



Universidad César Vallejo

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**Revisión sistemática: Tratamiento de Aguas Contaminadas por  
Metales Pesados utilizando la *Chlorella vulgaris***

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL

**AUTORES:**

García Mejía, Cinthya Yajayra (ORCID:0000-0001-6837-0655)

Santos Vertiz, Dennis Pedro (ORCID: 0000-0002-7518-804X)

**ASESOR:**

Mg. Ugarte Alván, Carlos Alfredo (ORCID: 0000-0001-6017-1192)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Calidad y gestión de los recursos naturales

LIMA - PERÚ

2022

## DEDICATORIA

Esta tesis está dedicada en primer lugar a mi familia por brindarme todo su apoyo y su comprensión con el tiempo dedicado a mis estudios. A mi profesora de tesis Catherine Coronado, por ayudarme a elegir este innovador tema desde las épocas de estudiante, la tengo siempre presente. Finalmente, se la dedico a una persona especial que siempre está presente.

Atte. Dennis Santos Vertiz

A mi amada Trinidad, por su revelación y amor conmigo.

A mis padres Juan y Elena, por su trabajo y comprensión.

A mis abuelos Filo y Dorita, por enseñarme a compartir sin esperar nada a cambio.

A mis hermanos José y Vanessa, por ser amigos y alentadores de mi vida.

Atte. Cinthya Garcia Mejia

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecemos a Dios por brindarnos paciencia y sabiduría para poder lograr nuestros objetivos.

Agradecemos a nuestras familias por su apoyo brindando y darnos una educación de calidad.

A nuestro profesor y asesor de tesis el Mg. Ugarte Alván, Carlos Alfredo por darnos las herramientas y los conocimientos para desarrollar nuestra tesis.

Agradecemos a nuestro trabajo en equipo que viene existiendo desde las épocas estudiantiles y viene reforzando su amistad con el transcurso del tiempo.

## Índice de contenidos

Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas	v
Índice de figuras	vi
RESUMEN	vii
ABSTRACT	viii
I. INTRODUCCIÓN	9
II. MARCO TEÓRICO	12
III. METODOLOGÍA	27
3.1. Tipo y diseño de investigación	27
3.2. Categorías, subcategorías y matriz de categorización apriorística	27
3.3. Escenario de estudio	28
3.4. Participantes	28
3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	28
3.6. Procedimientos	30
3.7. Rigor científico	31
3.8. Método de análisis de información	31
3.9. Aspectos éticos	32
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	33
V. CONCLUSIONES	48
VI. RECOMENDACIONES	49
REFERENCIAS	50
ANEXOS	

## Índice de tablas

<b>Tabla 1.</b> Cuadro de antecedentes	12
<b>Tabla 2.</b> Taxonomía de la <i>Chlorella vulgaris</i>	25
<b>Tabla 3.</b> Criterios de selección	28
<b>Tabla 4.</b> Registro de datos	29
<b>Tabla 5.</b> Remoción de metales pesados por <i>Chlorella vulgaris</i>	34
<b>Tabla 6.</b> Cuadro de concentración inicial y final de metales pesados	39
<b>Tabla 7.</b> Crecimiento de la biomasa <i>C.vulgaris</i>	41
<b>Tabla 8.</b> Eficiencia de remoción de elementos químicos	42
<b>Tabla 9.</b> Metales con mayor porcentaje de remoción	45

## Índice de figuras

<b>Figura 1.</b> Procedimiento de investigación	30
<b>Figura 2.</b> Artículos seleccionados por año	33
<b>Figura 3.</b> Porcentaje de remoción de metales pesados	36
<b>Figura 4.</b> Concentraciones de Cu	45
<b>Figura 5.</b> Concentraciones de Pb	45
<b>Figura 6.</b> Metal con mayor porcentaje de remoción	46

## RESUMEN

La contaminación de aguas por metales pesados es una problemática ocasionada por la alta actividad industrial, causando pérdidas en el ecosistema y afectando la salud de las personas, siendo el uso de la *Chlorella vulgaris* para la remoción de metales pesados una alternativa eficiente y barata. El objetivo de esta investigación fue estimar la capacidad de remoción de metales pesados por *Chlorella vulgaris*, se estimó la concentración inicial de los diferentes metales pesados en la investigación. Posteriormente, después se estimó la concentración final de estos en los diferentes tipos de aguas tratadas. Por lo cual esta tesis tuvo una investigación de análisis de información de tipo básica - cualitativa. Realizando una selección de artículos científicos buscados en la base de datos Science Direct y Scopus, teniendo 20 artículos científicos para el desarrollo de la investigación. Los resultados demostraron que la microalga tuvo una remoción mayor en los elementos químicos como Cr, Se, Pb y Cu, siendo el cromo con mayor remoción y mención en los artículos. En conclusión, se demostró que la *Chlorella vulgaris* es efectiva para la remoción de metales pesados por medio de absorción y bioadsorción del tratamiento de aguas contaminadas.

**Palabras clave:** tratamiento de aguas, *Chlorella vulgaris*, metales pesados, capacidad de remoción.

## ABSTRACT

Water contamination by heavy metals is a problem caused by high industrial activity, causing losses in the ecosystem and affecting people's health, being the use of *Chlorella vulgaris* for the removal of heavy metals an efficient alternative and economic. The objective of this research was to estimate the removal capacity of heavy metals by *Chlorella vulgaris*, the initial concentration of the different heavy metals in the research was estimated. Subsequently, the final concentration of these in the different types of treated water was estimated. Therefore, this thesis had a basic - qualitative information analysis research. Making a selection of scientific articles searched in the Science Direct and Scopus databases, having 20 scientific articles for the development of the research. The results showed that the microalgae had a higher removal of chemical elements such as Cr, Se, Pb and Cu, with chromium being the one with the highest removal and mention in the articles. In conclusion, *Chlorella vulgaris* was shown to be effective for the removal of heavy metals by absorption and bio adsorption from the treatment of contaminated water.

**Keywords:** water treatment, *Chlorella vulgaris*, heavy metals, removal capacity.