

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental

Tesis

**Análisis de la eficiencia de biorremediación del hongo  
*Aspergillus niger* sobre suelos contaminados con  
metales pesados en el distrito de Orcotuna,  
Concepción - 2022**

Jennyfer Ivon Silva Huaraca  
Paola Florens Cardenas Duran

Para optar el Título Profesional de  
Ingeniero Ambiental

Huancayo, 2022

# ÍNDICE

<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	ii
<b>DEDICATORIA</b> .....	iii
<b>RESUMEN</b> .....	viii
<b>ABSTRACT</b> .....	ix
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	x
<b>CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO</b> .....	12
1.1. Planteamiento y formulación del problema .....	12
1.1.1. Problema general .....	13
1.1.2. Problemas específicos.....	13
1.2. Objetivos .....	13
1.2.1. Objetivo general .....	13
1.2.2. Objetivos específicos .....	13
1.3. Justificación e importancia .....	14
1.4. Hipótesis general.....	15
1.5. Hipótesis específicas .....	16
1.6. Operacionalización de variables .....	17
<b>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO</b> .....	18
2.1. Antecedentes de la investigación .....	18
2.1.1. Antecedentes internacionales .....	18
2.1.2. Antecedentes nacionales.....	20
2.1.3. Antecedentes regionales y locales .....	23
2.2. Bases teóricas.....	25
2.3. Definición de términos básicos .....	32
<b>CAPÍTULO III: METODOLOGÍA</b> .....	34
3.1. Método y alcance de la investigación .....	34
3.1.1. Método general .....	34

3.1.2.	Método específico.....	34
3.1.3.	Tipo de investigación .....	34
3.1.4.	Nivel de investigación .....	34
3.2.	Diseño de la investigación .....	34
3.3.	Población y muestra.....	36
3.4.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	38
3.4.1.	Técnicas e instrumentos.....	38
3.4.2.	Materiales .....	38
3.4.3.	Procedimientos .....	39
<b>CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>		<b>43</b>
4.1.	Presentación de resultados .....	43
4.1.1.	Concentración inicial de Cu y Zn .....	43
4.1.2.	Efecto del tipo de Agar en la remoción de Cu y Zn .....	43
4.1.3.	Efecto del tiempo de contacto en la remoción de Cu y Zn.....	48
4.1.4.	Eficiencia del hongo <i>Aspergillus Niger</i> en la remoción de Cu y Zn .....	52
4.2.	Prueba de hipótesis .....	59
4.2.1.	Contrastación de la hipótesis general .....	59
4.2.2.	Contrastación de las hipótesis específicas .....	73
4.3.	Discusión de resultados .....	77
<b>CONCLUSIONES .....</b>		<b>81</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>		<b>82</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>		<b>83</b>
<b>ANEXOS .....</b>		<b>83</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> <i>Operacionalización de variables</i> .....	17
<b>Tabla 2.</b> <i>DCA con arreglo factorial 2x2</i> .....	35
<b>Tabla 3.</b> <i>Concentración inicial de Cu y Zn vs ECA</i> .....	43
<b>Tabla 4.</b> <i>Concentración final de Cu y Zn con agar APD</i> .....	44
<b>Tabla 5.</b> <i>Porcentaje de remoción de Cu y Zn en agar APD</i> .....	45
<b>Tabla 6.</b> <i>Concentración final de Cu y Zn con agar AA</i> .....	46
<b>Tabla 7.</b> <i>Porcentaje de remoción de Cu y Zn en agar AA</i> .....	47
<b>Tabla 8.</b> <i>Concentración final de Cu y Zn en 46+8 horas</i> .....	49
<b>Tabla 9.</b> <i>Porcentaje de remoción de Cu y Zn en 48 horas</i> .....	49
<b>Tabla 10.</b> <i>Concentración final de Cu y Zn en 72 horas</i> .....	50
<b>Tabla 11.</b> <i>Porcentaje de remoción de Cu y Zn en 72 horas</i> .....	51
<b>Tabla 12.</b> <i>Remoción de Cu y Zn por el hongo Aspergillus niger</i> .....	53
<b>Tabla 13.</b> <i>Análisis de varianza de Cu</i> .....	62
<b>Tabla 14.</b> <i>Cuadro de datos para el análisis de varianza</i> .....	62
<b>Tabla 15.</b> <i>Grados de libertad para análisis de varianza del Cu</i> .....	63
<b>Tabla 16.</b> <i>Datos al cuadrado para Cu</i> .....	64
<b>Tabla 17.</b> <i>Comprobación de análisis de varianza</i> .....	67
<b>Tabla 18.</b> <i>Análisis de varianza del Zn</i> .....	68
<b>Tabla 19.</b> <i>Cuadro de datos para el análisis de varianza</i> .....	68
<b>Tabla 20.</b> <i>Grados de libertad para análisis de varianza del Cu</i> .....	69
<b>Tabla 21.</b> <i>Datos al cuadrado para Cu</i> .....	69
<b>Tabla 22.</b> <i>Comprobación de análisis de varianza</i> .....	72
<b>Tabla 23.</b> <i>Prueba Duncan para la concentración inicial de Cu</i> .....	74
<b>Tabla 24.</b> <i>Prueba Duncan para la concentración inicial de Zn</i> .....	74
<b>Tabla 25.</b> <i>Prueba de Duncan con respecto al tipo de agar para Cu</i> .....	75
<b>Tabla 26.</b> <i>Prueba de Duncan con respecto al tipo de agar para Zn</i> .....	75
<b>Tabla 27.</b> <i>Prueba de Duncan con respecto al tiempo para Cu</i> .....	76
<b>Tabla 28.</b> <i>Prueba de Duncan con respecto al tiempo para Zn</i> .....	77

## ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1.</i> Mapa de muestreo .....	37
<i>Figura 2.</i> Remoción de Cu y Zn en agar APD.....	46
<i>Figura 3.</i> Remoción de Cu y Zn en agar de avena (AA) .....	48
<i>Figura 4.</i> Remoción de Cu y Zn en 48 horas .....	50
<i>Figura 5.</i> Remoción de Cu y Zn en 72 horas .....	52
<i>Figura 6.</i> Interacción del tipo de agar y tiempo de contacto en la remoción de Cu .....	54
<i>Figura 7.</i> Gráfica de contorno de la remoción de Cu .....	54
<i>Figura 8.</i> Gráfica de contorno de la remoción de Cu .....	55
<i>Figura 9.</i> Gráfica de media de la remoción de Cu .....	56
<i>Figura 10.</i> Interacción del tipo de agar y tiempo de contacto en la remoción de Zn ...	57
<i>Figura 11.</i> Gráfica de contorno de la remoción de Zn.....	57
<i>Figura 12.</i> Gráfica de contorno de la remoción de Zn.....	58
<i>Figura 13.</i> Gráfica de media de la remoción de Zn .....	59
<i>Figura 14.</i> Prueba de normalidad para Cu .....	60
<i>Figura 15.</i> Prueba de normalidad para Zn .....	61
<i>Figura 16.</i> Probabilidad normal para Cu .....	67
<i>Figura 17.</i> Probabilidad normal para Zn.....	73

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo analizar la eficiencia de biorremediación del hongo *Aspergillus niger* sobre los suelos contaminados con metales pesados en el distrito de Orcotuna, Concepción - 2022. La metodología fue experimental con un tipo de investigación aplicada, diseño experimental y DCA con un arreglo factorial 2<sup>2</sup>. para el desarrollo del análisis de impacto del hongo *Aspergillus niger*, se trabajó con las variaciones de tipos de agar y tiempo de contacto en 3 réplicas, para lo cual se cultivó el hongo *Aspergillus niger* para posteriormente ser sembrado en las muestras de suelo contaminado de Cu y Zn obtenidas del distrito de Orcotuna. Seguidamente se llevaron a la incubadora a 30°C por un tiempo de 48 h y 72 h en cada tipo de agar. Los resultados muestran una concentración inicial de cobre y zinc provenientes de los suelos del distrito de Orcotuna, donde se tuvo 119,16 mg/Kg de Cu y 266,7 mg/Kg de Zn, para la remoción de dichos metales pesados, el efecto del tipo de agar APD (Agar de papa dextrosa), obteniendo que en 48 horas se logró un % de remoción de 51,73 % de Cu y 70,42 % de Zn, además que en 72 horas se logró un % de remoción de 59,38 % de Cu y un 77,20 % de Zn. Así mismo se determinó el efecto del AA (Agar avena) obteniendo que en tiempo de 48 horas se logró un % de remoción de 40,55 % de Cu y 55,57 % de Zn, y en un tiempo de 72 horas se logró un % de remoción de 48,54 % de Cu y 64,79 %. El estudio concluye que el uso del hongo *Aspergillus niger* es favorable para la remoción de Cu y Zn en suelos contaminados por metales pesados.

**Palabras clave:** *Agar, suelo, Aspergillus niger, metales pesados*

## ABSTRACT

The objective of this research work was to analyze the bioremediation efficiency of the fungus *Aspergillus niger* on soils contaminated with heavy metals in the district of Orcotuna, Concepción - 2022. The methodology was experimental with a type of applied research, experimental design, and DCA with arrangement factorial design of 22. For the development of the analysis of the impact of the fungus *Aspergillus niger*, we worked with the variations of types of Agars and contact time in 3 replicates, for which the fungus *Aspergillus niger* was cultivated to later be planted in the samples of soil contaminated with Cu and Zn obtained from the Orcotuna district. They were then taken to the incubator at 30°C for 48 h and 72 h in each type of agar. The results show an initial concentration of copper and zinc from the soils of the Orcotuna district, where there were 119,16 mg/L of Cu and 266,7 mg/L of Zn, for the removal of said heavy metals, the effect of APD (Potato agar dextrose), obtaining that in 48 h an average removal % of 51,73 % of Cu and 70,42 % of Zn was achieved, in addition in 72 h an average removal % of 59,38 % of Cu and 77,20 % of Zn was achieved. Likewise, the effect of AA (Oatmeal Agar) was determined, obtaining that in 48 h an average removal % of 40,55 % of Cu and 55,57 % of Zn was achieved, in addition in 72 h a % removal of 48,54 % of Zn was achieved. Cu and 64,79% Zn. The study concludes that the use of the fungus *Aspergillus niger* is favorable for the removal of Cu and Zn in soils contaminated by heavy metals.

**Keywords:** *Agar, soil, Aspergillus niger, heavy metals*