestreo	31
2.7. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	31
2.7.1 Validación y confiabilidad del Instrumento	31
2.7.2 Procedimientos de recolección de datos	32
2.8. Métodos de análisis de datos	32
<b>III. RESULTADOS</b>	33
3.1. Diseño Experimental	33
3.1.1 Modelo Estadístico Asociado al Diseño	33
3.2. Resultado de los Análisis realizados en el laboratorio acreditado CERPER S.A.	34
3.3. Análisis T-Student y Prueba de Hipótesis para los Estanques con la especie <i>Canna indica</i> .	35

3.3.1 Determinación de las Hipótesis Estadísticas	36
3.3.2 Definición del nivel de significancia	36
3.3.3 Elección de Prueba Estadística	36
3.3.4 Cálculo del P-Valor	36
3.3.5 Cálculo del T-student para Muestras Relacionadas	37
3.4. Análisis T-Student y Prueba de Hipótesis para los Estanques con la especie <i>Typhadomingensis</i> .	38
3.4.1 Determinación de las Hipótesis Estadísticas	39
3.4.2 Definición del nivel de significancia	39
3.4.3 Elección de Prueba Estadística	39
3.4.4 Cálculo del P-Valor	39
3.4.5 Cálculo del T-student para Muestras Relacionadas	40
3.5. Porcentaje de Remoción de los Estanques	41
3.6. Análisis de los Resultados de los Parámetros Temperatura y Potencial Hidrógeno	43
<b>IV. DISCUSIÓN</b>	52
<b>V. CONCLUSIONES</b>	53
<b>VI. RECOMENDACIONES</b>	54
<b>VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	55
<b>ANEXOS</b>	57

## LISTA DE ANEXOS

<b>Anexo 01:</b> Matriz de Consistencia	57
<b>Anexo 02:</b> Lugar donde se desarrolló la Investigación	59
<b>Anexo 03:</b> Valores Máximos Admisibles (VMA) De Las Descargas De Aguas Residuales No Domésticas En El Sistema De Alcantarillado Sanitario D.S. N° 021-2009-Vivienda	61
<b>Anexo 04:</b> Tabla de registro de los parámetros Temperatura del agua, pH y Fecha	63
<b>Anexo 05:</b> Tabla de registro de Concentración de Cr VI en el Agua	65
<b>Anexo 06:</b> Análisis Taxonómico de la Especie <i>Canna Indica L.</i> realizada por los especialistas del Museo de Historia Natural	67
<b>Anexo 07:</b> Análisis Taxonómico de la Especie <i>Typha domingensis</i> realizada por los especialistas del Museo de Historia Natural	69
<b>Anexo 08:</b> Informe de Ensayo de Laboratorio de las muestras analizadas antes del Tratamiento	71
<b>Anexo 09:</b> Informe de Ensayo de Laboratorio de las muestras analizadas después del Tratamiento	73
<b>Anexo 10:</b> Informe de SENAMHI de la Estación Meteorológica Agua Azul ubicada en el Distrito de Carabaylo durante el mes de Mayo del 2014 (mes del tratamiento).	75

## LISTA DE FOTOS

<b>Fotos N°1:</b> Adecuación de la <i>Canna indica</i> al medio acuoso	18
<b>Fotos N°2:</b> Trasplante de la <i>Canna indica</i> al estanque	20
<b>Fotos N°3:</b> Trasplante de la <i>Typha domingensis</i> al estanque	21
<b>Fotos N°4:</b> Inoculación del Cromo Hexavalente en los estanques	23
<b>Fotos N°5:</b> Muestreo del agua Antes del tratamiento	26
<b>Fotos N°6:</b> Muestreo del agua Durante el tratamiento	27
<b>Fotos N°7:</b> Muestreo del agua Después del tratamiento	29

## LISTA DE GRÁFICAS

<b>Gráfico 01:</b> Comparación de concentración de Cromo Hexavalente entre el Pre – Tratamiento, Post – Tratamiento y el VMA de referencia	35
<b>Gráfica 02:</b> Comparación del Porcentaje de remoción de los Estanques	42

<b>Gráfica 03:</b> Evolución del pH a través del Tiempo del estanque <i>Canna indica</i> C1	<b>44</b>
<b>Gráfica 04:</b> Evolución del pH a través del Tiempo del estanque <i>Canna indica</i> C2	<b>45</b>
<b>Gráfica 05:</b> Evolución del pH a través del Tiempo del estanque <i>Typha domingensis</i> T1	<b>46</b>
<b>Gráfica 06:</b> Evolución del pH a través del Tiempo del estanque <i>Typha domingensis</i> T2	<b>47</b>
<b>Gráfica 07:</b> Evolución de la Temperatura del agua a través del Tiempo del estanque <i>Canna indica</i> C1	<b>48</b>
<b>Gráfica 08:</b> Evolución de la Temperatura del agua a través del Tiempo del estanque <i>Canna indica</i> C2	<b>49</b>
<b>Gráfica 09:</b> Evolución de la Temperatura del agua a través del Tiempo del estanque <i>Typha domingensis</i> T1	<b>50</b>
<b>Gráfica 10:</b> Evolución de la Temperatura del agua a través del Tiempo del estanque <i>Typha domingensis</i> T2	<b>51</b>

#### LISTA DE TABLAS

<b>Tabla 01:</b> Tipos de Fitorremediación, indicando la zona de la planta en donde ocurre este proceso	<b>9</b>
<b>Tabla 02:</b> Operacionalización de variables	<b>12</b>
<b>Tabla 03:</b> Diagrama de Flujo del Proceso de Investigación	<b>14</b>
<b>Tabla 04:</b> Taxonomía de la <i>Canna Indica</i>	<b>15</b>
<b>Tabla 05:</b> Taxonomía de la <i>Typha domingensis</i>	<b>16</b>
<b>Tabla 06:</b> Tabla de registro de concentración de Cr VI en el Agua Antes y Después del Tratamiento	<b>34</b>
<b>Tabla 07:</b> Prueba de Normalidad Para los datos de los Estanques con <i>Canna Indica</i>	<b>36</b>
<b>Tabla 08:</b> Comparación de Normalidad con la Significancia utilizada para los Estanques con <i>Canna Indica</i>	<b>37</b>
<b>Tabla 09:</b> Prueba T-Student para Muestras Relacionadas para los estanques con <i>Canna indica</i>	<b>37</b>
<b>Tabla 10:</b> Prueba de Normalidad Para los datos de los Estanques con <i>Typha domingensis</i>	<b>39</b>
<b>Tabla 11:</b> Comparación de Normalidad con la Significancia utilizada para los Estanques con <i>Typha domingensis</i>	<b>40</b>

<b>Tabla 12:</b> Prueba T-Student para Muestras Relacionadas para los estanques con <i>T. domingensis</i>	40
<b>Tabla 13:</b> Porcentaje de remoción de los Estanques	41
<b>Tabla 14:</b> Comparación de Medias de los porcentajes de Remoción	42
<b>Tabla 15:</b> Registro de los Parámetros de, pH, Temperatura del agua y Fecha del Tratamiento	43

## RESUMEN

Esta investigación busca identificar nuevos mecanismos que pueden servir como herramientas para ayudar a prevenir y / o mitigar los problemas ambientales que se pueden encontrar hoy en día. Por lo tanto, que a través de la implementación de un sistema de fitorremediación se pretende determinar si ambos, la especie *Canna Indica* y *Typha domingensis* poseen las propiedades para eliminar el cromo hexavalente (VI) en el agua, que por sus características este contaminante se utiliza ampliamente en la industria y es muy perjudicial, ya que se absorbe fácilmente por los organismos biológicos presentes en el medio ambiente.

Se utilizaron 4 plantas por cada especie, distribuido en 4 contenedores que fueron sometidos a una solución de Dicromato de Potasio (cromo VI). Para determinar su nivel de absorción se analizó cuando se contaminó el agua y después de un cierto período de tiempo,

Los resultados muestran que las dos especies tienen la capacidad de tratamiento de aguas residuales contaminadas con cromo hexavalente (VI).

La especie *Canna Indica* (Achira) elimina 76.25% de cromo hexavalente (VI) en el agua.

La especie *Typha domingensis* (Totora) elimina 84.11% de cromo hexavalente (VI) en el agua.

Además se concluyó que la *Canna indica* tenía una adaptación favorable a un medio acuoso ya que esta especie es terrestre.

Por lo tanto, después de analizar los resultados y las pruebas estadísticas, se puede concluir que la *Typha domingensis* tiene una mayor capacidad para la eliminación de cromo hexavalente (VI) en el agua.

## ABSTRACT

This research seeks to identify new mechanisms that can serve as tools to help preventing and / or mitigating environmental problems that can be found nowadays. So, that through the implementation of a system Phytoremediation it is intended to determine whether both, the *Canna Indica* species and *Typha domingensis* possess the properties to remove Hexavalent Chromium (VI) in water, that by Attributes this pollutant is widely used in industrial and is highly detrimental because it being easily absorbed by the biological bodies present in the environment.

Were used 4 plants by each species, distributed in 4 container which were subjected to a solution of Potassium Dichromate (chromium VI). To determine your level of absorption it was analysed when the water was polluted and after a certain period of time,

The results show that the two species have the capacity to treat sewage water contaminated with Hexavalent Chromium (VI).

The *Canna Indica* specie (Achira) removes 76.25% of hexavalent chromium (VI) in water.

The *Typha domingensis* specie (Totorá) removes 84.11% of hexavalent chromium (VI) in water.

In addition it was concluded that the *Canna indica* had a favorable adaptation to an aqueous medium because this species is terrestrial.

Therefore, after analyzing the results and statistical tests, we can conclude that the *Typha domingensis* has a greater capacity for removal of Hexavalent Chromium (VI) in the water.