



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL**

**“pH óptimo para la remoción de plomo con la cáscara de limón (*Citrus aurantifolia*) en aguas contaminadas a nivel de laboratorio, 2016”**

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

**AUTOR:**

Carlos Enrique Salazar Olazabal

**ASESOR:**

Dr. Jose Eloy Cuellar Bautista

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Tratamiento y Gestión de los Residuos

**LIMA – PERÚ**

**2016**

**PAGINA DEL JURADO**

---

**Dr. José Cuellar Bautista**  
**PRESIDENTE**

---

**Mg. Elmer Benites Alfaro**  
**SECRETARIO**

---

**Mg. Wilber Quijano Pacheco**  
**VOCAL**

## DEDICATORIA

Este trabajo va dedicado a mis padres que gracias a su constante esfuerzo y apoyo me impulsaron a alcanzar mis metas.

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar agradecer a Dios por darme salud, permitirme llegar hasta aquí y realizar muchos más objetivos en el futuro.

Agradecer a mi familia, mis padres, gracias por su comprensión y cariño, por su apoyo incondicional, por darme los ánimos suficientes para no rendirme y seguir adelante luchando hasta el final, gracias por estar siempre conmigo, sin ustedes no habría podido conseguirlo.

A la Universidad César Vallejo por brindarme los conocimientos y enseñanzas para desarrollarme académicamente como un buen profesional.

Agradecer de la misma forma los profesores de la escuela Ingeniera Ambiental que me enseñaron durante estos años de carrera, gracias por compartir su experiencia académica, por la paciencia y por la amistad brindada.

A mi asesor el Dr. José Cuellar Bautista, por dirigirme hacia el cumplimiento de mis objetivos en el desarrollo del presente trabajo de investigación, al Mg. Elmer Benites Alfaro por ayudar mediante sus sugerencias, al Ing. Omar Vásquez por la ayuda y apoyo brindado en el estudio.

**Muchas Gracias**

## **DECLARACION DE AUTENTICIDAD**

Yo Carlos Enrique Salazar Olazabal con DNI N° 72671137, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de ingeniería, Escuela de Ingeniería Ambiental, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica.

Así mismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Lima, julio del 2016

---

**Carlos Enrique Salazar Olazabal**

## PRESENTACIÓN

Señores miembros del Jurado:

En cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo Presento ante ustedes la Tesis titulada: **pH óptimo para la remoción de plomo con la cáscara de limón (*Citrus aurantifolia*) en aguas contaminadas a nivel de laboratorio, 2016**; la misma que someto a vuestra consideración y espero que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el Título Profesional de Ingeniero Ambiental.

Esperando cumplir con los requisitos de aprobación.

El Autor

# ÍNDICE

Pagina del jurado .....	i
Dedicatoria .....	iii
Agradecimiento .....	iv
Declaracion de Autenticidad.....	v
PRESENTACIÓN.....	6
ÍNDICE .....	7
RESUMEN .....	12
ABSTRACT .....	13
<b>I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>14</b>
1.1. Realidad Problemática .....	15
1.2. Trabajos Previos .....	16
1.3. Teorías relacionadas al tema.....	20
1.4. Formulación del problema.....	24
1.5. Justificación del estudio .....	24
1.6. Hipótesis .....	24
1.7. Objetivos .....	25
<b>II. MÉTODO.....</b>	<b>26</b>
2.1 Diseño de investigación .....	26
2.1.1. Tipo de Estudio .....	26
2.1.2. Metodología de la investigación.....	27
2.1.3. Procedimiento Experimental .....	28
2.1.4. Preparación de las soluciones de Pb.....	29
2.2. Variables .....	29
<b>2.2.1. Variable Independiente.....</b>	<b>29</b>
2.2.2. Variable Dependiente .....	29
2.2.3. Operacionalización de Variables.....	30
2.3. Población y muestra.....	30
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad..	31

2.5. Métodos de análisis de datos.....	32
2.6. Aspectos éticos.....	32
III. RESULTADOS.....	33
3.1. Calculo de la Capacidad de Adsorción.....	33
3.2. Efecto del pH en la Bioadsorción de Pb (II).....	34
3.3. Evaluación de la Capacidad de Bioadsorción.....	36
3.4. Prueba de normalidad.....	37
3.5. Contraste de Hipótesis.....	38
IV. DISCUSIÓN.....	39
V. CONCLUSIONES.....	40
VI. RECOMENDACIONES.....	41
VII. REFERENCIAS.....	42
ANEXOS.....	47
Anexo N°1: Matriz de Consistencia.....	48
Anexo N° 2: Ficha de recolección de datos.....	49
Anexo N° 3: validación del instrumento por expertos.....	50
Anexo N° 4: Resultados del análisis de la concentración de Pb en las soluciones después del tratamiento.....	60
Anexo N° 4: Procedimiento Experimental.....	65



## Índice de Cuadros

Cuadro N° 1: Operacionalización de Variables .....	30
Cuadro N° 2: Alfa de Cronbach.....	32
Cuadro N° 3: Capacidad de biosorción de Pb (II) por la cáscara de limón “citrus aurantifolia” .....	33
Cuadro N° 4: Evaluación del pH en la capacidad de biosorción de Pb (II) por la cáscara de limón “citrus aurantifolia” .....	34
Cuadro N° 5: Peso final del biosorbente después del tratamiento de.....	37
remoción de Pb (II).....	37
Cuadro N° 6: Prueba de Shapiro - Wilk.....	37
Cuadro N° 7: Prueba T de Student .....	38

## Índice de Gráficos

Gráfico N° 1: Efecto del pH en la bioadsorción de Pb (II) por la cáscara de limón “citrus aurantifolia” .....	34
Gráfico N° 2: Relación del pH final y la concentración final de Pb (II) en los tratamientos.....	35
Gráfico N° 3: Isotherma de adsorción de Pb (II) por la cáscara de limón “citrus aurantifolia” .....	36

## Índice de Ecuaciones

Ecuación N° 1: Alfa de Cronbach .....	32
Ecuación N° 2: Capacidad de Adsorción .....	33

## RESUMEN

En el presente trabajo se investigó la capacidad de remoción de plomo (Pb) con la cáscara de limón (*Citrus aurantifolia*) en aguas contaminadas. El tratamiento de la biomasa, la cascara de limón, se realizó por medio de un lavado en agua a una temperatura de 60°C y otro con agua destilada para ser secado en una estufa. El material seco es triturado a tamaño de partícula de 180  $\mu\text{m}$  para la desmetoxilación con una solución NaOH a 0.2M, pH 10 y una temperatura de 4°C manteniéndose en agitación constante por 2 horas. El material es secado y sometido al proceso de reticulación usando una solución de  $\text{CaCl}_2$  a 0,2m y pH 2, en agitación constante durante 10 horas, para ser filtrado y secado en una estufa a 40°C por 6 horas.

Las pruebas para determinar el efecto del pH en el proceso de remoción del plomo por la cascara de limón se realizaron en 5 niveles de pH siendo de 1,99; 2,4; 3,02; 3,5 y 4,02; en una solución de 100 mL todos a una concentración de 500 mg/L de Pb agregándosele 1g de cascara de limón a cada uno para someterse a agitación constante por 8 horas. Observándose una elevación del pH de 2,93; 3,5; 4,6; 4,84 y 4,93; reduciendo la concentración de Pb en la solución hasta 0,2599 mg/L. Concluyendo que el rango de pH óptimo para la remoción de Pb utilizando la cáscara de limón es de 3.01 a 4.03 siendo la capacidad de adsorción máxima obtenida de 49,9740 mg de Pb/g de biosorbente a pH 3.5.

Palabras clave: remoción de plomo, cascara de limón, pH, desmetoxilación y reticulación

## ABSTRACT

In the present work it was investigated the capacity to remove lemon peel (*Citrus aurantifolia*) in contaminated waters by lead (Pb). The treatment of biomass, lemon peel, performed by a washing in water at a temperature of 60°C and another with distilled water to be dried in an oven. The dried material is crushed to particle size of 180  $\mu\text{m}$  for demethoxylation with a 0.2M NaOH solution to pH 10 and 4 ° C maintained in constant stirring for 2 hours. The material is dried and subjected to the crosslinking process using a solution of 0.2M CaCl<sub>2</sub> and pH 2, in constant stirring for 10 hours, to be filtered and dried in an oven at 40C for 6 hours.

Tests to determine the effect of pH on the removal process lead by lemon peel were performed in 5 pH levels being 1.99, 2.4, 3.02, 3.5 and 4.02; 100 mL all at a concentration of 500 mg/L Pb adding lemon peel 1 g each to undergo constant stirring for 8 hours. Observed a rise in pH of 2.93, 3.5, 4.6, 4.84 and 4.93; reducing the concentration of Pb in the solution up to 0.2599 mg/L. Concluding that the optimum pH range for the removal of Pb using lemon peel is 3.01 to 4.03 being the maximum adsorption capacity obtained 49.9740 mg Pb / g biosorbent at pH 3.5.

Keywords: removal lead, lemon peel, pH, demethoxylation and crosslinking