



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

Uso de hongo filamentoso para biorremediación de aguas ácidas  
contaminadas con Cadmio en zonas aledañas a pasivos mineros,  
Shorey 2023

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

Ingeniera Ambiental

**AUTORAS:**

Briceño Minchan, Carla Vanessa ([orcid.org/0000-0001-7894-5387](https://orcid.org/0000-0001-7894-5387))

Camposano De la Cruz, Helen Selene ([orcid.org/0000-0003-2922-4326](https://orcid.org/0000-0003-2922-4326))

**ASESOR:**

MSc. Huertas Chombo, Germán Luis ([orcid.org/0000-0002-6211-4578](https://orcid.org/0000-0002-6211-4578))

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

TRUJILLO — PERÚ

2023

## **DEDICATORIA**

A mis padres por haberme dado la fuerza para terminar con mi investigación, a mis hermanos y amigos que estuvieron siempre motivándome a seguir adelante para poder terminar con mi carrera satisfactoriamente.

Briceño Minchan, Carla Vanessa

A mis padres por su incondicional apoyo en mis estudios por darme la fuerza y la motivación para seguir y acabar con mi proyecto, a mis hermanas por su gran motivación que me ayudaba a seguir adelante.

Camposano De la Cruz, Helen Selene

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por habernos proporcionado la fuerza y la salud para poder desarrollar hasta el final nuestra tesis, a nuestro asesor el MSc. German Luis Huertas Chombo, por su constante apoyo, formación, tolerancia, entrega de conocimiento para cada etapa de nuestra tesis.

A nuestro constante apoyo en el desarrollo de nuestro proyecto, gracias por su conocimiento impartido, por aclarar nuestras dudas y por ayudarnos a realizar y a hacer realidad nuestra investigación, un especial agradecimiento al Mglo. Luis Cabanillas Chirinos.



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

**Declaratoria de Autenticidad del Asesor**

Yo, HUERTA CHOMBO GERMAN LUIS, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - TRUJILLO, asesor de Tesis titulada: "USO DE HONGO FILAMENTOSO PARA BIORREMEDIACIÓN DE AGUAS ÁCIDAS CONTAMINADAS CON CADMIO EN ZONAS ALEDAÑAS A PASIVOS MINEROS, SHOREY 2023", cuyos autores son BRICEÑO MINCHAN CARLA VANESSA, CAMPOSANO DE LA CRUZ HELEN SELENE, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 10.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa

Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

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 vigentes de la Universidad César Vallejo.

TRUJILLO, 04 de Julio del  
2023

<b>Apellidos y Nombres del Asesor:</b>	<b>Firma</b>
HUERTA CHOMBO GERMAN LUIS  <b>DNI:</b> 04206862  <b>ORCID:</b> 0000-0002-6211-4578	Firmado electrónicamente por: GEHUERTA el 18-07- 2023 09:23:41

Código documento Trilce: TRI - 0570526



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

### **Declaratoria de Originalidad de los Autores**

Nosotros, BRICEÑO MINCHAN CARLA VANESSA, CAMPOSANO DE LA CRUZ HELEN SELENE estudiantes de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - TRUJILLO, declaramos bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "USO DE HONGO FILAMENTOSO PARA BIORREMEDIACIÓN DE AGUAS ÁCIDAS CONTAMINADAS CON CADMIO EN ZONAS ALEDAÑAS A PASIVOS MINEROS, SHOREY 2023", es de nuestra autoría, por lo tanto, declaramos que la Tesis:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. Hemos mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicada, ni presentada anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

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

<b>Nombres y Apellidos</b>	<b>Firma</b>
CARLA VANESSA BRICEÑO MINCHAN <b>DNI:</b> 72111940 <b>ORCID:</b> 0000-0001-7894-5387	Firmado electrónicamente por: CBRICENOMI30 el 0407-2023 21:44:53
HELEN SELENE CAMPOSANO DE LA CRUZ <b>DNI:</b> 73041107 <b>ORCID:</b> 0000-0003-2922-4326	Firmado electrónicamente por: HLACR2 el 04-07- 2023 18:14:48

Código documento Trilce: TRI - 0570525

## Índice de contenidos

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO .....	iii
Declaratoria de Autenticidad del Asesor.....	iv
Declaratoria de Originalidad del Autores.....	v
Índice de contenidos .....	vi
Índice de tablas .....	ix
Índice de figuras.....	x
Índice de anexos.....	xi
Resumen.....	xiii
Abstract.....	xiv
I. INTRODUCCIÓN.....	8
II. MARCO TEÓRICO.....	12
Tabla 1. Parámetros del ECA del agua: Categoría III para riego de vegetales y Bebida de animales y Categoría IV para conservación de ambientes acuáticos. ....	16
III. METODOLOGÍA .....	21
3.1. Tipo y diseño de investigación .....	21
3.2. Variables y operacionalización.....	23
3.3. Población, muestra y muestreo.....	23
<b>Figura 1.</b> Mapa de las zonas donde se encuentran las aguas ácidas contaminadas con Cd en áreas aledañas a pasivos mineros. ....	23
<b>Figura 2.</b> Mapa de la zona elegida para la recolección de las muestras. ....	24
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	25
Tabla 2. Técnicas e instrumentos .....	25
3.5 Procedimiento .....	25
IV. RESULTADOS .....	30
<b>Figura 3.</b> Comparación de Cd según el ECA DS 003- 2017 MINAM contenida en la	

muestra.....	30
<b>Figura 4.</b> Mediciones de la prueba de tolerancia al Cd a hongos en medios sin Cd. ....	31
<b>Figura 5.</b> Mediciones de la prueba de tolerancia al Cd a hongos en medios con 10 mg/L de Cd. ....	31
<b>Figura 6.</b> Mediciones de la prueba de tolerancia al Cd a hongos en medios con 20 mg/L de Cd. ....	32
<b>Figura 7.</b> Mediciones de la prueba de tolerancia al Cd a hongos en medios con 30 mg/L de Cd. ....	32
<b>Figura 8.</b> Mediciones de la prueba de tolerancia al Cd a hongos en medios con 50 mg/L de Cd. ....	33
<b>Figura 9.</b> Porcentajes de tolerancia según la concentración de Cd (mg/L). ....	34
Tabla 3. Porcentajes de tolerancia de los 3 hongos expuestos a diferentes concentraciones de Cd. ....	35
Tabla 4. Porcentajes de tolerancia de hongos <i>Purpureocillium</i> spp. y <i>Trichophyton</i> spp. expuestos a 50 mg/L de Cd.....	36
<b>Figura 10.</b> Placa donde se encuentra la cepa <i>Purpureocillium</i> spp. y la imagen de esta cepa visto desde el microscopio.....	37
<b>Figura 11.</b> Placa donde se encuentra la cepa <i>Trichophyton</i> spp. y la imagen de esta cepa visto desde el microscopio. ....	37
<b>Figura 12.</b> Placa donde se encuentra la cepa <i>Chaetomium</i> spp. y la imagen de esta cepa visto desde el microscopio. ....	38
Tabla 5. Resultados de remoción de Cd con tratamiento del hongo <i>Purpureocillium</i> spp. ....	38
<b>Figura 13.</b> Comparación final de la cantidad de cadmio con respecto al ECA del agua y la muestra 2 g/L y 1 g/L de masa del inóculo. ....	39
Tabla 6. Resultado de eficiencia de remoción de Cd con tratamiento del hongo <i>Purpureocillium</i> spp.....	39
<b>Figura 14.</b> Promedio de eficiencia de remoción del día 2 y 9 con una masa de micelio de 1 g/L y 2 g/L .....	40
Tabla 8. Eficiencia de remoción de cadmio con un hongo <i>Purpureocillium</i> spp. el 9 día.....	41

V. DISCUSIÓN.....	42
VI. CONCLUSIONES.....	45
VII. RECOMENDACIONES.....	46
REFERENCIAS.....	47
ANEXOS.....	55
Anexo 1. Matriz de variables de operacionalización.....	55
Anexo 2. Registro de tesis.....	45
Anexo 3. Ficha de datos del lugar de estudio.....	45
Anexo 4. Ficha de recolección de datos del suelo.....	46
Anexo 5. Ficha técnica diámetros de colonias.....	47
Anexo 6. Ficha técnica porcentajes de remoción.....	48
Anexo 7. Preparación de medio Agar papa dextrosa para el aislamiento de los hongos del suelo.....	48
Anexo 8. Prueba de tolerancia a los hongo <i>Trichophyton</i> spp. y <i>Chaetomium</i> spp. ....	49
Anexo 9. Crecimiento y medición de diámetros de los hongos puestos a tolerancia. ....	49
Anexos 10. Prueba de tolerancia del hongo <i>Trichophyton</i> spp. y <i>Purpureocillium</i> spp. ....	50
Anexo 11. Cultivo en caldo de papa del hongo <i>Purpureocillium</i> spp. ....	50
Anexo 11. Muestra inicial y medición de pH inicial. ....	51
Anexo 12. Tratamiento del contaminada con Cd con el hongo <i>Purpureocillium</i> spp. ....	51
Anexo 13. Preparación para pesado del inóculo.....	52
Anexo 14. Realización del micro cultivo para la identificación del hongo <i>Purpureocillium</i> spp.....	53
Anexo 15. Cantidades iniciales de Cd en muestra a tratar en otros estudios. ....	54
Anexo 16. Porcentajes de tolerancia de las investigaciones.....	54
Anexo 17. Porcentajes de remoción de las investigaciones. ....	54
Anexo 20. Resultado de concentración de Cd en la muestra inicial. ....	60
Anexo 21. Solicitud de validación de instrumentos evaluador 1. ....	61
Anexo 22. Ficha de evaluación de instrumento 1 evaluador 1.....	62

Anexo 23. Ficha de evaluación de instrumento 2 evaluador 1.....	63
Anexo 24. Ficha de evaluación de instrumento 3 evaluador 1.....	64
Anexo 25. Ficha de evaluación de instrumento 4 evaluador 1.....	65
Anexo 26. Solicitud de validación de instrumentos evaluador 2. ....	66
Anexo 27. Ficha de evaluación de instrumento 1 evaluador 2.....	67
Anexo 28. Ficha de evaluación de instrumento 2 evaluador 2.....	68
Anexo 29. Ficha de evaluación de instrumento 3 evaluador 2.....	69
Anexo 30. Ficha de evaluación de instrumento 4 evaluador 2.....	70
Anexo 31. Solicitud de validación de instrumentos evaluador 3 .....	71
Anexo 32. Ficha de evaluación de instrumento 1 evaluador 3.....	72
Anexo 33. Ficha de evaluación de instrumento 2 evaluador 3.....	73
Anexo 34. Ficha de evaluación de instrumento 3 evaluador 3.....	74
Anexo 35. Ficha de evaluación de instrumento 4 evaluador 3.....	75

### Índice de tablas

Tabla 1. Parámetros del ECA del agua: Categoría III para riego de vegetales y Bebida de animales y Categoría IV para conservación de ambientes acuáticos. ....	16
Tabla 2. Técnicas e instrumentos .....	25
Fuente: Elaboración propia .....	30
Tabla 3. Porcentajes de tolerancia de los 3 hongos expuestos a diferentes concentraciones de Cd. ....	35
Tabla 4. Porcentajes de tolerancia de hongos <i>Purpureocillium</i> spp. y <i>Trichophyton</i> spp. expuestos a 50 mg/L de Cd.....	36
Tabla 5. Resultados de remoción de Cd con tratamiento del hongo <i>Purpureocillium</i> spp. ....	38
Tabla 6. Resultado de eficiencia de remoción de Cd con tratamiento del hongo <i>Purpureocillium</i> spp.....	39

Tabla 8. Eficiencia de remoción de cadmio con un hongo <i>Purpureocillium</i> spp. el 9 día.....	41
--	----

### Índice de figuras

<b>Figura 1.</b> Mapa de las zonas donde se encuentran las aguas ácidas contaminadas con Cd en áreas aledañas a pasivos mineros. ....	23
<b>Figura 2.</b> Mapa de la zona elegida para la recolección de las muestras. ....	24
<b>Figura 3.</b> Comparación de Cd según el ECA DS 003- 2017 MINAM contenida en la muestra. ....	30
<b>Figura 4.</b> Mediciones de la prueba de tolerancia al Cd a hongos en medios sin Cd. ....	31
<b>Figura 5.</b> Mediciones de la prueba de tolerancia al Cd a hongos en medios con 10 mg/L de Cd. ....	31
<b>Figura 6.</b> Mediciones de la prueba de tolerancia al Cd a hongos en medios con 20 mg/L de Cd. ....	32
<b>Figura 7.</b> Mediciones de la prueba de tolerancia al Cd a hongos en medios con 30 mg/L de Cd. ....	32

<b>Figura 8.</b> Mediciones de la prueba de tolerancia al Cd a hongos en medios con 50 mg/L de Cd. ....	33
<b>Figura 9.</b> Porcentajes de tolerancia según la concentración de Cd (mg/L). ....	34
<b>Figura 10.</b> Placa donde se encuentra la cepa <i>Purpureocillium spp.</i> y la imagen de esta cepa visto desde el microscopio.....	37
<b>Figura 11.</b> Placa donde se encuentra la cepa <i>Trichophyton spp.</i> y la imagen de esta cepa visto desde el microscopio. ....	37
<b>Figura 12.</b> Placa donde se encuentra la cepa <i>Chaetomium spp.</i> y la imagen de esta cepa visto desde el microscopio. ....	38
<b>Figura 13.</b> Comparación final de la cantidad de cadmio con respecto al ECA del agua y la muestra 2 g/L y 1 g/L de masa del inóculo. ....	39
<b>Figura 14.</b> Promedio de eficiencia de remoción del día 2 y 9 con una masa de micelio de 1 g/L y 2 g/L .....	40

### Índice de anexos

Anexo 1. Matriz de variables de operacionalización .....	55
Anexo 2. Registro de tesis .....	45
Anexo 3. Ficha de datos del lugar de estudio .....	45
Anexo 4. Ficha de recolección de datos del suelo .....	46
Anexo 5. Ficha técnica diámetros de colonias .....	47
Anexo 6. Ficha técnica porcentajes de remoción.....	48
Anexo 7. Preparación de medio Agar papa dextrosa para el aislamiento de los hongos del suelo.....	48
Anexo 8. Prueba de tolerancia a los hongo <i>Trichophyton spp.</i> y <i>Chaetomium spp.</i> ....	49
Anexo 9. Crecimiento y medición de diámetros de los hongos puestos a tolerancia. ....	49
Anexos 10. Prueba de tolerancia del hongo <i>Trichophyton spp.</i> y <i>Purpureocillium spp.</i>	

.....	50
Anexo 11. Cultivo en caldo de papa del hongo <i>Purpureocillium</i> spp. ....	50
Anexo 11. Muestra inicial y medición de pH inicial. ....	51
Anexo 12. Tratamiento del contaminada con Cd con el hongo <i>Purpureocillium</i> spp. ....	51
Anexo 13. Preparación para pesado del inóculo.....	52
Anexo 14. Realización del micro cultivo para la identificación del hongo <i>Purpureocillium</i> spp .....	53
Anexo 15. Cantidades iniciales de Cd en muestra a tratar en otros estudios. ....	54
Anexo 16. Porcentajes de tolerancia de las investigaciones.....	54
Anexo 17. Porcentajes de remoción de las investigaciones. ....	54
Anexo 20. Resultado de concentración de Cd en la muestra inicial. ....	60
Anexo 21. Solicitud de validación de instrumentos evaluador 1. ....	61
Anexo 22. Ficha de evaluación de instrumento 1 evaluador 1.....	62
Anexo 23. Ficha de evaluación de instrumento 2 evaluador 1.....	63
Anexo 24. Ficha de evaluación de instrumento 3 evaluador 1.....	64
Anexo 25. Ficha de evaluación de instrumento 4 evaluador 1.....	65
Anexo 26. Solicitud de validación de instrumentos evaluador 2. ....	66
Anexo 27. Ficha de evaluación de instrumento 1 evaluador 2.....	67
Anexo 28. Ficha de evaluación de instrumento 2 evaluador 2.....	68
Anexo 29. Ficha de evaluación de instrumento 3 evaluador 2.....	69
Anexo 30. Ficha de evaluación de instrumento 4 evaluador 2.....	70
Anexo 31. Solicitud de validación de instrumentos evaluador 3 .....	71
Anexo 32. Ficha de evaluación de instrumento 1 evaluador 3.....	72
Anexo 33. Ficha de evaluación de instrumento 2 evaluador 3.....	73
Anexo 34. Ficha de evaluación de instrumento 3 evaluador 3.....	74
Anexo 35. Ficha de evaluación de instrumento 4 evaluador 3.....	75

## Resumen

La localidad de Shorey - Quiruvilca debido a las actividades mineras formales, informales e ilegales a lo largo del tiempo se ha visto afectada por los pasivos mineros que contaminan el recurso hídrico por la mala gestión de los metales pesados como el cadmio. Por ello, el presente estudio busca determinar la eficiencia del hongo filamentoso como biorremediador en la remoción de Cadmio en aguas ácidas contaminadas en zonas aledañas a pasivos mineros. El estudio experimental in vitro, aisló y evaluó la tolerancia de hongos. Este consistió en colocar 725 ml de agua en los 6 biorreactores esterilizados, se inocularon 3 biorreactores con 2 g/L del hongo y los 3 restantes con 1 g/L. En la prueba de tolerancia realizada en el cual se expuso los hongos *Trichophyton* spp. y *Purpureocillium* spp. al estándar de Cd a 50 mg/L se obtuvo 67% y 89 % de tolerancia al Cd respectivamente siendo el hongo *Purpureocillium* spp. el de mayor tolerancia; también se obtuvo de eficiencia de remoción del Cd por el hongo *Purpureocillium* spp. 98.3% a 1 g/L y 98.9% a 2 g/L del hongo al día 9, lo cual es interesante ya que los dos remueven casi el 100%.

**Palabras clave:** Hongos filamentosos, biorremediación, aguas ácidas, cadmio, pasivos mineros.

## Abstract

The town of Shorey - Quiruvilca due to formal, informal and illegal mining activities over time has been affected by mining liabilities that contaminate water resources due to mismanagement of heavy metals such as cadmium. Therefore, the present study seeks to determine the efficiency of the filamentous fungus as a bioremediator in the removal of Cadmium in contaminated acidic waters in areas surrounding mining liabilities. The in vitro experimental study isolated and evaluated the tolerance of fungi. This consisted of placing 725 ml of water in the 6 sterilized bioreactors, 3 bioreactors were inoculated with 2 g/L of the fungus and the remaining 3 with 1 g/L. In the tolerance test carried out in which the fungi *Trichophyton* spp. and *Purpureocillium* spp. to the Cd standard at 50 mg/L, 67% and 89% of Cd tolerance was obtained, respectively, with the fungus *Purpureocillium* spp. the one with the highest tolerance; Cd removal efficiency was also obtained by the fungus *Purpureocillium* spp. 98.3% at 1 g/L and 98.9% at 2 g/L of the fungus on day 9, which is interesting since both remove almost 100%.

**Keywords:** Filamentous fungi, bioremediation, acid water, cadmium, mining liabilities.

## I. INTRODUCCIÓN

Las industrias mineras aseguran prosperidad a los pueblos cercanos, en los cuales se realizan actividades de extracción de minerales para que tengan un desarrollo prometedor, sin embargo, muchas veces causan impactos ambientales a las regiones adjuntas a la minera, por la inadecuada disposición y manejo de los relaves mineros generando la contaminación de aguas adyacentes con metales pesados como el cadmio (Cd), plomo (Pb), cromo (Cr), arsénico (As) entre otros; la disposición inadecuada de efluentes y relaves mineros, sin ningún tipo de tratamiento causan daños a los cuerpos de agua, a los cultivos, animales del entorno, efectos perjudiciales al medio ambiente y a la salud humana (Muhammad, et al, 2022).

La contaminación por metales que afectan al medio acuático, causa toxicidad perjudicando a los organismos acuáticos (Narayanan, et al. 2021). El agua es fundamental para el consumo humano y otras actividades a nivel mundial, la contaminación con metales pesados, como es el caso del cadmio que es un metal no degradable en la naturaleza solo permanece en circulación en el ambiente, este metal posee toxicidad en concentraciones bajas, es bioacumulativo, y le es fácil movilizarse, en la década de los 60, en japon más de 100 personas murieron por una enfermedad denominada itai- itai ocasionada por las altas concentraciones (4.2 mg/L) de Cd en el agua (Hernandez, 2019).

En Rumania el estado, proporciona información para prevenir los impactos ambientales generados por la extracción minera, sin embargo, las empresas solo se basan en la rentabilidad económica y no gestionan adecuadamente sus desechos generando problemas ambientales (Szabo, et al, 2022). En América central los elementos extraídos más comunes son el Zn, Au y Ag, estos generan desechos como metales pesados, el As, Fe y Cd; en estas actividades buscan utilizar compuestos como Hg y As lo cual produce la afectación del agua; a pesar que en la actualidad se está priorizando la regularización de las mineras, aún se aprecian excedentes en los límites de la cantidad de metales vertidos en los efluentes como As, Zn, Cr, entre otros (FAO y PNUMA, 2022).

En América Latina y El Caribe están las principales reservas mundiales de litio 61%,

de estaño 25%, de oro 11%, de cobre 37%, de hierro y plomo 15%, entre otros (CEPAL, 2018). La extracción de los metales deseados, el tratamiento de los residuos de relave y su disposición final, pueden generar contaminación de las áreas cercanas a la mina; conteniendo altos niveles de metales pesados que pueden llegar a sobrepasar los límites permitidos como el As, Zn y Cu; y puede causar la contaminación de las zonas cercanas a estas áreas. (Menendez, 2021) En el Perú para el 2018, más de 8.794 pasivos ambientales detectó el gobierno, desde entonces la cantidad fue disminuyendo. Así, para 2022 la cantidad de elementos contaminantes mineros llegó a 7.668. (Orihuela,2022)

En el Perú la minería es un ingreso económico muy indispensable tanto para las personas con grandes y bajos recursos, ya que con el pasar del tiempo los metales han aumentado su valor, elevándose los precios de estos, siendo una actividad económica rentable, pero desafortunadamente debido a su mala práctica esta termina perjudicando al ambiente, a la salud de las personas y animales, entre uno de los lugares importantes donde se practica la actividad minera se encuentra el departamento de La Libertad, en la localidad de Shorey, en la ciudad de Quiruvilca; entre Otuzco y Santa Catalina zona minera se concentra en la provincia de Santiago de Chuco, en este lugar existe extracción de oro lo que se fue dando desde el año 2000, la minería tanto formal, informal o ilegal con el tiempo fueron destruyendo las faldas del cerro y la parte central de este mediante socavones, existen denuncias a empresas formales que en esta zona realizan minería a tajo abierto inadecuadamente lo que ha generado quejas por parte de los pobladores ya que contaminan el ambiente y se realizan daños a infraestructuras cercanas a la zona ( Valdés, Basombrio y Vera, 2019).

Es por ello que planteamos ¿Cuál es la eficiencia de remoción del uso de un hongo filamentoso para la biorremediación de aguas ácidas contaminadas con cadmio en zonas aledañas a pasivos mineros, Shorey? como problemas específicos de la investigación ¿Cuál es la concentración inicial de cadmio en las muestras de agua ácida contaminada con cadmio?, ¿Cuál de los hongos aislados tiene mayor tolerancia al cadmio?, ¿Cuál es la concentración final del cadmio en el tratamiento?

El presente trabajo, se justifica teóricamente pretendiendo conocer que existen

diversos métodos para tratamiento de aguas contaminadas con metales pesados, algunos son los métodos físico químicos que pueden eliminar un contaminante en particular, otro es el método de oxidación química que tiene como residuos subproductos lo cual es difícil de degradar (Muhammad, et al,2022). Suarez (2013) nos dice que la remediación a través de productos químicos genera dudas en la naturaleza con respecto a los subproductos no deseados y sobre el costo que tiene el tratamiento, sin embargo, existen métodos amigables con el ambiente como la biorremediación, micorremediación, fitorremediación, entre otros. Los hongos que son microorganismos caracterizados por ser heterótrofos, tienen la capacidad única de secretar enzimas para su digestión, propiedades de absorción, se componen de quitina y  $\beta$ -glucanos; con estos microorganismos se puede realizar la micorremediación que consiste en el uso de hongos para descontaminar, este se concreta a través del cuerpo vegetativo (micelios) de este microorganismo fúngico de difícil acceso para la observación y estudio, tiene una gran capacidad para degradar masa lignocelulosa y reciclar esta (Benerjee, 2020).

La biorremediación se ha desarrollado en las últimas décadas y se utiliza cada vez más para mitigar accidentes ambientales y contaminaciones sistemáticas. Una de ellas es la micorremediación siendo los hongos una tecnología con masa crítica y alto potencial de crecimiento. Además, se tiene alternativas de biorremediación donde se utilizan microorganismos autóctonos de la zona que son tolerantes a la contaminación, en las que está incluido el uso de hongos filamentosos, siendo alternativas prometedoras. Dentro de las cepas fúngicas investigadas se encuentran *Aspergillus flavus*, *Trichoderma viride*, *Penicillium* sp, entre otros, estas opciones pueden reducir metales pesados y controlar propiedades fisicoquímicas de medios acuáticos que sobrepasan los límites permitidos (Wongchai, et al. 2022).

Por ello, la presente investigación busca determinar la eficiencia de remoción de uso de hongo filamentoso para biorremediar aguas ácidas contaminadas con Cadmio en zonas aledañas a pasivos mineros, Shorey 2023.

Para lograr este objetivo se plantea: i) Determinar la concentración inicial de cadmio en la muestra de agua ácida contaminada con relave en zonas aledañas. ii)

Determinar el hongo filamentoso con mayor tolerancia al cadmio, iii) Determinar las concentraciones finales de cadmio después del tratamiento en el día 2 y 9 con las dosis de 1 g/L y 2 g/L de masa de micelio.

El presente trabajo tendrá como hipótesis que el uso de hongo filamentoso es eficiente en la remoción de cadmio, también que la concentración final de cadmio disminuye después de realizar el tratamiento.

## II. MARCO TEÓRICO

Wongchai, 2022, en este estudio se ha evaluado el potencial de biorremediación *Aspergillus flavus* filamentoso tolerancia a metales en agua contaminada con reales de magnesita a escala laboratorio. Utilizando el método estándar de dilución en serie, tomando en cuenta el método de placas extendidas. Teniendo como objetivos específicos los parámetros fisicoquímicos, determinar la tolerancia a los metales, además de identificar molecularmente los hongos tolerantes a metales, y tiene como conclusión, que los metales en el entorno acuático de los relaves de mina si alteran las propiedades fisicoquímicas del agua y supera los LMP. El hongo *A. flavus* tiene la capacidad de bioeliminar los contaminantes además redujo el porcentaje 74,91% en 10 días de biorremediación.

Coelho, 2020, en su artículo realizado en Brasil, tuvo como objetivo en su estudio evaluar la capacidad de biorremediación de uranio con hongos aislados de una minera a 20 km de la ciudad de calas, siendo 57 hongos aislados del área minera, además de realizar pruebas de tolerancia de los cuales sólo 22 fueron considerados con un crecimiento de 2000 mg/L y 25 hongos por encima de un concentración de 8000 mg/L. por lo que se concluyó que 11 de las especies como el *Penicillium*, *Gongronella*, *Talaromyces* tienen un potencial de absorción de uranio en agua contaminada.

Budzynska, 2022, en su estudio realizado en Suiza, buscaba evaluar la capacidad de micorremediación de *A. bisporus*, mediante la remediación fungi mediada como un método rentable se usó el micelio para secretar enzimas extracelulares de manera efectiva, transformando o acumulando los contaminantes orgánicos en compuestos no tóxicos o tóxicos, además este método también puede utilizarse en macromicetos para acumular elementos tóxicos en su biomasa y limitar la toxicidad inicial de los elementos después de su acumulación sin el riesgo de la producción de metabolitos tóxicos, Los elementos de tierras raras (REE) dominantes fueron Neodimio y Cerio (Nd y Ce) en cuerpos frutales recolectado tanto del primero (1.14– 8.12 y 0.142–4.94 mg kg<sup>-1</sup>, respectivamente) y el segundo rendimiento (0.137–1.35 y 0.022–1.41 mg kg<sup>-1</sup> respectivamente).

Talukdar (2020), en su investigación evaluó el potencial de tolerancia de hongos autóctonos de sitios contaminados, de estos hongos determinó el de más resistencia y lo optimizó, logró aislar 11 hongos de muestras contaminadas con Cd (100 a 500 ppm de Cd(II)) en placas con APD, estos hongos se sometieron a 2 cribados con lo que se pudo encontrar el hongo más tolerante que tuvo como porcentaje de eliminación 74,76 y de absorción 5,02, luego la cepa con mayor tolerancia se identificó como *Aspergillus fumigatus* y por último estudió las características de este hongo antes y después de tratar Cd mediante microscopía electrónica de barrido y análisis espectral FTIR.

En el Perú, Llacza (2021), en su tesis tuvo como objetivo principal la evaluación del crecimiento, biosorción y la tolerancia al plomo en hongos de relave de Carhuacayan para la reducción de contaminación por los pasivos ambientales, y como objetivos específicos el aislamiento de hongos obtenidos del relave que tolera la contaminación mediante plomo, así mismo, determinó la influencia de plomo mediante el crecimiento de hongos filamentosos del relave de Carhuacayán, y también se determinó la biosorción del plomo de los hongos aislados de interés. En esta investigación se llegó a las siguientes conclusiones los hongos filamentosos presentes cuentan con la biosorción de plomo indicando que se pueden adaptar de acuerdo a los contaminantes pasivos ambientales, además se aisló 91 hongos filamentosos del relave indicando que estos microorganismos se encuentran generando presiones biológicas para la repoblación de áreas donde se retiraron los microorganismos y finalmente se logró una tolerancia de 3.25g/L del metal plomo.

Arrieta (2019) realizó un estudio en la ciudad de Lima, en el que buscó evaluar la resistencia y la capacidad de biosorción de Cd II y Cr VI con hongos aislados de agua de regiones Andinas del Perú (Lima, Junín y Pasco). Las muestras fueron obtenidas de 6 cuerpos de agua en el que están incluidos 1 río, 1 laguna y 4 relaves. Para alcanzar los objetivos primero se realizó el aislamiento de los hongos en agar YPG, seleccionar los hongos de acuerdo a su capacidad de resistencia al Cr VI y Cd II, después realizó la identificación fenotípica y molecular mediante los ITS 1 e ITS 4. También se realizó la prueba de crecimiento de los hongos a diferentes pH y

temperaturas, además se identificó la concentración mínima inhibitoria (CMI) a los 2 metales, por último realizó el análisis de biosorción de Cr VI y Cd II con los 2 hongos escogidos *Trichoderma asperellum* y *Trichoderma sp.* Finalmente se identificaron 20 hongos filamentosos siendo 3 los que presentaron mayor tolerancia a los 2 metales *Trichoderma asperellum*, *Trichoderma sp* y *Trichoderma koningiopsis* resistencia a cantidades de 200 y 800 ppm. Se logró remover hasta 73% de Cd II con el hongo *Trichoderma asperellum* y 47% de Cr VI con el hongo *Trichoderma sp.*

Muñoz, et al. (2019) en su trabajo de investigación realizado en Lima, busco determinar el grado de tolerancia de hongos y bacterias aislados de suelo con y sin rizosfera a metales pesados. Las muestras de suelo las obtuvo del pasivo minero Santa Rosa de Jangas. Para alcanzar el objetivo trazado primero realizó el aislamiento de los 23 hongos y 18 bacterias para su posterior identificación taxonómica mediante análisis de 16S ADNr y ITS. El análisis de tolerancia se realizó en medio salino suplementado con Pb (II), Cu (II), Ni (II), Zn (II), Ag (I), Cr (VI) y Cd (II). Se obtuvieron 6 hongos con mayores índices de tolerancia: *Fusarium temperatum* (Pb II), *Fusarium temperatum* (Zn II), *Fusarium oxysporum* (Ni II y Cd II), *Fusarium oxysporum* (Ag I) *Fusarium inflexum* (Cu II) y *Penicillium vanluykii* (Cr VI). Calla (2022), en su investigación realizada en Arequipa, lo que busco evaluar en su trabajo fue la tolerancia de cepas fúngicas aisladas de un lugar contaminado con Cr VI y colorantes sintéticos, Por ello el realizó el aislamiento de 14 cepas de hongos, determinandose despues que 2 cepas tolerarón el contaminante en cantidad de 1000 mg/L en medio sólido y en medio liquido se evaluó tambien con 2000 mg/L de colorante negro, azul, rojo, amarillo y pardo, como la concentración minima inhibitoria (CMI), con estas características 1 de los hongos demostro soportar de 1000 mg/L de Cr VI y 2000 mg/L, siendo este la cepa *Fusarium petroliphylum*.

Manguilimotan (2018) en su trabajo realizó el aislamiento, caracterización e identificación de hongos autóctonos tolerantes al cadmio (Cd) con potencial de biosorción de las aguas costeras y sedimentos cerca de las plantas industriales, la prueba de tolerancia la realizó a concentraciones de 25, 50, 75 y 100 ppm. Después de la prueba tolerancia pudo aislar 8 cepas fúngicas y las sometió al ensayo de biosorción, el hongo *Aspergillus spp.* obtuvo 13.87% de biosorción siendo el de mejor

resultado.

La contaminación del agua en Perú es un problema continuo, debido al crecimiento de la población, esto conlleva a que los residuos sean arrojados al río, mar, lagos, es decir, sean utilizados como vertederos, es por ello que se define como alteración del recurso natural, por acciones humanas, ocasionando que no sea apto para el uso que está destinado (MINAM, 2015).

Los relaves mineros son residuos generados por el proceso minero, generalmente está conformado por metales, tierra, rocas y agua, además de algunos químicos que se emplean para la recuperación de los metales, de tal forma que en el momento de la disposición del relave puedan mantener el horizonte de la superficie que depende de la capacidad del intercambio catiónico del suelo (Llacza, 2021).

Agua contaminada con relaves mineros esto ocurre cuando existe una descarga indirecta o directa al recurso agua sin ningún tipo de tratamiento, conteniendo componentes dañinos, lo cual causa enfermedades, daños agrícolas, gran pérdida económica, afecta flora y fauna (Renzhi, 2019).

Las aguas ácidas son generadas debido a que en el proceso de la extracción minera se rescatan los metales deseados de áreas mineralizadas, lo que produce que aguas superficiales y subterráneas sean contaminadas, además debido a que algunos otros procesos producen lixiviados esto aumenta la probabilidad de que se produzca la acidificación los recursos hídricos (Ruiz, 2018, pág. 19). Las aguas ácidas en su mayoría son recursos con pH de 2 a 4 y contiene gran cantidad de metales totales y disueltos (López, 2018, pág. 4).

Los pasivos mineros se definen como las instalaciones, aguas residuales, emisiones mineras, residuos depositados producidos por las actividades mineras que se encuentran en abandono o no activas que pueden generar efectos a las poblaciones y zonas naturales cercanas (Ley N° 28272, 2004).

ECA del agua D.S 004-2017 MINAM, Encargado de establecer los niveles de concentración de parámetros físicos-químicos y biológicos en cuerpos de agua en su condición, con la finalidad que no presente ningún riesgo al ambiente ni a la salud de las personas (MINAM, 2017).

**Tabla 1. Parámetros del ECA del agua: Categoría III para riego de vegetales y Bebida de animales y Categoría IV para conservación de ambientes acuáticos.**

Parámetros	Unidad de medida	Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales.			Categoría 4: Conservación del ambiente acuático	
		D1: Riego de Vegetales		D2: Bebida de animales	E1: Lagunas y lagos	E2: Ríos
		Agua para el no riego restringido	Agua para el riego restringido	Bebida de animales		Costa y sierra
Físico - Químicos						
Potencial de Hidrogeno (pH)	mg/L	6.5 - 8.5		6.5 - 8.4	6.5 - 9.00	
Temperatura	mg/L	Δ 3		Δ 3	Δ 3	Δ 3
Inorgánicos						
Cadmio	mg/L	0.01		0.05	0.00025	0.00025

Fuente: Eca 004-2017 MINAM

Los parámetros físicos del agua determinan el tipo de agua y cualitativamente del estado, algunos de estos es la temperatura siendo una medida de calor del cuerpo, expresado en °C y se mide con termómetro; otro es el pH que mide el contenido de ion hidrógeno en medio acuoso, teniendo en cuenta que si el agua es mayor a 7 son aguas alcalinas y si es menor a 7 son ácidas, generalmente los ríos sin contaminación tienen un pH entre 6.5 y 8.5 (MINAM, 2015). También tenemos la turbidez, es decir, el líquido tiene la capacidad de dispersar con un haz luminoso ocasionada por suspensión de partículas, algas, sedimentos, arcilla entre otros. Está muy relacionada con la calidad del agua (Arpi, 2017). Además, está la conductividad producida por electrolitos en agua y en ella fluye los gases disueltos solubilidad, pH, entre otros; es por ello, el agua no contaminada cumple el valor de residuo seco en mg/L oscilando en 0.5 y 1 veces el valor de la conductividad (Galvin, 2020).

El grado de toxicidad es causado por la inadecuada disposición de sustancias de residuos de los metales pesados (Díaz, 2018). Es por ello que la acumulación

excesiva de altas concentraciones de los metales, al ser expuesto puede llegar a ser tóxicos. (Munive, 2018).

La biorremediación es una tecnología amigable con el medio ambiente, en donde se pueden utilizar, microorganismos, enzimas, hongos, plantas, entre otros; esta nos ayuda a remediar los cuerpos de agua contaminados y restaurarlos (Somu et al, 2022), además es una de las técnicas más confiables, desde la perspectiva ecológica ya que utiliza la capacidad natural de los microorganismos para neutralizar o eliminar contaminantes que se encuentran presente en el medio ambiente (Zafra, 2020).

Los hongos biorremediadores producen nanopartículas extracelulares, que pueden estabilizar los metales pesados ayudando en la descontaminación, también pueden biodegradar contaminantes ambientales (Oña y Gualoto, 2022).

La estructura de los hongos consta de dos estructuras fundamentales como el micelio que es una masa de filamentos incrustados que tiene un aspecto de algodón llamados hifas y las esporas que son los órganos que proporcionan el color a la colonia además se encarga de la producción sexual y asexual (Navarro, 2013), La zona del hongo donde existe mayor captación de los iones metálicos es en la superficie celular (Arrieta, 2019).

La identificación a nivel de especie presenta dificultades en la taxonomía de estos hongos, es por ello que en su trabajo se propuso aplicar un conjunto de métodos fenotípicos para identificar las cepas aisladas en nuestro medio, trabajando en una técnica de taxonomía molecular como método de referencia para su análisis, con el fin de seleccionar las técnicas más útiles que podrían ser empleadas en el laboratorio clínico de micología. (Tartabini, 2013) El hongo se mantuvo en medio agar dextrosa de Sabouraud (dextrosa, 40 g; peptona, 10 g; agar, 20 g; agua destilada, 1000 ml; pH 5,6). (Anbu, 2008)

Los hongos filamentosos ayudan a remediar los suelos contaminados con metales, como es el *Chaetomium aureum* es un hongo termotolerante que posee las cualidades de remoción de plomo (Rodrigues, 2018.) Otro de los hongos es el

*Aspergillus niger* ya que es considerado un buen absorbente de plomo, cadmio y cromo (Huang, 2022).

Los hongos metatolerantes son conocidos por su capacidad de adaptarse a altas concentraciones de metales pesados, además poseen la propiedad de biosorción, tales como la composición de sus paredes celulares y producción de sustancias poliméricas extracelulares, debido al aumento tras encontrarse en condiciones de estrés por concentraciones de los metales (Alvarez, 2018).

Entre los medios de cultivo para hongos, tenemos al Agar Papa Dextrosa (APD) este medio es utilizado para el cultivo de hongos filamentosos, es un medio donde se pueden desarrollar hongos y reproducir con facilidad, en este también se pueden agregar sustancias que ajustan el pH a 3.5 para evitar el crecimiento de bacterias (Vila, 2018).

El Método de análisis para determinar metales pesados, espectroscopia de absorción atómica es un instrumento de la química que mide las concentraciones en ppm específicas de un componente e identifica varios elementos (Isomura et al, 2022).

El cadmio se puede encontrar acompañado de rocas y suelo, es un metal altamente demandado en las industrias y agricultura; la contaminación del agua con cadmio se puede deber a las descargas industriales, de desechos mineros, encontrándose en estado de oxidación de +2; este metal se usa regularmente para cubrir otros metales, es parecido al zinc con el que puede realizar procesos geoquímicos. El contacto del ser humano puede producir problemas en el sistema reproductor masculino, tensión arterial alta, afectación al riñón y eliminación de glóbulos rojos; las fuentes principales por las que las personas se contaminan es el agua y alimentación por medio de las verduras, cereales, pescado y granos (Aquino, pág. 9 y 10, 2023).

La espectrofotometría de absorción se utiliza para obtener la cantidad de cadmio en el agua inicial y final, teniendo ello con la siguiente fórmula se puede obtener el porcentaje de remoción de Cd (Manguilimotan, 2018).

$$(ER) = ((C_i - C_f)/C_i) \times 100$$

Donde:

ER=Eficiencia de remoción (%)

Ci= Concentración inicial

Cf= Concentración final

La biorremediación de agua contaminada con cadmio es una tecnología emergente que involucra la recuperación del ambiente usando métodos biotecnológicos, en los que se incluye el uso de bacterias, plantas, hongos o productos metabólicos para absorber, degradar los contaminantes peligrosos o convertirlos en componentes de menor toxicidad de esta manera disminuir el impacto al agua (Agrada, pág. 28, 2018). Interacción entre el hongo y el metal pesado, existen dos mecanismos en los hongos tolerantes con respecto a los metales tenemos el secuestro extracelular (unión a la pared celular o la quelación del hongo) y el secuestro intercelular mediante la unión ligada a las proteínas para evitar el daño de las células. (LLacza, 2021)

La quelación extracelular evita el ingreso del metal al citosol, mediante la eliminación de peso molecular que inmoviliza al ion del metal cual transforma químicamente estable. (LLacza, 2021)

Bioadsorción fúngica se encarga de capturar los metales para estudiarse mediante los modelos físico químicos llamados isothermas de Langmuir y Freundlich debido a que que la biosorción no depende de la temperatura sino de la velocidad cinética (Arrieta, 2019).

La tolerancia de hongos a metales pesados, es parte del diseño del proceso de biorremediación, está incluido en la determinación de microorganismos que pueden biorremediar los metales pesados, el proceso consiste primero en la recolección de muestra, después se realiza el aislamiento de los microorganismos, como siguiente paso la determinación de los microorganismos tolerantes al metal que se quiere remover, por consiguiente la identificación de los hongos destacados por su mayor tolerancia; el procedimiento para la determinación de tolerancia a metales pesados de los hongos consiste en la contaminación de medios sólidos que serán puestos en placas, luego estos son sembrados con los hongos a prueba puestos a incubar por 7 días a 28 °C, luego para sacar el porcentaje de tolerancia se determina primero

realizando el cálculo del índice de tolerancia (IT) que es (el diámetro del hongo en un medio contaminado / el diámetro del hongo en un medio sin contaminar), ya habiendo sacado el IT este se multiplica por 100 para sacar el porcentaje de tolerancia (%T) (Muñoz,et al., 2019).

$$\text{Porcentaje de tolerancia (\%T)} = IT \times 100$$

$$\text{Índice de tolerancia (IT)} = \frac{\text{diámetro del hongo en un medio contaminado}}{\text{diámetro del hongo en un medio sin contaminar}}$$

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. Tipo y diseño de investigación

##### 3.1.1 Tipo de investigación

Esta investigación fue aplicada debido a que buscó implementar los conocimientos adquiridos utilizando tecnologías alternativas más económicas de otras investigaciones relacionadas, para la solución de los problemas futuros, además, que en este trabajo experimental empleó el procedimiento de aislamiento, evaluación de la tolerancia de los hongos y se analizaron las muestras de agua contaminada. Es por eso, que nuestra investigación explica el uso de un hongo en la biorremediación de Cadmio de aguas contaminadas por pasivos mineros Shorey, Quiruvilca - La Libertad 2023.

##### 3.1.2 Diseño de investigación:

El diseño metodológico se realizó de manera experimental, debido a que en la variable dependiente se observó los efectos del desarrollo del trabajo de investigación, de acuerdo con el nivel de profundidad es explicativa, ya que describe o resuelve el problema. Además, por su naturaleza de datos e información se califica como cuantitativa-experimental, ya que se midió las variables antes y después del tratamiento, para determinar cuál de los hongos tiene mayor tolerancia al cadmio.

##### Diseño Experimental:

$G_1$	$X_{1,2,3}$	--	$X_{1,2,3}$
$G_2$	$X_{1,2,3}$	$C_1$	$X_{?,?,?}$
$G_3$	$X_{1,2,3}$	$C_2$	$X_{?,?,?}$
$G_4$	$X_{1,2,3}$	$C_3$	$X_{?,?,?}$
$G_5$	$X_{1,2,3}$	$C_4$	$X_{?,?,?}$

Dónde:

$G_1$  = Grupo control

$G_2$  = Grupo experimental para la tolerancia al estándar de Cd (C1)

$G_3$  = Grupo experimental para la tolerancia al estándar de Cd (C2)

$G_4$  = Grupo experimental para la tolerancia al estándar de Cd (C3)

$G_5$  = Grupo experimental para la tolerancia al estándar de Cd (C4)

$X_{1,2,3}$  = Hongos (1,2 y 3)

$X_{?,?,?}$  = Hongos tolerantes a Cd (1,2 y/o 3)

$C_1$  = Concentraciones de cadmio (10 ppm Cd en placas con 3 repeticiones)

$C_2$  = Concentraciones de cadmio (20 ppm Cd en placas con 3 repeticiones)

$C_3$  = Concentraciones de cadmio (30 ppm Cd en placas con 3 repeticiones)

$C_4$  = Concentraciones de cadmio (50 ppm Cd en placas con 3 repeticiones)

Para constatar la eficiencia de remoción de cadmio con el hongo tolerante.

$G_1$	$O_1$	--	$O_2$
$G_2$	$O_1$	$X_1$	$O_3$
$G_3$	$O_1$	$X_2$	$O_4$

Donde:

$G_1$  = Grupo control

$G_2$  = Grupo experimental

$X_1$  = Hongo tolerante a una dosis de inóculo 1 g/L con 3 repeticiones

$X_2$  = Hongo tolerante a una dosis de inóculo 2 g/L con 3 repeticiones

$O_1$  y  $O_2$  = Aguas contaminada con cadmio

$O_3$  y  $O_4$  = Aguas tratadas con hongo que removieron cadmio

### 3.2. Variables y operacionalización

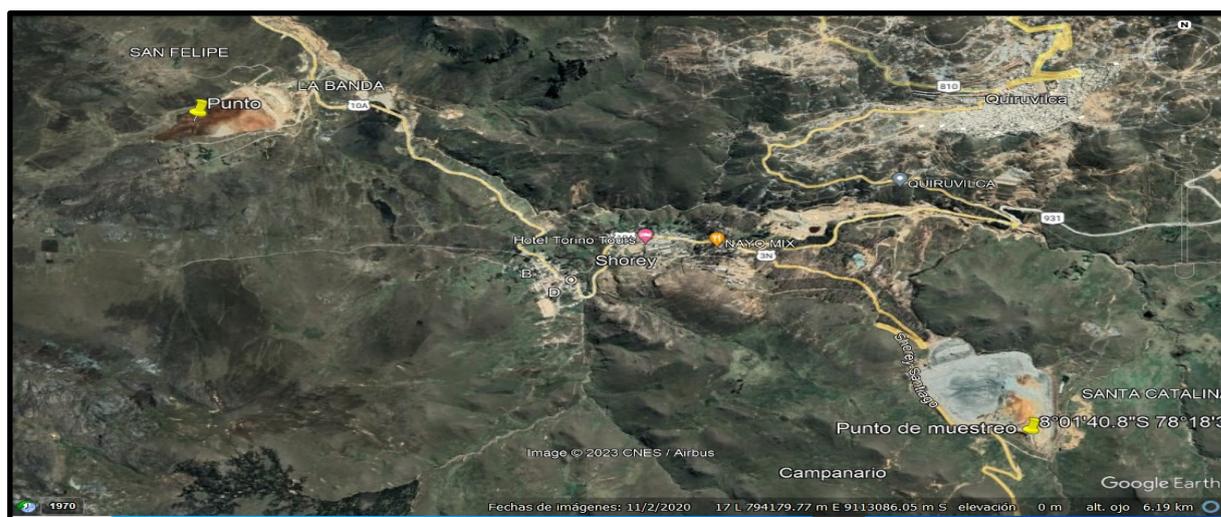
La variable independiente de la presente investigación es: Hongo biorremediador. Como variable dependiente tenemos: Biorremediación de agua ácida contaminadas con cadmio por pasivos mineros.

Dentro de la variable independiente se encuentra las dimensiones que es la dosis de inóculo del hongo biorremediador que tolera el cadmio, este posee 2 indicadores el diámetro de colonia y las dosis de hongo en g/L que se usarán como inóculo para el experimento. En la variable dependiente tenemos 4 dimensiones la cantidad de cadmio inicial y final, en las que se determina la cantidad de cadmio en mg/L; está la dimensión de eficiencia de remoción en el que se tiene como indicador el % de eficiencia.

### 3.3. Población, muestra y muestreo

#### 3.3.1 Población

La población está conformada por las aguas ácidas contaminadas con cadmios en áreas aledañas por pasivos mineros en Shorey, distrito Quiruvilca.



**Figura 1.** Mapa de las zonas donde se encuentran las aguas ácidas contaminadas con

Cd en áreas aledañas a pasivos mineros.

Fuente: Google Earth Pro

### 3.3.2 Muestra

La muestra estuvo conformada por 8 litros de aguas ácidas contaminadas con cadmio de un punto ubicado en una zona aledaña a un pasivo minero en Shorey, en el cual de un punto aprox. y al centro de la brecha sumergido a una profundidad de 15 cm para después homogeneizar. La ubicación del punto de muestreo: 8°01'40.8"S 78°18'36.0"W



**Figura 2.** Mapa de la zona elegida para la recolección de las muestras.

Fuente: Google Earth Pro.

### 3.3.3 Muestreo

Este se realizó siguiendo el Protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los Recursos Hídricos Superficiales, nos muestra los criterios generales del monitoreo, la logística solicitada, planificación, ejecución y seguridad del muestreo; el tipo de muestra fue integral, esta consistió en la toma de muestras puntuales que luego se procede a homogeneizar, para que la muestra sea representativa del cuerpo de agua (ANA, 2016).

### 3.3.4 Unidad de análisis

Para el tratamiento de aguas ácidas con el hongo se utilizaron 4.5 litros de agua contaminada con Cd que fue dividida en 6 biorreactores.

### 3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

**Tabla 2. Técnicas e instrumentos**

<b>Información a registrar</b>	<b>Métodos de obtención de información</b>	<b>Instrumento de registro</b>
Ubicación del lugar de estudio	Observación del área de estudio	Ficha de observación con referencias de coordenadas
Aislamiento e identificación de los hongos	<ul style="list-style-type: none"><li>- Siembra por punto</li><li>- Examen macroscópico y microscópico de filamentos por microcultivo</li></ul>	
Determinación del hongo con mayor tolerancia al cadmio	Análisis de tolerancia	Ficha técnica de diámetros de colonias
Análisis de agua contaminada con cadmio inicial	Espectrofotómetro Absorción atómica o ICP	Ficha de análisis AA
Análisis de agua contaminada con cadmio final	Espectrofotómetro Absorción atómica e ICP	Ficha de análisis AA

Fuente: Elaboración propia

### 3.5 Procedimiento

#### 3.5.1. Muestreo de agua

Se realizó la recolección en 2 envases de 4 L previamente esterilizados con agua destilada, sus coordenadas (8°01'40.8"S 78°18'36.0"W) están ubicadas en Shorey Quiruvilca.

### 3.5.2 Análisis de cantidad de cadmio en el agua inicial

Se realizó el análisis de cadmio enviando 250 ml de muestra de agua contaminada en botella esterilizada al laboratorio (Lab Promin) en donde le realizaron un análisis de espectrofotometría de absorción atómica para determinar la cantidad en mg/L de cadmio en agua.

### 3.5.3 Aislamiento de hongos

Se agregó 225 ml de solución salina a un matraz de 500 ml y se esterilizó en la autoclave a 121 °C por 30 minutos. El matraz conteniendo la solución salina estéril (SSFE) se llevó a una cabina de seguridad biológica. Se pesó 25 g de muestra de suelo para posteriormente adicionarlo en el matraz que contenía 225 ml de SSFE y mediante movimientos rotatorios se homogeneizó la solución (muestra original). Después de homogenizar la muestra por 2 min y con ayuda de un asa bacteriológica se sembró por el método de estría o agotamiento en 3 placas que contenían agar papa dextrosa. Las placas de sembrado se incubaron a 25°C por un periodo de 3-5 días. Las placas que presentaron crecimiento de hongos filamentosos se replicaron en tubos de agar inclinado con APD. Se obtuvo el crecimiento de 2 hongos filamentosos.

### 3.5.4 Identificación de hongos

La identificación se realizó por el método de microcultivo en placa para cada hongo aislado, donde se observó la morfología, hifas, segmentación de hifas conidióforo, vesícula y fialidas, todas estas características claves taxonómicas para hongos filamentosos (Baldera, et al., 2021) y para corroborar se realizó por el método de impresión con cinta adhesiva transparente, con una cinta de 6 cm se pasó por encima del hongo cultivado en medio APD, luego esta se depositó en una laminilla portaobjetos que contenía una gota de azul de lactofenol, procediendo a mirar la placa en el microscopio a 40x, con lo que se pudo identificar las características microscópicas del micelio del hongo y las estructuras reproductivas (Farro, 2021).

### 3.5.5. Análisis de tolerancia

La prueba de tolerancia al Cadmio se realizó conforme al trabajo de Wang (2021) en el cual preparó en 3 matraces 7.8 g de APD al que se le agregó 200 ml de agua destilada, estos medios se esterilizaron a 121 °C por 30 min, después se dejó enfriar unos 10 min, luego se contaminaron con estándar de cadmio (2 ml para 10 mg/L, 4 ml para 20 mg/L, 6 ml para 30 mg/L), se sirvió en placas Petri estériles para su solidificación, los hongos aislados se sembraron por triplicado usando el método de puntura en el centro de la placa que contenía el medio de cultivo con Cadmio. Las placas inoculadas con el hongo se incubaron a 25 °C por 7 días. Para evaluar la tolerancia se midió los halos de crecimiento con una regla Vernier. Las concentraciones de cadmio a evaluar fueron 10 mg/L, 20 mg/L y 30 mg/L; estas concentraciones se obtuvieron a partir de una solución estándar de cadmio de 1000 mg/L, para la 1era prueba se evaluaron los 2 hongos aislados del suelo contaminado con relave, para la 2da prueba se utilizó el hongo aislado de relave con mayor tolerancia y un hongo obtenido del ambiente del laboratorio de investigación de la Universidad César Vallejo para conseguir este hongo, las placas de 20 mg/L de Cd se dejaron por 1 día expuestas al ambiente después de ello, se pudo observar el crecimiento del hongo del laboratorio tolerante al cadmio de donde se aisló uno para la 2da prueba.

### 3.5.6. La 2da Identificación

Se realizó por el método de microcultivo en placa para cada hongo aislado donde se observará la morfología, hifas y segmentación de hifas conidióforo, vesícula y fialida, todas estas características claves taxonómicas para hongos filamentosos (Baldera, et al., 2021) y para corroborar se realizó por el método de impresión con cinta adhesiva transparente, con una cinta de 6 cm se pasó por encima del hongo cultivado en medio APD, luego esta se depositó en una laminilla portaobjetos que contenía una gota de azul de lactofenol, procediendo a observar la placa en el microscopio a 40x, con lo que se pudo identificar las características morfológicas microscópicas del micelio del hongo y las estructuras reproductivas (Farro, 2021).

### 3.5.7 Preparación del inóculo

Se sembró el hongo filamentoso tolerante al cadmio ya identificado por triplicado en matraces que contienen caldo de papa, estos matraces se incubaron a 26°C por 5 días, en el cual se obtiene la mayor cantidad de micelio.

La masa micelial se extrajo de las placas de PDA, con ayuda del asa bacteriológica y se transfirió a un tubo que contenía 5 ml de SSFE para obtener los inóculos de trabajo.

### 3.5.8 Aplicación del tratamiento al agua

La muestra de agua se homogeneizó y se colocó 725 ml de agua en los 6 biorreactores esterilizados previamente, luego se inocularon 3 biorreactores con 2 g/L del hongo y los 3 restantes con 1 g/L, luego se pusieron a funcionar los biorreactores para que esté en agitación constante.

### 3.5.9. Análisis del contenido de cadmio en agua tratada

Durante el tratamiento del agua contaminada (Cd) inoculada con el hongo, las muestras se llevaron al laboratorio para analizar mediante el método de espectrofotometría de absorción atómica en los días 2 y 9 respectivamente.

## 3.6. Método de análisis de datos

Se realizaron los análisis en un laboratorio autorizados por el inacal y los datos se tabularon en Excel, además se procesaron y analizaron en el programa Origin Pro 9.0 donde se realizaron gráficos estadísticos que indican los promedios, la distribución de los datos y la desviación estándar; también se procesaron los datos en el programa InfoStat donde se pudo realizar análisis estadísticos para la evaluación de tolerancia, ANOVA, la prueba de Kruskal Wallis, coeficiente de correlación, correlación Spearman y para los datos de porcentaje de remoción se realizó la prueba de Shapiro - Wilks, 'prueba de homogeneidad, nivel de confianza

de 95%.

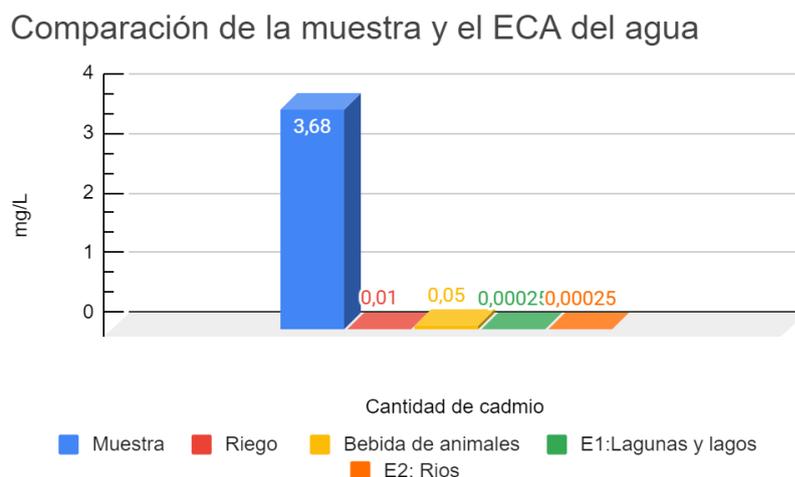
### 3.7 Aspectos éticos

En la investigación presente los resultados que se obtuvieron son confiables debido a que se realizará una exhaustiva y adecuada revisión de investigaciones previas para obtener información y poder desarrollar este proyecto, así mismo tener en cuenta el manual de ISO 690-2 ya que la similitud máxima del trabajo de investigación será el 20%, es por esa razón que se citara, se referencian respectivamente y se utilizara instrumentos que fueron evaluados por especialistas como se requiere.

## IV. RESULTADOS

### 4.1 Determinación de la concentración de cadmio inicial en la muestra

Para determinar la concentración inicial del cadmio en la muestra de agua ácida contaminada, se recolectó de Shorey Quiruvilca en las coordenadas (8°01 '40.8 "S 78°18'36.0"W ), esta muestra se llevó al laboratorio (Lab Promin) para realizar el análisis de absorción atómica en el cual dio como resultado 3.683 mg/L de cadmio inicial, teniendo en cuenta que, según el ECA del agua D.S 004- 2017 MINAM, Categoría III: Riego de vegetales y bebida de animales, subcategoría D1 y D2, la cantidad de cadmio máxima es de 0.01 mg/L y 0.05 mg/L respectivamente, observando que sobrepasa en 36700 veces más de lo indicado en el ECA en riego y el 72600 más en bebida de animales; en la Categoría IV: Conservación del ambiente acuático, subcategoría E1 y E2, la cantidad máxima de cadmio es 0.00025 para ambos, se observa que sobrepasa en 1473.2 (**Figura 3**).



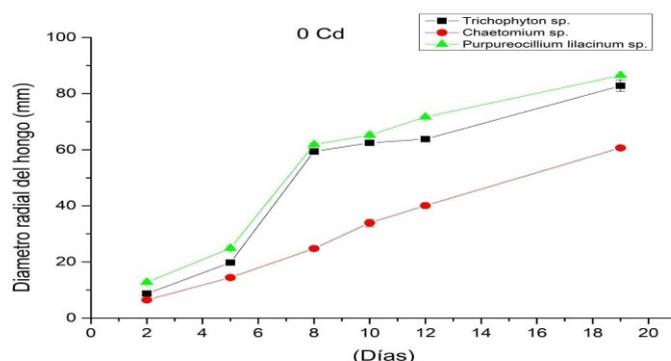
**Figura 3.** Comparación de Cd según el ECA DS 003-2017 MINAM contenida en la muestra.

**Fuente:** Elaboración propia

### 4.2 Evaluación de tolerancia de los hongos filamentosos al Cd

La evaluación de la tolerancia al Cd se realizó con los 3 hongos y (*Trichophyton spp.*, *Chaetomium spp.* y *Purpureocillium spp.*) dos aislados del suelo contaminado con relave y un hongo aislado del laboratorio, evaluándolos en un procedimiento realizado en placas con APD contaminadas con 3 dosis de Cd (0,10, 20 y 30 mg/L), realizándose las mediciones del diámetro del halo de los hongos en 6

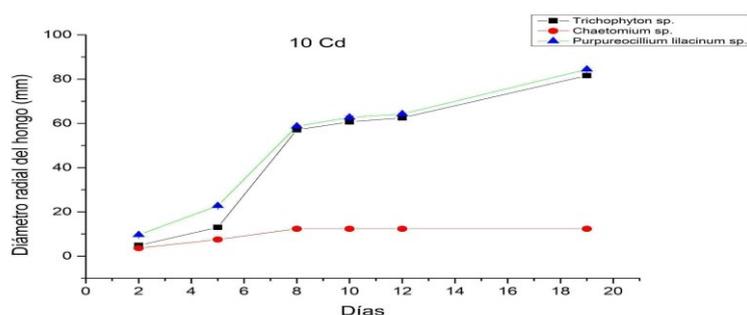
tiempos a los (2, 5, 8, 10, 12 y 19 días); lo que permitió hacer la comparación de los diámetros obtenidos en la evaluación de tolerancia, esto se visualiza en los **figuras 4, 5, 6 y 7.**



**Figura 4.** Mediciones de la prueba de tolerancia al Cd a hongos en medios sin Cd.

Fuente: Elaboración propia.

En la **figura 4** se muestra como fueron creciendo los 3 hongos en la placa APD sin ningún agregado de Cd, se puede apreciar que de los 3 hongos el que presentó menor crecimiento desde el día 2 al día 19 fue *Chaetomium* spp., que en el 2do día alcanzó un diámetro radial de 6.43 mm a uno de 60.67 mm en el 19vo día; el hongo con mayor crecimiento fue *Purpureocillium* spp. creciendo hasta 12.75 mm el 2do día, llegando hasta 86.47 mm el 19vo día.

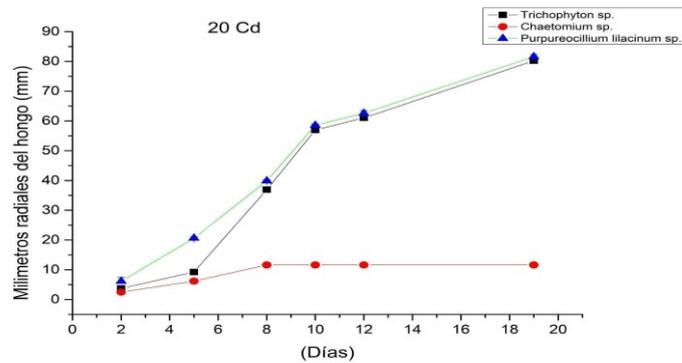


**Figura 5.** Mediciones de la prueba de tolerancia al Cd a hongos en medios con 10 mg/L de Cd.

Fuente: Elaboración propia.

En la **figura 5** se muestra cómo fueron creciendo los 3 hongos en la placa APD con estándar de Cd a 10 mg/L, se puede apreciar que de los 3 hongos el que presentó menor crecimiento desde el día 2 al día 19 fue *Chaetomium* spp., que en

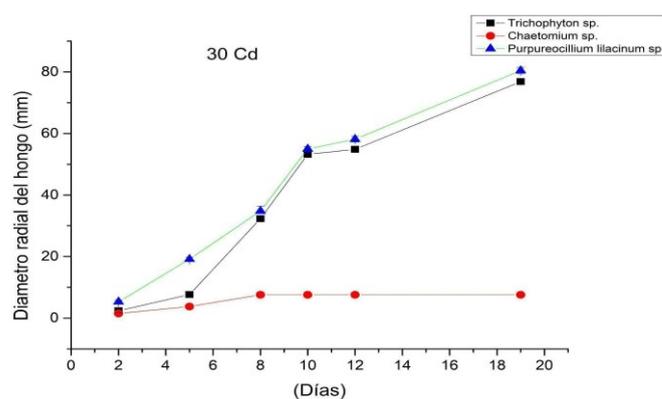
el 2do día alcanzó un diámetro radial de 3.60 mm a uno 12.33 mm en el 19vo día; el hongo con mayor crecimiento fue *Purpureocillium* spp. creciendo hasta 9.60 mm el 2do día, llegando hasta 84.40 mm el 19vo día.



**Figura 6.** Mediciones de la prueba de tolerancia al Cd a hongos en medios con 20 mg/L de Cd.

Fuente: Elaboración propia.

En la **figura 6** se muestra cómo fueron creciendo los 3 hongos en la placa APD con cantidad de estándar de Cd a 20 mg/L, se puede apreciar que de los 3 hongos el que presentó menor crecimiento desde el día 2 al día 19 fue *Chaetomium* spp., que en el 2do día alcanzó un diámetro radial de 2.50 mm a uno 11.63 mm en el 19vo día; el hongo con mayor crecimiento fue *Purpureocillium* spp. creciendo hasta 6.13 mm el 2do día, llegando hasta 81,60 mm el 19vo día.



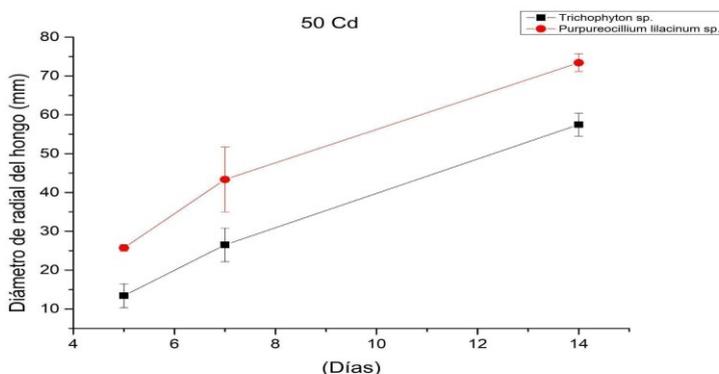
**Figura 7.** Mediciones de la prueba de tolerancia al Cd a hongos en medios con 30 mg/L de Cd.

Fuente: Elaboración propia.

En la **figura 7** se muestra cómo fueron creciendo los 3 hongos en la placa APD con cantidad de estándar de Cd a 30 mg/L, se puede apreciar que de los 3 hongos el que presentó menor crecimiento desde el día 2 al día 19 fue *Chaetomium* spp., que en el 2do día alcanzó un diámetro radial de 1.52 mm a uno 7.59 mm en el 19avo día; el hongo con mayor crecimiento fue *Purpureocillium* spp. creciendo hasta 5.30 mm el 2do día, llegando hasta 80.43 mm el 19vo día.

De las gráficas (5, 6, 7 y 8) también se puede observar que a mayor cantidad de estándar de Cd en los medios de cultivo menor es el crecimiento de los hongos en las placas esto se puede ver en los 3 hongos que no fueron expuestos a estándar de Cd tuvieron un crecimiento de (*Trichophyton* spp., *Chaetomium* spp. y *Purpureocillium* spp.) de (82.77, 60.67 y 86.47 mm) el 19vo día respectivamente y a 30 mg/L de Cd (76.83, 7.59 y 80.43 mm) en la misma cantidad de días,

Se realizó la prueba de tolerancia a los dos hongos que mostraron alta tolerancia en la 1era prueba (*Trichophyton* spp. y *Purpureocillium* spp.), en la 2da prueba se evaluó la tolerancia en medio de APD contaminado con cantidad de estándar de Cd de 50 mg/L y la medición se realizó a los 5, 7 y 14 días.

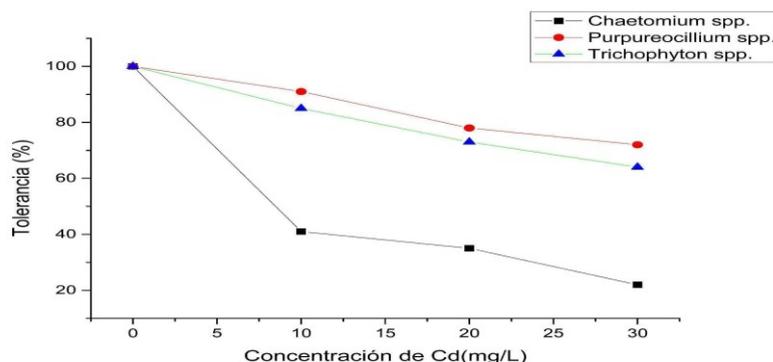


**Figura 8.** Mediciones de la prueba de tolerancia al Cd a hongos en medios con 50 mg/L de Cd.

Fuente: Elaboración propia.

En la **figura 8** se muestra cómo fueron creciendo los 2 hongos en la placa APD con estándar de Cd a 50 mg/L, se puede apreciar que de los 2 hongos el que presentó menor crecimiento desde el día 5 al día 14 fue *Trichophyton* spp., que en el 5to día alcanzó un diámetro radial de 13,43 mm a uno de 57,47 mm en el 14vo día; el hongo con mayor crecimiento fue el *Purpureocillium* spp. creciendo hasta 25,73 mm el 5do

día, llegando hasta 73,42 mm el 14vo día.



**Figura 9.** Porcentajes de tolerancia según la concentración de Cd (mg/L).

Fuente: Elaboración propia.

En la **figura 9** se muestra el comportamiento del porcentaje de tolerancia de los 3 hongos expuestos a 4 concentraciones de estándar de Cd (0,10, 20 y 30 mg/L), se puede apreciar que de los 3 hongos el que presentó menor crecimiento fue el *Chaetomium* spp., teniendo con la dosis de cantidad de Cd de 30 mg/L solo 22% de tolerancia; el hongo con mediana tolerancia fue el *Trichophyton* spp. que expuesto de 30 mg/L de Cd tuvo 64% de tolerancia; por último, el hongo que mostró mayor porcentaje de tolerancia fue el *Purpureocillium* spp. teniendo hasta un 72% de tolerancia a una dosis de 30 mg/L de Cd. En esta figura también se aprecia que a mayor concentración de exposición de los hongos al estándar de Cd menor es el crecimiento de los 3 hongos lo que se aprecia con el descenso de la curva.

A continuación, se hace un análisis estadístico para demostrar si existen diferencias en el porcentaje de tolerancia de los hongos al Cd en la aplicación de la dosis de 10 mg/L, 20 mg/L, 30 mg/L y 50 mg/L de Cd. Previamente se evaluaron la distribución normal de los datos y la homogeneidad de las varianzas con un nivel de confianza de 95%, resultando que los datos no tienen una distribución normal ( $p < 0.0001$ ) por lo que se optó por un análisis de varianza no paramétrica de la prueba de Kruskal Wallis utilizando el software estadístico InfoStat versión 2008.

De manera que, la hipótesis nula ( $H_0$ ) indica que el porcentaje de tolerancia de los

hongos no es diferente a los niveles de concentración de Cd y la hipótesis alterna (H1) que el porcentaje de tolerancia de los hongos es diferente a los niveles de concentración de Cd.

**Tabla 3. Porcentajes de tolerancia de los 3 hongos expuestos a diferentes concentraciones de Cd.**

Concentración de Cd mg/L	<i>Chaetomium</i> spp. % de tolerancia	<i>Trichophyton</i> spp. % de tolerancia	<i>Purpureocillium</i> spp. % de tolerancia	p
30	22	64	72	<0.0001
20	35	73	78	
10	41	85	91	
0	100	100	100	

Fuente: Elaboración propia.

En la **tabla 3** el hongo la *Purpureocillium* spp. mostró mayor tolerancia a diferentes concentraciones de Cd siendo el porcentaje de tolerancia de hongo diferente con p valor altamente significativo ( $p=0.0001$ ), a sí mismo a mayor concentración disminuye el %de tolerancia.

Se hizo una prueba adicional exponiendo los hongos *Purpureocillum* spp. y *Trichophyton* spp. a 50 mg/L de estándar de Cd, para reafirmar que el hongo *Purpureocillum* spp. es el que tiene mayor porcentaje de tolerancia comparándolo con el de cercana tolerancia *Trichophyton* spp., la medición de los diámetros de halo de crecimiento se llevó a cabo el día 5, 7 y 14.

Con los datos obtenidos se realizó un análisis estadístico de la prueba T comparando los datos con el resultado mayor que se obtuvo en la exposición a 30 mg/L de estándar de Cd que fue 72% de tolerancia al estándar de Cd del hongo *Purpureocillum* spp. para saber cuál de los dos hongos que resaltaron en la anterior prueba de tolerancia superaría 72%.

De tal manera que, la hipótesis nula ( $H_0$ ) indicaba que el porcentaje de tolerancia del hongo *Purpureocillium* spp. no es diferente a 72% de tolerancia del hongo *Trichophyton* spp. a una concentración de estándar de Cd a 50 mg/L y la hipótesis alterna ( $H_1$ ) que el porcentaje de tolerancia del hongo *Purpureocillium* spp. es diferente al 72% de tolerancia del hongo *Trichophyton* spp. a una concentración de estándar de Cd a 50 mg/L.

**Tabla 4. Porcentajes de tolerancia de hongos *Purpureocillium* spp. y *Trichophyton* spp. expuestos a 50 mg/L de Cd.**

Concentración de Cd (mg/L)	Hongo	Porcentaje de tolerancia (%)	p (Bilateral)
50	<i>Purpureocillium</i> spp.	89	0.0149
	<i>Trichophyton</i> spp.	67	0.4993

Fuente: Elaboración propia.

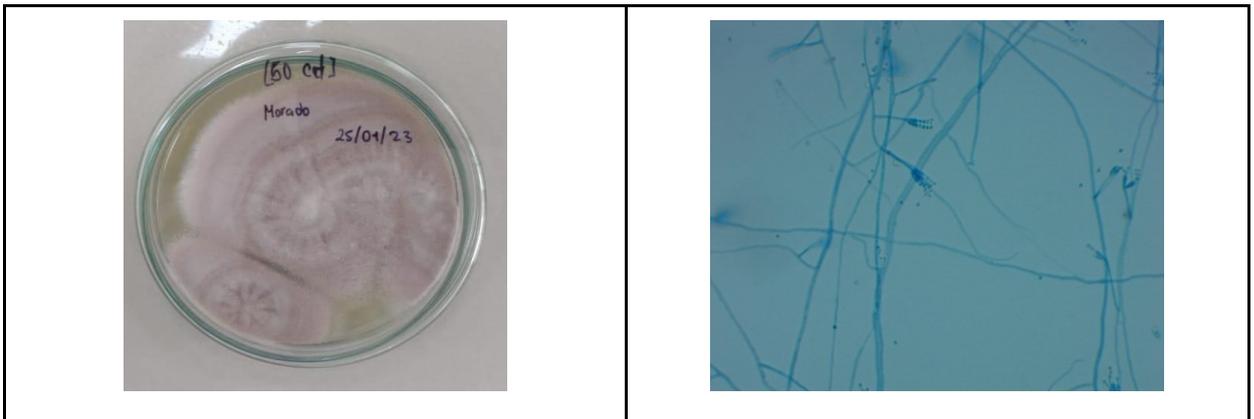
En la **tabla 4** se demuestra que el hongo *Purpureocillium* spp. es el hongo con mayor porcentaje de tolerancia siendo expuesto a 50 mg/L de estándar de Cd siendo 89% superando el 72% que obtuvo en la prueba de exposición del hongo a 30 mg/L de Cd, se obtuvo que los datos del hongo *Purpureocillium* spp. es estadísticamente significativo ya que la ( $p < 0.05$ ) siendo 0.0149 aceptándose la hipótesis alternativa que indique que el porcentaje de tolerancia del hongo *Purpureocillium* spp. es diferente al 72% de tolerancia del hongo *Trichophyton* spp. a una concentración de estándar de Cd a 50 mg/L.

#### **4.2.1. Identificación de los hongos utilizados en la prueba de tolerancia**

Los hongos utilizados en la prueba de tolerancia fueron 3 cepas de los siguientes géneros: *Purpureocillium* spp., *Trichophyton* spp. y *Chaetomium* spp.

Género *Purpureocillium* spp.: Presenta estructuras reproductivas asexuales verticilados e irregulares, filide dilatadas o cilíndricas que terminan en un delgado y

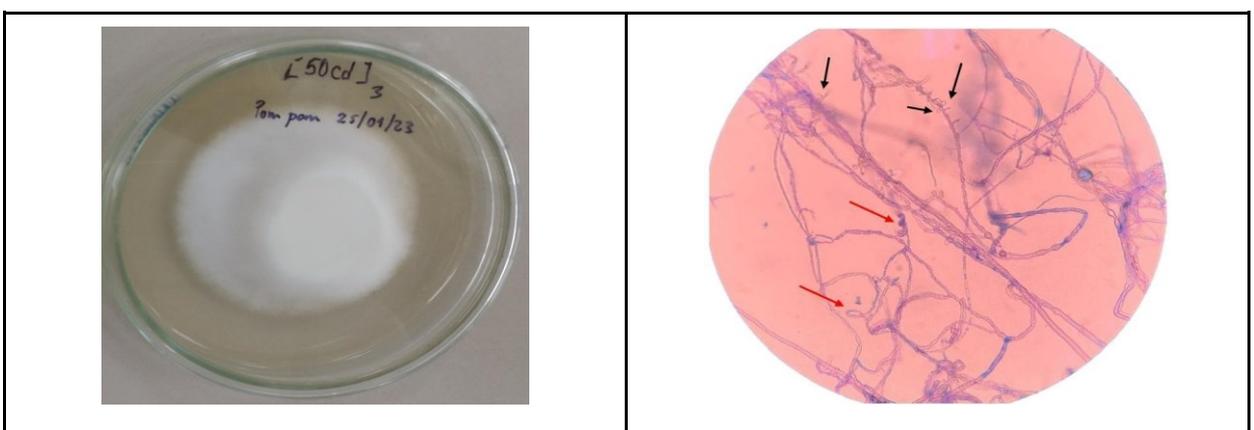
largo cuello conidióforos, producen cadenas desordenadas de conidios sub esféricos a elipsoidales (Llacza, p. 56, 2021).



**Figura 10.** Placa donde se encuentra la cepa *Purpureocillium* spp. y la imagen de esta cepa visto desde el microscopio.

Fuente: Elaboración propia.

Género *Trichophyton* spp.: Este hongo tiene la característica de tener gran cantidad de micro conidios con una tamaño de 2 a 4  $\mu\text{m}$  puede tener diversidad de formas, algunas de las especies más frecuentes de este hongo son: *T. Rubrum*, *T. Mentagrophytes*, entre otras (Watts, 2021). En la **figura 11** se pudo identificar sus hifas espiraladas lo que indican las flechas rojas y microconidias lo que indica la flecha negra.

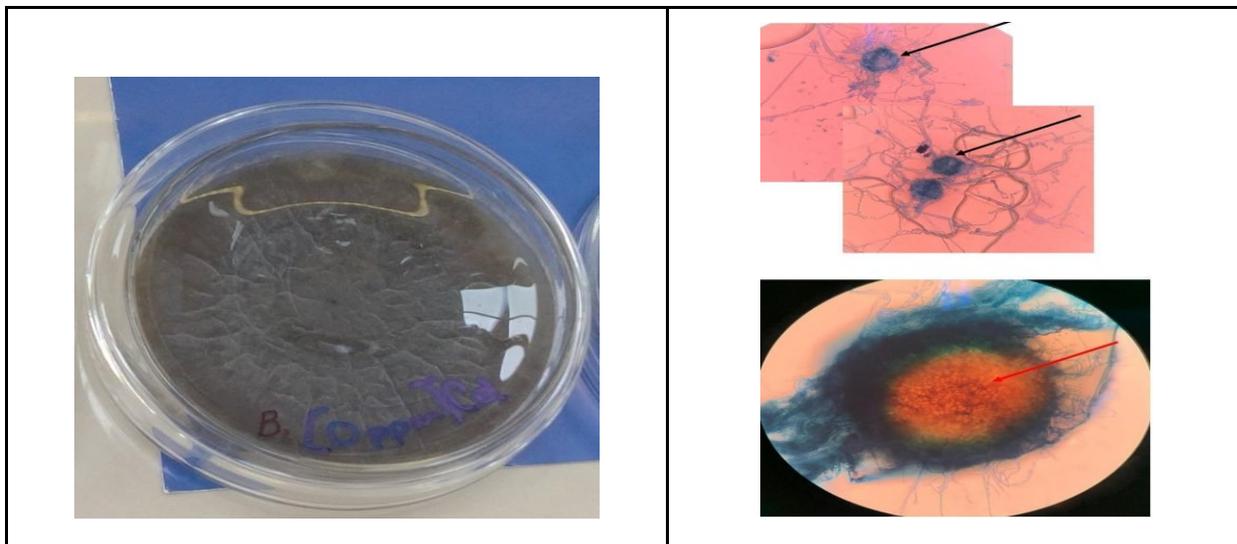


**Figura 11.** Placa donde se encuentra la cepa *Trichophyton* spp. y la imagen de esta cepa visto desde el microscopio.

Fuente: Elaboración propia.

Género *Chaetomium* spp.: Está formado por gran cantidad de peritecios en paralelo que tiene un tamaño de 115.481  $\mu\text{m}$ , sus hifas son septadas y contienen ascosporas

con un color pardo oscuro que están introducidas en ascas que sobresalen del peritecium que tiene un tamaño de 86.051  $\mu\text{m}$  (Gutiérrez y Pomaquia, 2018). En la **figura 12** se observa la formación de esclerocios lo que indica la flecha negra y vista de ascosporas lo que indica la flecha roja.



**Figura 12.** Placa donde se encuentra la cepa *Chaetomium* spp. y la imagen de esta cepa visto desde el microscopio.

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.3. Concentración de cadmio final con el hongo *Purpureocillium* spp.

**Tabla 5. Resultados de remoción de Cd con tratamiento del hongo *Purpureocillium* spp.**

Días de tratamiento	Dosis de hongo (g/L)	Inicial (mg/L)	Concentración de Cd (mg/L)	Cantidad removida de Cd (mg/L)
2	1	3.668	2.016	1,652
	2	3.668	1.427	2,241
9	1	3.668	0.063	3,605
	2	3.668	0.040	3,628

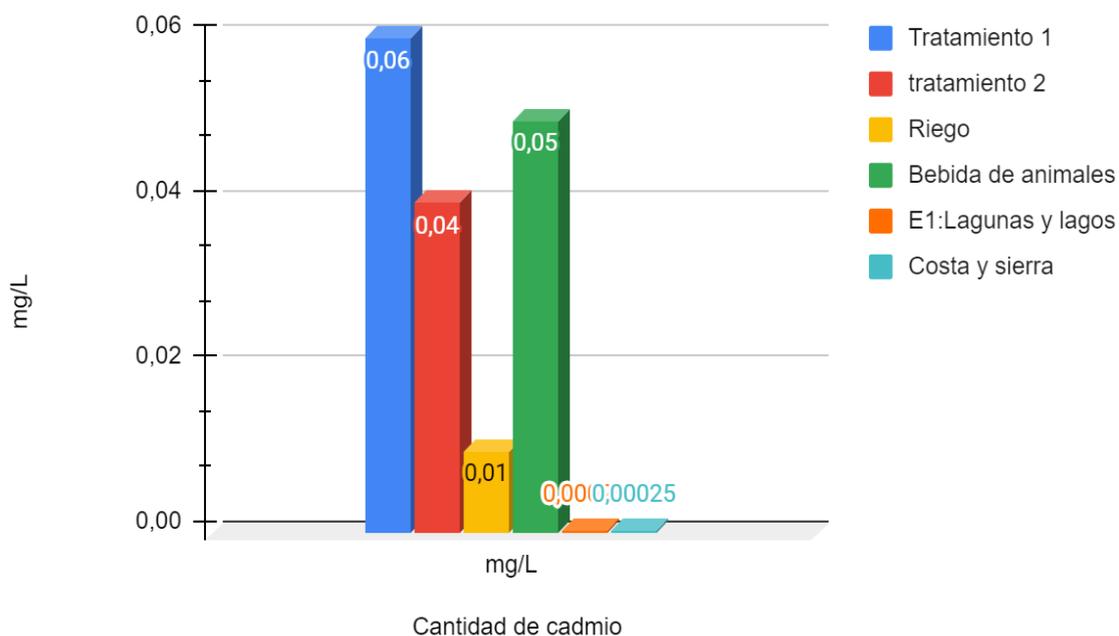
Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar en la **Tabla 5** la concentración inicial de cadmio en la muestra de aguas ácidas tomadas de zonas cercanas a pasivos mineros fue de 3.668 mg/L, del cual se obtuvo 6 muestras para tratamiento en laboratorio con 2 niveles de dosis del hongo *Purpureocillium* spp.

Asimismo, en la **Tabla 5** en el día 2, con una dosis de 1 g/L del hongo se tuvo una

remoción promedio de Cd de 1.652 mg/L y con una dosis de 2 g/L se removió 2.241 mg/L; para el día 9, se obtuvo una remoción del 3.605 mg/L y 3.628 mg/L respectivamente. Estos resultados muestran una concentración final de Cd de 0.063 mg/L y 0.040 mg/L para las dosis de tratamiento respectivamente para el hongo *Purpureocillium* spp. Este último resultado logro remover el Cd y mejoro la calidad del agua acorde a la categoría 3 del ECA para bebida de animales (DS 003- 2017 MINAM), (Figura 13).

Comparación del tratamiento y el ECA



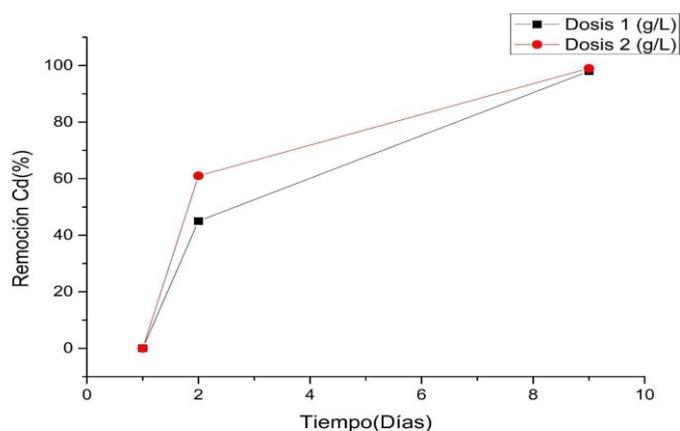
**Figura 13.** Comparación final de la cantidad de cadmio con respecto al ECA del agua y la muestra 2 g/L y 1 g/L de masa del inóculo.

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 6. Resultado de eficiencia de remoción de Cd con tratamiento del hongo *Purpureocillium* spp.**

Días de tratamiento	Masa inóculo (g/L)	Inicial (mg/L)	Cantidad removida de Cd (mg/L)	Eficiencia de remoción de Cd
2	1	3,668	1,652	45,03%
	2	3,668	2,241	61,11%
9	1	3,668	3,605	98,27%
	2	3,668	3,628	98,91%

Fuente: Elaboración propia.



**Figura 14.** Promedio de eficiencia de remoción del día 2 y 9 con una masa de micelio de 1 g/L y 2 g/L  
Fuente: Elaboración propia.

Se puede observar en la **tabla 6 y Figura 14** que la mejor eficiencia de remoción se da en el día 9 con 98.29 % y 98.90% para las dosis de 1 g/L y 2 g/L respectivamente con el hongo *Purpureocillium* spp.

A continuación, se hace un análisis estadístico para demostrar si existen diferencias en la eficiencia de remoción de Cd en el día 9 de tratamiento a las muestras de aguas ácidas con la aplicación de la dosis de 1 g/L y de 2 g/L del hongo *Purpureocillium* spp.; previamente se evaluaron la distribución normal de los datos y la homogeneidad de las varianzas con un nivel de confianza de 95%, resultando que los datos no tiene una distribución normal ( $p < 0.0001$ ) por lo que se optó por un análisis de varianza no paramétrica de la prueba de Kruskal Wallis utilizando el software estadístico InfoStat versión 2008.

De manera que, la hipótesis nula ( $H_0$ ) planteada es cuando la eficiencia promedio de remoción de Cadmio no es distinto a las dosis de Hongo *Purpureocillium* spp. y la hipótesis alterna ( $H_1$ ) cuando la eficiencia promedio de remoción de Cadmio es distinto a las dosis de Hongo *Purpureocillium* spp.

**Tabla 8. Eficiencia de remoción de cadmio con un hongo *Purpureocillium* spp. el 9 día.**

Dosis: <i>Purpureocillium</i> spp.	N	Medias (%)	p
1 g/l de hongo	3	0.98	0.1500
2 g/l de hongo	3	0.99	

Fuente: Elaboración propia

A partir de la **tabla 8** se deduce que la eficiencia promedio de remoción de cadmio en ppm en el día 9 no es distinta a la variación de las dosis 1 y 2 g/L del hongo *Purpureocillium* spp. ( $p = 0.150$ ) por lo tanto no es significativa estadísticamente.

## V. DISCUSIÓN

En la presente investigación se ha evidenciado mediante un análisis de absorción atómica, que la concentración de cadmio en aguas ácidas de zonas aledañas a pasivos ambientales mineros en Shorey es 3.68 mg/L. A diferencia del resultado obtenido por Gongchai (2022) que encontró en aguas estancadas con relaves mineros una concentración superior de 24.54 mg/L. No obstante, Arrieta, (2019) también encontró una cantidad superior de cadmio en la laguna Yanamate resultando 40.4 mg/L, quien marco mayor diferencia con un resultado elevado fue Talukdar (2020) que obtuvo un resultado inicial de cadmio de 100 mg/L debido a que realizo la contaminación artificial con Cd en laboratorio. Por último, Muñoz, (2019) encontró en el río Guayanés una cantidad inferior de cadmio de 0.083 mg/L. Así, podemos decir que los cuerpos de aguas están siendo contaminadas con metales pesados como el Cd que es superior en aguas de lagunas y en ríos expuestos a contaminantes de pasivos (Anexo 15).

Por otra parte, según el ECA del agua Categoría III (D.S 004- 2017 MINAM), establece que la concentración máxima de cadmio es 0.01 mg/L para riego y de 0.05 mg/L para bebida de animales, sin embargo, en el presente estudio se evidencia que sobrepasa en 36700 veces más en agua para riego y de 72600 veces más por encima de la calidad de agua para bebida de animales. Por lo que es evidente la necesidad de minimizar las concentraciones de Cd que generan problemas en la salud en los animales y en los ecosistemas acuáticos.

Una alternativa para abordar el problema de la contaminación por Cd es utilizar microorganismos que sean tolerantes a este metal. Estos microorganismos pueden tener la capacidad de eliminar el Cd, por lo que es importante realizar pruebas de tolerancia. Estas pruebas son fundamentales para determinar qué hongos tienen la capacidad de remover el metal deseado (Cd). A través de estas pruebas, es posible seleccionar los hongos que demuestren ser tolerantes, lo que permite reducir el número de hongos a evaluar de manera más selectiva. De esta forma, se eligen únicamente aquellos hongos que sean más resistentes a la exposición a altas concentraciones del metal seleccionado para la evaluación (Muñoz, et al., 2019).

En la prueba de tolerancia realizada en la presente investigación se utilizó como medio para la prueba Agar Papa Dextrosa (APD) lo que fue contaminado con estándar de Cd en 4 dosis (10, 20, 30 y 50 mg/L) el hongo que presentó mayor porcentaje de tolerancia fue el hongo *Purpureocillium* spp. con 89% a cantidad de estándar de Cd a 50 mg/L y con un crecimiento de 73,42 mm en el 14vo día. Comparado con Manguilimotan (2018) se podría decir que el hongo *Aspergillus* spp. tuvo mayor tolerancia ya que tolero mayor cantidad de Cd a 100 mg/L. En otras investigación donde realizaron también la prueba de tolerancia se puede apreciar una distinta manera de evaluación como en el caso de Wongchai (2022) que realizó la prueba de tolerancia también en placas con APD utilizando como indicadores de evaluación los signos (-) y (+) para calificar si un hongo era menos o más tolerante, obteniendo como hongo con mayor tolerancia a *Aspergillus flavus* con una calificación de (++) que significa que tuvo un crecimiento fuerte, este hongo fue el único que obtuvo (++) a 1000 mg/L. De una manera similar a Wongchai (2022) lo realizado Talukdar (2020) utilizando el mismo medio APD contaminado, el hongo con mayor tolerancia fue *Aspergillus fumigatus* con una calificación de (++++), significando que tuvo crecimiento normal. Arrieta (2019) siguió una evaluación similar a la del presente estudio, evaluando los hongos con el puntaje de índice de tolerancia donde se tuvo que realizar de igual manera la medición del diámetro de los hongos, determino como hongo con mayor tolerancia a *Trichoderma* expuesto hasta una cantidad de Cd de 700 mg/L. Observando estos trabajos previos el hongo que tiene mayor tolerancia es el *Aspergillus flavus* (Anexo 16).

Además, se puede comprar la concentración de remoción en el día 9 que fue de 0.04 mg/L, sin embargo, Gongchai (2022) que en el día 10 la concentración de remoción fue de 10,69 mg/L. Arrieta (2019) nos dice que la concentración de remoción de cadmio de la laguna en el día 5 fue de 1.18 mg/L. Además, Talukdar (2020) obtuvo una remoción de 5.02 mg/L siendo que nuestra remoción fue la más óptima (Tabla 10).

En cuanto a la eficiencia de remoción después del tratamiento, se encontró que el hongo *Purpureocillium* spp. logró una remoción de cadmio del 98,29% y 98,91% con

una masa de inóculo de 1 g/L y 2 g/L, respectivamente. En contraste, Arrieta (2019) informó una eficiencia de remoción del 73% utilizando el hongo *Trichoderma asperellum* y por otro lado, Talukdar (2020) logró remover un 70,32% de cadmio utilizando el hongo *Aspergillus fumigatus*. En resumen, el hongo *Purpureocillium* spp. ha demostrado ser más eficiente que los hongos *Trichoderma asperellum* y *Aspergillus fumigatus* en términos de remoción de cadmio (Anexo 17).

Por lo tanto, resulta beneficioso emplear la técnica de micorremediación, la cual se basa en el uso de hongos para eliminar contaminantes difíciles y restaurar o remediar la calidad del agua. Esta técnica tiene la capacidad de reducir o eliminar los niveles de concentración de toxicidad, lo que la convierte en una opción amigable con el medio ambiente (Vázquez, 2019).

## VI. CONCLUSIONES

- La eficiencia de remoción que se obtuvo después del tratamiento con el hongo *Purpureocillium* spp. para biorremediar aguas ácidas con Cadmio, fue 98,3% con la dosis de 1 g/L y 98.9% con la dosis de 2 g /L al noveno día de tratamiento, lo cual es interesante ya que los dos remueven casi el 100% y determinando que este hongo es eficiente.
- La concentración inicial de cadmio de las muestras de agua ácida determinada por el análisis de laboratorio de absorción atómica fue de 3.683 mg/L este resultado sobrepasó los estándares de calidad de agua de la categoría III riego y bebida de animales.
- En los resultados de las 3 cepas de hongos filamentosos, *Trichophyton* spp. *Purpureocillium* spp. *Chaetomium* spp. al exponerlos al estándar de Cd a 30 mg/L se obtuvo 22%, 64% y 72% de tolerancia respectivamente; además se expuso los hongos *Trichophyton* spp. y *Purpureocillium* spp. al estándar de Cd a 50 mg/L obteniéndose 67% y 89 % de tolerancia respectivamente, con lo que se pudo determinar que el hongo con mayor tolerancia fue el *Purpureocillium* spp.
- Con el uso de la cepa *Purpureocillium* spp. se obtuvo al final del tratamiento de 1 g/L de masa una concentración de cadmio de 0,063 mg/L y con 2 g/L de masa se obtuvo una concentración de cadmio de 0.040 mg/L en el día 9, comprobando así la disminución de Cd en el tratamiento. De ello se comprobó que en el día 9 a 1 g/L de masa se alcanzó 3.620 mg/L de remoción de Cd y a 2 g/L de masa 3.643 mg/L de remoción.

## VII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar la prueba molecular para tener una identificación más específica del hongo *Purpureocillium* spp.
- Se recomienda exponer al hongo *Purpureocillium* spp. a una prueba de tolerancia con mayores concentraciones de Cd.
- Se recomienda disminuir la masa del hongo *Purpureocillium* spp. a una menor dosis al aplicarse el tratamiento.

## REFERENCIAS

- COELHO, Ednei; Alves Reis Tatiana, Marycel Cotrim, Thomas K. Mullan, Benedito Corrêa, Resistant fungi isolated from contaminated uranium mine in Brazil shows a high capacity to uptake uranium from water, Chemosphere, Volume 248, 2020, ISSN 0045-6535, <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.126068>.  
(<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045653520302617>)
- GUTIÉRREZ, Christian y POMAQUIZA, Luis. Evaluación de 4 cepas de hongos endófitos rizosféricos de solanáceas en la germinación y desarrollo de plántulas de tomate de árbol (*Solanum betaceum* Cav), 2018. Ecuador: Universidad de Cuenca. Disponible en [http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/29847/1/Trabajo\\_de\\_titulacion.pdf](http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/29847/1/Trabajo_de_titulacion.pdf)
- SAAVEDRA, Ricardo. Biorremediación de aguas con metales pesados mediante biomasa microalgal, 2019. Valladolid: Universidad de Valladolid. Recuperado en <https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/42745/TEISIS-1719-201005.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- ANA. Protocolo Nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales, 2016. Recuperado de [https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/publication/files/protocolo\\_nacional\\_para\\_el\\_monitoreo\\_de\\_la\\_calidad\\_de\\_los\\_recursos\\_hidricos\\_superficiales.pdf](https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/publication/files/protocolo_nacional_para_el_monitoreo_de_la_calidad_de_los_recursos_hidricos_superficiales.pdf)
- FARRO, Rocío , RAMOS, Willy, IGLESIAS, Sebastián y CARREÑO, Carmen. Aislamiento e identificación de microorganismos ambientales del museo Tumbas Reales de Sipán, 2021. Revista U.D.C.A. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/rudca/v24n2/2619-2551-rudca-24-02-e1533.pdf>
- AQUINO, Jhonatan <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/5503>
- WONGCHAI Anupong, et al. Bioremediation competence of *Aspergillus flavus* DDN on pond water contaminated by mining activities, Chemosphere. Volume 304, 2022, 135250, ISSN 0045-6535, <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.135250>.
- TALUKDAR, D, et al. Identification and characterization of cadmium resistant fungus isolated from contaminated site and its potential for bioremediation,

- Environmental Technology & Innovation, Volume 17, 2020, 100604, ISSN 2352-1864, <https://doi.org/10.1016/j.eti.2020.100604>.
- LIU, Jing, et al. Network-based risk dynamic simulation model for accidental water pollution discharge of mine tailings ponds at watershed-scale, Journal of Environmental Management, Volume 246, 2019, Pages 821-831, ISSN 0301-4797, <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.06.060>.
  - AGRADA Valenzuela, Yuly, “Evaluación de un Sistema De Biorremediación de Agua con Metales Pesados Usando Biomasa de Basidiomicetos Provenientes Del Santuario Nacional Del Ampay” Perú, 2018. [https://repositorio.unamba.edu.pe/bitstream/handle/UNAMBA/637/T\\_0360.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unamba.edu.pe/bitstream/handle/UNAMBA/637/T_0360.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
  - CALLA, Yessica .Evaluación de la Tolerancia de Cromo VI y Colorantes Sintéticos A Escala de Laboratorio Mediante cepas fúngicas aisladas en las curtiembres del parque Industrial de río seco (PIRS), AREQUIPA - 2021, Arequipa, Perú, 2022 <https://repositorio.unsa.edu.pe/server/api/core/bitstreams/6d9ea8f3-c1e2-4d8c-bf8c-21540269e49f/content>
  - MATHIYAZHAGAN, Narayanan. Reclamation competence of *Crotalaria juncea* with the amalgamation and influence of indigenous bacteria on a waste dump of bauxite mine, Chemosphere, Volume 279, 2021, ISSN 0045-6535, <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.130632>.
  - THATHAPUDI, Jesse, et al. Chapter 6 - Enhanced Bioremediation of arsenic-contaminated groundwater using bacterial biosorption, sequestration, and phytoremediation techniques, Editor(s): Maulin P. Shah, B.R.M. Vyas, In Developments in Applied Microbiology and Biotechnology, Emerging Technologies in Applied and Environmental Microbiology, Academic Press, 2023, Pages 85-96, ISBN 9780323998956, <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-99895-6.00010-1>.
  - COELHO, Ednei, et al. Corrigendum to “Resistant fungi isolated from contaminated uranium mine in Brazil shows a high capacity to uptake uranium from water” [Chemosphere 248 (2020) 1 9/126068], Chemosphere, Volume 268, 2021, ISSN 0045-6535, Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.128845>.
  - ROJAS Osorio, Leonardo Fabio, Caracterización Físicoquímica y Bacteriológica

de Agua de Consumo Humano del Centro poblado de San Marcos, Distrito De Chontabamba, Provincia De Oxapampa – 2018, [http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/412/1/T026\\_47762610\\_T.pdf](http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/412/1/T026_47762610_T.pdf)

- MARÍN Galvín Rafael, Características Físicas, Químicas y Biológicas de las Aguas, <https://static.eoi.es/savia/documents/componente48099.pdf>
- WONGCHAI Anupong, Khumchai Jutamas, Ruangwong On-uma, Maha Alshiekheid, Amal Sabour, Ramakrishnan Krishnan, Nguyen Thuy Lan Chi, Arivalagan Pugazhendhi, Kathirvel Brindhadevi, Bioremediation competence of *Aspergillus flavus* DDN on pond water contaminated by mining activities, *Chemosphere*, Volume 304, 2022, ISSN 0045-6535, <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.135250>.
- HERNÁNDEZ Baranda, Yenisei; Rodríguez Hernández Pedro, et al., Toxicidad del Cadmio en las plantas y estrategias para disminuir sus efectos. Estudio de caso: El tomate, 2019, Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0258-59362019000300010](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362019000300010)
- WATTS, Anabella. Epidemiología molecular de aislamientos clínicos de *Trichophyton* spp en Monterrey, México, 2021. México: Universidad autónoma de Nueva León. Disponible en <http://eprints.uanl.mx/20520/185/20520.pdf>
- VILA, Elvis. Aislamiento y selección de levaduras nativas capaces de producir altos rendimiento de alcohol empleando como sustrato el exudado de cacao (*Theobroma cacao* L.) Clon CCN-51 en el distrito de San Alejandro, 2018. Pucallpa: Universidad Nacional de Ucayali. Disponible en <http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/3868/000003526T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- CAMPIÁN, David. Reducción de aceite dieléctrico en el suelo contaminado utilizando las cepas de *Penicillium janthinellum* asociado con bagazo de la caña de azúcar en Shangrilla, puente piedra – 2018. Tesis para optar el título (Ingeniero Ambiental). Lima, Perú: Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, 2018. 108 p.
- CONABIO, biodiversidad mexicana, [en línea], [fecha de consulta] , 22-10- 2022, disponible en <https://www.biodiversidad.gob.mx/especies/gfamilia/4/index>
- DÍAZ, Javier; SILVA, Karen. Identificación de niveles de toxicidad de metales pesados en el suelo y los potenciales peligros a la salud humana, 2018. Colombia:

Revista dinámica ambiental. Disponible en:

<https://revistas.unilibre.edu.co/index.php/ambiental/article/download/5798/5387/12450>

- JUÁREZ, Luis y TOBÓN, Sergio. Análisis de los elementos implícitos en la validación de contenido de un instrumento de investigación [en línea]. [Fecha de consulta: 26 de junio de 2022]. 2018 Disponible en: <https://www.revistaespacios.com/cited2017/cited2017-23.html>
- INEA, Estado del ambiente y los impactos, 2019 [en línea] [Fecha de consulta: 26 de junio de 2022]. 2019. disponible en: <https://sinia.minam.gob.pe/inea/informe/estado-y-los-impactos/>
- NAVARRO, Omar. Micología veterinaria, universidad nacional agraria, facultad de ciencia animal, 2013. Nicaragua: Universidad Nacional Agraria. Disponible en: <https://repositorio.una.edu.ni/2470/1/nl73n322.pdf>
- VINAYAGAM, Vignesh [et al]. *Protein nanofibrils as versatile and sustainable adsorbents for an effective removal of heavy metals from wastewater: A review*. Chemosphere. [en línea]. Agosto 2022. [Fecha de consulta: 21 de octubre de 2022]. Recuperado de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045653522011286>
- ISOMURA [et al]. Depth-resolved analysis of local atomic structures via X-ray absorption spectroscopy through the detection of energy-loss Auger electrons. [en línea]. 2022. [Fecha de consulta: 22 de octubre de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2021.151610>
- HUANG, Wei-Ling, WU, Pei-Chih y CHIANG, Tzen-Yuh. Metagenomics: Potential for bioremediation of soil contaminated with heavy metals, *Ecological Genetics and Genomics*, Volume 22, 2022, 100111, ISSN 2405-9854, Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.egg.2021.100111>.
- DA Júnior, et al. Growth of the fungus *Chaetomium aureum* in the presence of lead: implications in bioremediation. *Environ Earth Sci* 77, 275 (2018). <https://doi.org/10.1007/s12665-018-7447-x>
- SOMU, Prathap [et al]. *Immobilization of enzymes for bioremediation: A future remedial and mitigating strategy*. Environmental Research. [en línea]. Septiembre 2022. [Fecha de consulta: 25 de junio de 2022] Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0013935122007381>

- FAO, Portal de suelos de la FAO, Propiedades Biológicas, sf. ONU: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Disponible en <https://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/propiedades-del-suelo/propiedades-biologicas/es/>
- MINISTERIO DEL AMBIENTE. Guía Técnica de aplicación del RD 9/2005, de 14 de enero, por el que se establece la relación de actividades potencialmente contaminantes del suelo y los criterios y estándares para la declaración de suelos contaminados, 2007. España: Ministerio del Ambiente. Disponible en [https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/suelos-contaminados/guia\\_tecnica\\_contaminantes\\_suelo\\_declaracion\\_suelos\\_tcm30-185726.pdf](https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/suelos-contaminados/guia_tecnica_contaminantes_suelo_declaracion_suelos_tcm30-185726.pdf)
- SÓCRATES, Julio. Contaminación del agua y suelo por los relaves mineros, 2021. Perú: PAIDEIA XXI. Disponible en <http://revistas.urp.edu.pe/index.php/Paideia/article/view/3622/4588>
- FIZA, Liaquat, et al. Evaluation of metal tolerance of fungal strains isolated from contaminated mining soil of Nanjing, China, 2020. China: MDPI. Disponible en <https://doi.org/10.3390/biology9120469>
- DÍAZ, Walter. Estrategia de gestión integrada de suelos contaminados en el Perú, 2016. Perú: Revista del instituto de investigación FIGMMG - UNMSM. Disponible en <https://app.ingemmet.gob.pe/biblioteca/pdf/RFIGMMG-38-103.pdf>
- ONU. Evaluación mundial de la contaminación del suelo, 2022. Roma: FAO. Disponible en: <https://www.fao.org/documents/card/es/c/cb4827es>
- AREVALO Soliz, Paul Andres, Determinación de la capacidad de degradación de cianuro proveniente de la industria minera del cantón cuenca con Trichoderma spp, trabajo de titulación previo para obtener el grado de ingeniero en biotecnología de los recursos naturales, Ecuador, 2018. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/16035/1/UPS-CT007777.pdf>
- LLACZA Ladera, Henry Frans, Evaluación de la biosorción de Pb en hongos filamentosos del distrito de Santa Bárbara de Carhuacayán, Yauli – Junín , Para optar el Grado Académico de Magíster en Ciencias Ambientales con Mención en Gestión y Control de la Contaminación , Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima-Peru, 2021. Disponible en: <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/17418>

- VALDÉZ, Ricardo, BASOMBRIO, Carlos y VERA, Dante. Minería informal en el Perú, 2019. Perú: Capital Humano y Social S.A. Disponible en <https://www.kas.de/es/web/peru/einzeltitel/-/content/la-mineria-no-formal-en-el-peru>
- OÑA, Tania y GUALOTO, Miguel. Biorremediación ambiental, 2022. Ecuador: Editorial UTN. Disponible en <https://issuu.com/utnuniversity/docs/ebook-biorremediacion>
- RAMÍREZ, Juan y TRUJILLO, María. Biorremediación en suelos contaminados con hidrocarburos en Colombia, 2022. Colombia: Revista de investigación agraria y ambiental. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/282607936\\_Biorremediacion\\_en\\_suelos\\_contaminados\\_con\\_hidrocarburos\\_en\\_Colombia](https://www.researchgate.net/publication/282607936_Biorremediacion_en_suelos_contaminados_con_hidrocarburos_en_Colombia)
- PERIASAMY, Anbu, et al. Extracellular keratinase from *Trichophyton* sp. HA-2 isolated from feather dumping soil, *International Biodeterioration & Biodegradation*, Volume 62, 2008, Pages 287-292, Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0964830508000346>
- GHUFRANUD, Din. Characterization of Organic Acid Producing *Aspergillus tubingensis* FMS1 and its Role in Metals Leaching from Soil, 2019. Estados Unidos: Taylor Francis Online. Disponible en <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/01490451.2019.1701585>
- ZHAN, P, et. al. Phylogeny of dermatophytes with genomic character evaluation of clinically distinct *Trichophyton rubrum* and *T. violaceum*, 2018. China: *Studies in Mycology*. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0166061618300071>
- DA SILVA, Caio, et al. Antimycotic potential of protein preparation and fixed oil obtained from *Moringa oleifera* seeds against *Trichophyton tonsurans*, 2022. Brazil: *South African Journal of Botany*, Volume. Disponible en: (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0254629922004392>)
- PENG, Fei, et al. Cytotoxic and antimicrobial indole alkaloids from an endophytic fungus *Chaetomium* sp. SYP-F7950 of *Panax notoginseng*, 2019. *RSC Advances*. Disponible en: <https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2019/RA/C9RA04747F>
- SUAREZ, Roland. Guía De Métodos de Biorremediación Para La Recuperación de Suelos Contaminados Por Hidrocarburos, 2013. Colombia: Universidad Libre Disponible en: <https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/10607/TRABAJO%20FIN%20AL%20cd.pdf>
- ORIHUELA, Roberth. Pasivos Ambientales, 2022 [en línea]. Perú: La República. Disponible en: <https://data.larepublica.pe/pasivos-ambientales-los-residuos-de-la-mineria-que-nadie-quiere-asumir/>
- QUINTELLA, Cristina, MATA, Ana y LIMA, Leandro. Overview of bioremediation with technology assessment and emphasis on fungal

- bioremediation of oil contaminated soils, 2019. Brazil: Journal of Environmental Management, Volume 241. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479719304761>
- FAO y PNUMA. Evaluación Mundial De La Contaminación Del Suelo, publicado por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Roma, FAO, 2022. Disponible en: <https://www.fao.org/3/cb4827es/cb4827es.pdf>
  - MINAM, Estándar De Calidad Ambiental, Decreto Supremo, [en línea] [fecha de consulta 01-12-22], 2017. [https://www.minam.gob.pe/consultaspublicas/wp-content/uploads/sites/52/2017/07/Proyecto-de-DS\\_-ECA-SUELO.pdf](https://www.minam.gob.pe/consultaspublicas/wp-content/uploads/sites/52/2017/07/Proyecto-de-DS_-ECA-SUELO.pdf)
  - ZAFRA, Carlos y FLORES, Jean. Biorremediación de suelo contaminado con cadmio mediante la aplicación de *Rhizopus* sp. y *Rhodobacter sphaeroides*: Revisión, 2020. Perú: Universidad Peruana Unión. Disponible en [https://repositorio.upeu.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12840/3742/Carlos\\_Trabajo\\_Bachiller\\_2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.upeu.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12840/3742/Carlos_Trabajo_Bachiller_2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
  - MENENDEZ, Julio y MUÑOZ, Socrates. Water And Soil Contamination From Mining Tailings, 2021. Perú: Universidad Señor de Sipán. Disponible en: <https://revistas.urp.edu.pe/index.php/Paideia/article/view/3622/4588>
  - ALVAREZ, Alfonso. Evaluación de las cinéticas de adaptación y tolerancia a metales pesados de microorganismos aislados de aguas y sedimentos contaminados de origen antropogénico, 2018. México: Universidad de Sonora, Disponible en: <http://148.225.114.121/bitstream/unison/3350/1/alvarezvillaaalfonsom.pdf>
  - BALDERA, Jayson, et al. Bioelectroremediation of hexadecane in electrical cells containing *Aspergillus niger* immobilized in alginate, 2021. Perú: Ambiente & Agua. Disponible en: <https://www.scielo.br/j/ambiagua/a/kH65x85CY5mc9RSh6ShvfVB/#>
  - ALOBAYDY, Omer. Use of fungi in bioremediation of contaminated sites with hydrocarbons, 2020. Irak: University of Mosul. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/343836386\\_USE\\_OF\\_FUNGI\\_IN\\_BIOREMEDIATION\\_OF\\_CONTAMINATED\\_SITES\\_WITH\\_HYDROCARBONS](https://www.researchgate.net/publication/343836386_USE_OF_FUNGI_IN_BIOREMEDIATION_OF_CONTAMINATED_SITES_WITH_HYDROCARBONS)
  - BUDZYNSKA, Sylwia, et al. Mycoremediation of Flotation Tailings with *Agaricus bisporus*, 2022. Polonia: Poznan University of Life Sciences. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2309-608X/8/8/883>
  - MOURA, Juliana, DINIZ, Raquel y ASFORA, Leonie. Biosurfactante de *Candida sphaerica* UCP0995 que exhibe propiedades de remediación de metales pesados, 2016. Brazil: Process Safety and Environmental Protection. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.psep.2016.05.010>
  - ÁRÉVALO, Paúl. Determinación de la capacidad de degradación de cianuro proveniente de la industria minera del cantón Cuenca con *Trichoderma* spp., 2018. Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/16035/1/UPS-CT007777.pdf>

- VASQUEZ, Andy. Capacidad microrremediadora del hongo Pleurotus ostreatus en suelo contaminado con cadmio, 2019. Perú: Universidad nacional tecnológica de Lima Sur. Disponible en: [https://repositorio.untels.edu.pe/jspui/bitstream/123456789/775/1/T088A\\_76347283\\_T.pdf](https://repositorio.untels.edu.pe/jspui/bitstream/123456789/775/1/T088A_76347283_T.pdf)
- ARRIETA, Lee. Biosorción de metales pesados por hongos filamentosos, aislados de cuerpos de agua altoandinos contaminados con relaves mineros de la sierra central del Perú, 2019. Perú: Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Disponible en <https://core.ac.uk/download/pdf/323345574.pdf>
- MUÑOZ, Loyer, et al. Microorganismos tolerantes a metales pesados del pasivo minero Santa Rosa, Jangas (Perú), 2019. Perú: Revista peruana de biología. Disponible en <http://www.scielo.org.pe/pdf/rpb/v26n1/a13v26n1.pdf>
- WANG, Yazhou, et al. Heavy metal fixation of lead-contaminated soil using Morchella mycelium, 2021. China: Environmental Pollution. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0269749121014111?via%3Dihub>
- MUHAMMAD, Aammar, et al. Recent advances in bioremediation of heavy metals and persistent organic pollutants: A review, Science of The Total Environment, Volume 850, 2022, ISSN 0048-9697. (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969722050604>)
- VASQUEZ, Andy. Capacidad microrremediadora del hongo Pleurotus ostreatus en suelos contaminados con cadmio, 2019. Villa El Salvador: Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur. Disponible en [https://repositorio.untels.edu.pe/jspui/bitstream/123456789/775/1/T088A\\_76347283\\_T.pdf](https://repositorio.untels.edu.pe/jspui/bitstream/123456789/775/1/T088A_76347283_T.pdf)
- LEY N° 28271. Ley que regula los pasivos ambientales de la actividad minera, 2004. Disponible en <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/04/Ley-N%C2%B0-28271.pdf>
- MANGUILIMOTAN, Lebeth y BITACURA, Jayson. Biosorption of Cadmium by Filamentous Fungi Isolated from Coastal Water and Sediments, 2018. Filipinas: Hindawi. Disponible en <https://www.hindawi.com/journals/jt/2018/7170510/>

## ANEXOS

### Anexo 1. Matriz de variables de operacionalización

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicador	Escala de medición
Hongo biorremediador  (independiente)	Los hongos biorremediadores producen nanopartículas extracelulares, que pueden estabilizar los metales pesados ayudando en la descontaminación, también pueden biodegradar contaminantes ambientales (Oña y Gualoto, 2022).	Estos hongos biorremediadores se obtuvieron de departamento la libertad, Shiracmaca- Huamachuco y del laboratorio de investigación de la Universidad César Vallejo	-Hongo biorremediador tolerancia al cadmio  -Cantidad de biomasa del hongo	Diámetro de colonia (mm)  1 y 2 (g/l)	Ordinal  Ordinal
Biorremediación de agua ácida contaminadas con cadmio por pasivos mineros  (dependiente)	La biorremediación de agua contaminada con cadmio por relaves mineros es un proceso en la que se utilizan microorganismos vivos para transformar el cadmio que genera riesgo estando de manera reactiva en el ambiente volviéndolo inactivo (Saavedra, pág. 39, 2019).	La biorremediación de agua ácida contaminada con cadmio en presencia de hongos biorremediadores.	Cantidad de cadmio inicial Cantidad de Cadmio final  Eficiencia de remoción	Cd inicial mg/ L  Cd final mg/ L  % mg/ kg inicial - final	Ordinal  Ordinal  Ordinal

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 2. Registro de tesis

<b>HOJA DE REGISTRO DE TESIS</b>	
<b>TÍTULO</b>	Uso de hongo filamentoso para biorremediación de aguas ácidas contaminadas con Cadmio en zonas aledañas a pasivos mineros, Shorey 2023
<b>LINEA DE INVESTIGACION</b>	Calidad y Gestión de los Recursos Naturales.
<b>RESPONSABLE</b>	Briceño Minchan, Carla Vanessa
	Camposano de la Cruz, Helen Selene
<b>ASESOR</b>	MSc. Huertas Chombo, German Luis

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 3. Ficha de datos del lugar de estudio

<b>DATOS DEL LUGAR DE ESTUDIO</b>	
<b>LUGAR</b>	Shorei
<b>PROVINCIA</b>	Quiruvilca
<b>DISTRITO</b>	Quiruvilca
<b>DEPARTAMENTO</b>	La Libertad
<b>FECHA</b>	09-11-2022

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 4. Ficha de recolección de datos del suelo

<b>Ficha N°1 Ficha de recolección de datos del agua</b>				
<b>RESPONSABLE</b>	Briceño Minchan Carla Vanessa, Camposano de la Cruz, Helen Selene	<b>UBICACIÓN DE COORDENADAS (UTM)</b>	<b>NORTE</b>	<b>SUR</b>
<b>MÉTODO DE MUESTREO Y ANÁLISIS</b>	Monitoreo de agua, el análisis de absorción atómica		8.027985 S	78.31000 8 W
<b>EQUIPO DE MUESTREO</b>	galon esteril, balde, guantes			

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 5. Ficha técnica diámetros de colonias

Ficha N°2 Ficha técnica diámetros de colonias							
Hongo	Concentración de cadmio (ppm)	Diámetros de colonias (mm) 3 días			Diámetros de colonias (mm) 6 días		
		M1	M2	M3	M1	M2	M3
<i>Trichophyton</i> spp.	10						
	20						
	30						
	0						
<i>Chaetomium</i> spp.	10						
	20						
	30						
	0						
<i>Trichophyton</i> spp.	50						
<i>Purpureocillium</i> spp.	50						

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 6. Ficha técnica porcentajes de remoción

Ficha 3. Ficha técnica porcentajes de remoción											
Parámetros	Unidad	Muestreo inicial	Hongo	Dosis de inóculo del hongo (g/l)	Muestreo 30 días			Muestreo 60 días			
		M			M 1	M 2	M 3	M 1	M 2	M 3	
Concentración de cadmio	% ppm		Hongo con mayor tolerancia	0							
				1							
				2							

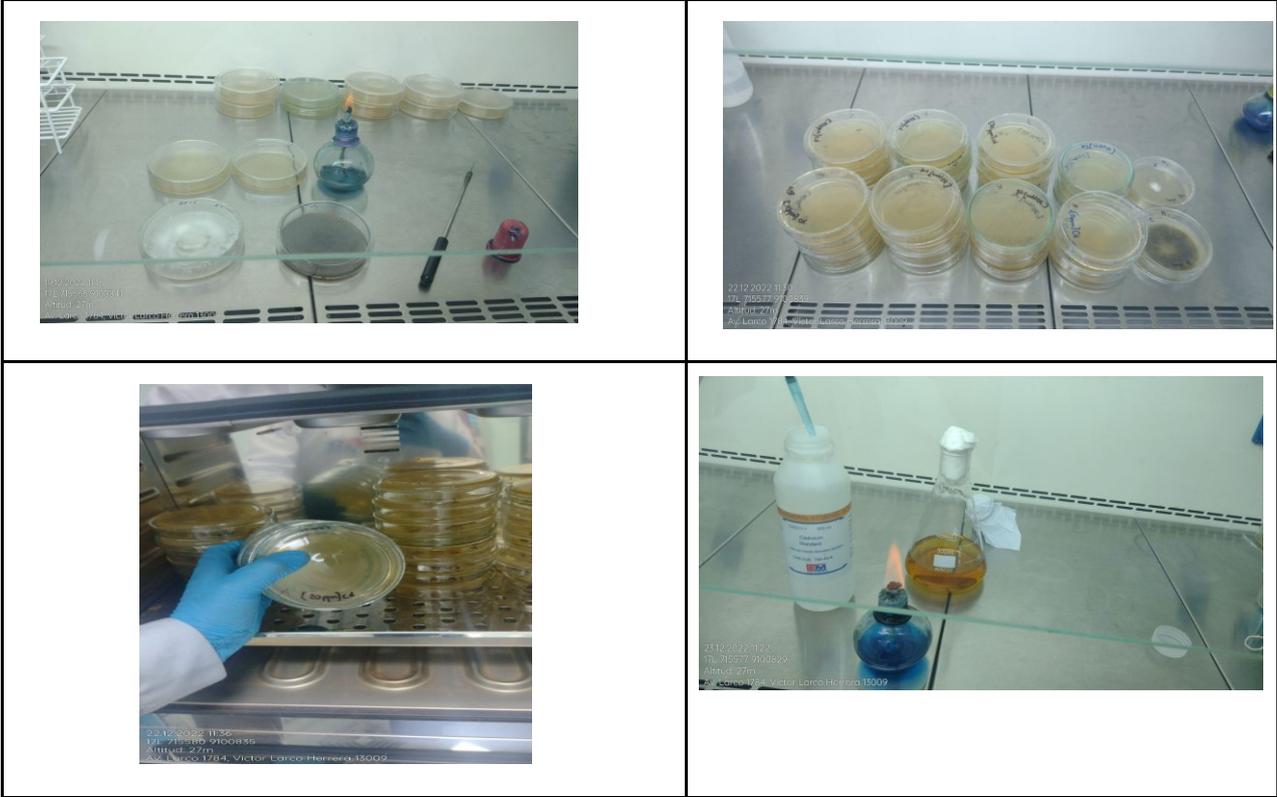
Fuente: Elaboración propia

Anexo 7. Preparación de medio Agar papa dextrosa para el aislamiento de los hongos del suelo.



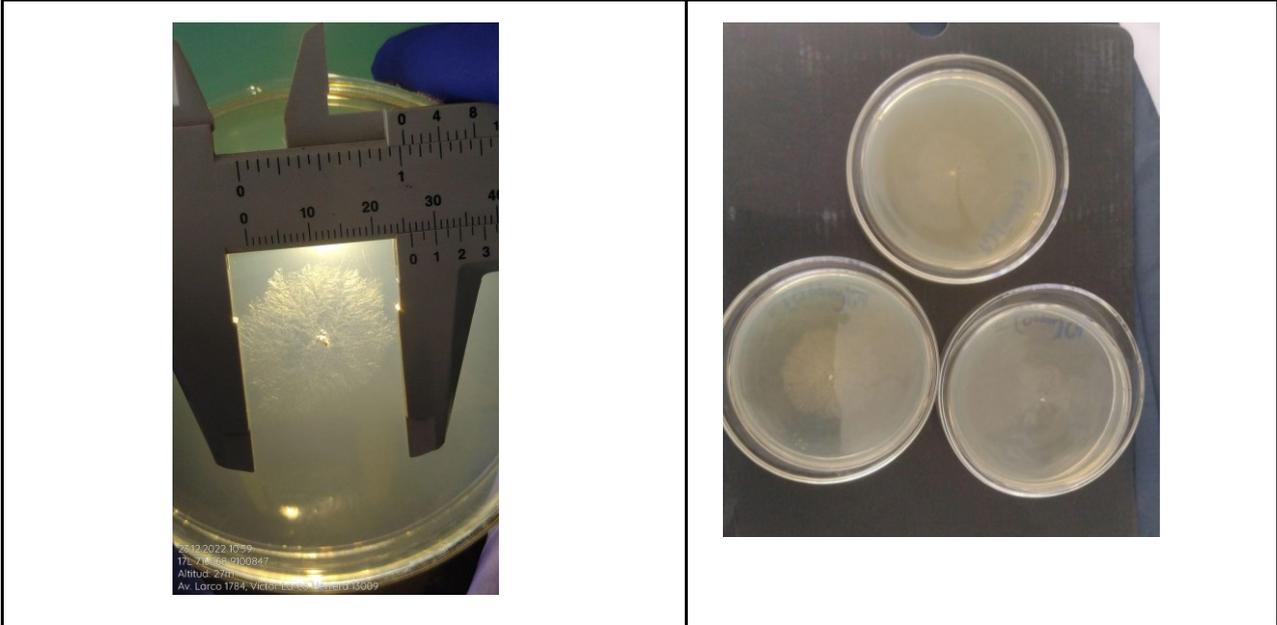
Fuente: Elaboración propia

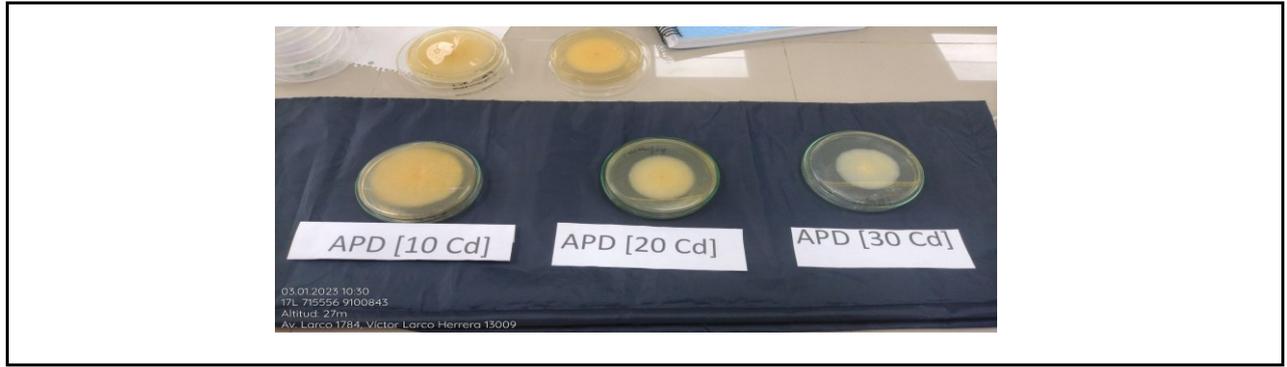
Anexo 8. Prueba de tolerancia a los hongo *Trichophyton* spp. y *Chaetomium* spp.



Fuente: Elaboración propia

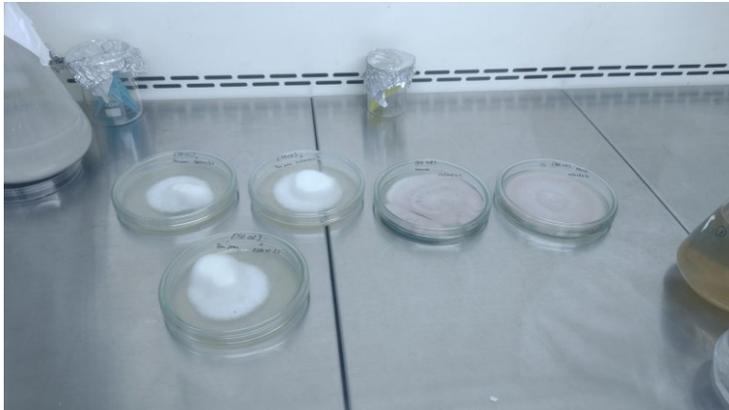
Anexo 9. Crecimiento y medición de diámetros de los hongos puestos a tolerancia.





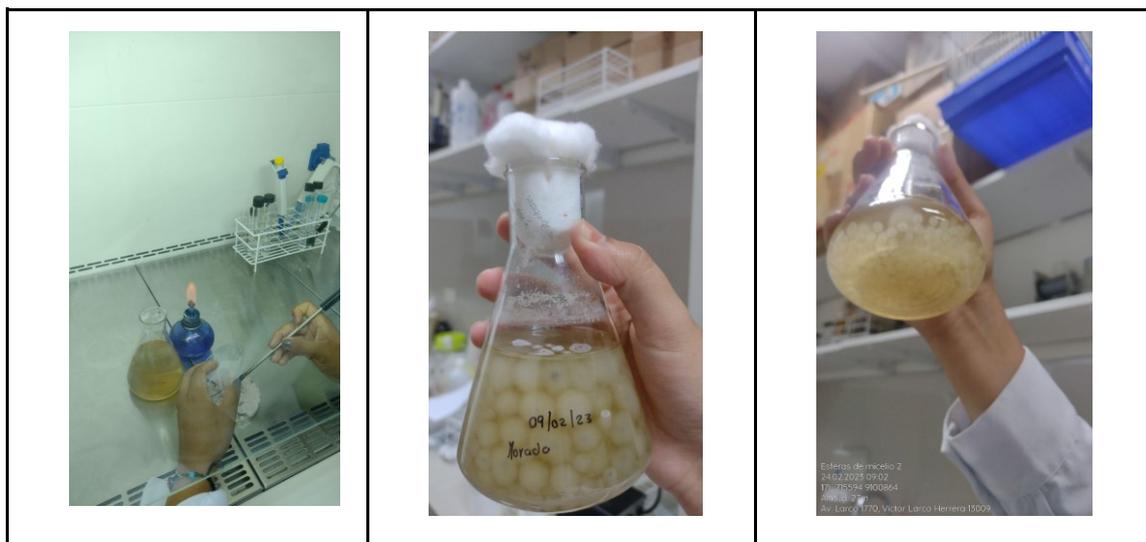
Fuente: Elaboración propia

Anexos 10. Prueba de tolerancia del hongo *Trichophyton* spp. y *Purpureocillium* spp.



Fuente: Elaboración propia

Anexo 11. Cultivo en caldo de papa del hongo *Purpureocillium* spp.



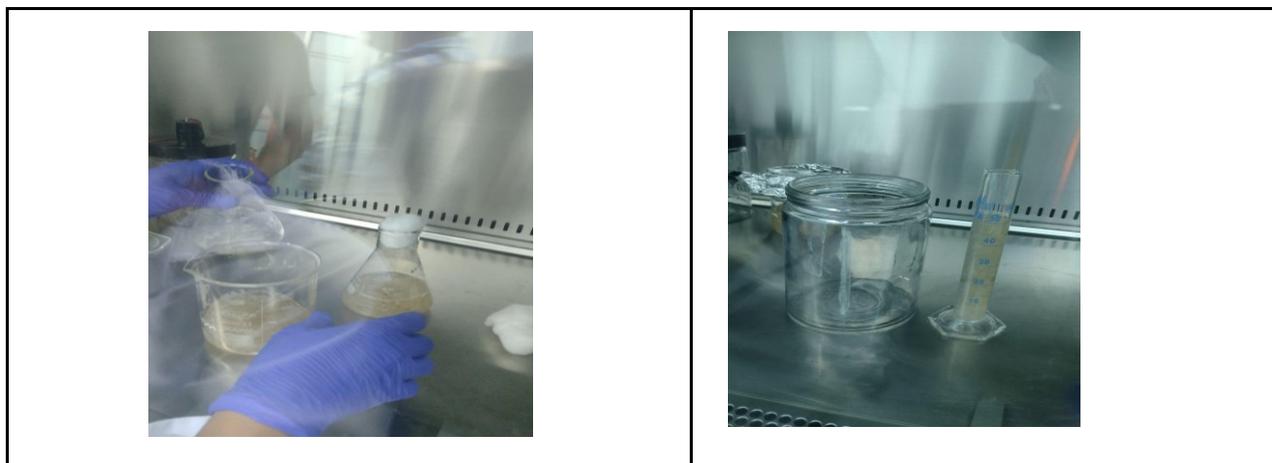
Fuente: Elaboración propia

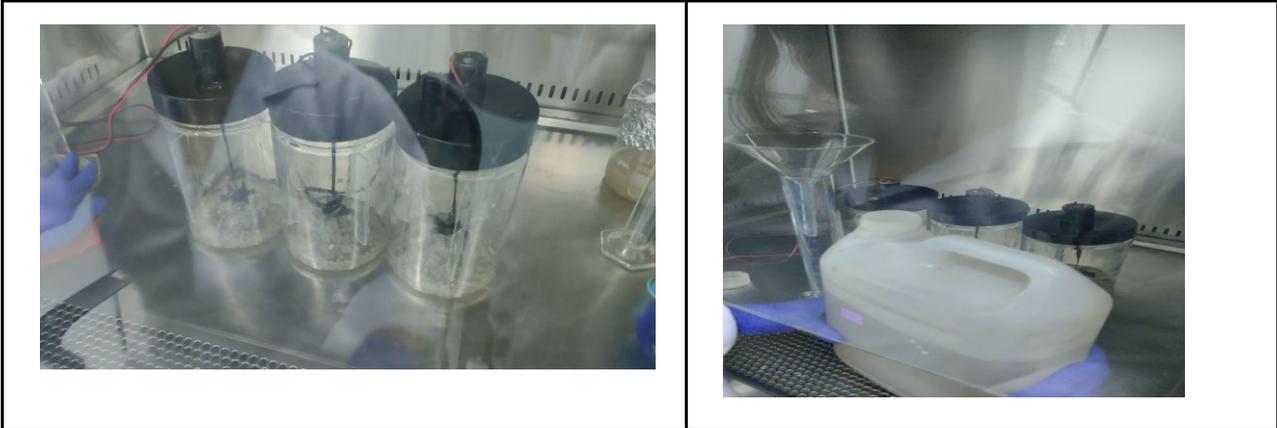
Anexo 11. Muestra inicial y medición de pH inicial.



Fuente: Elaboración propia

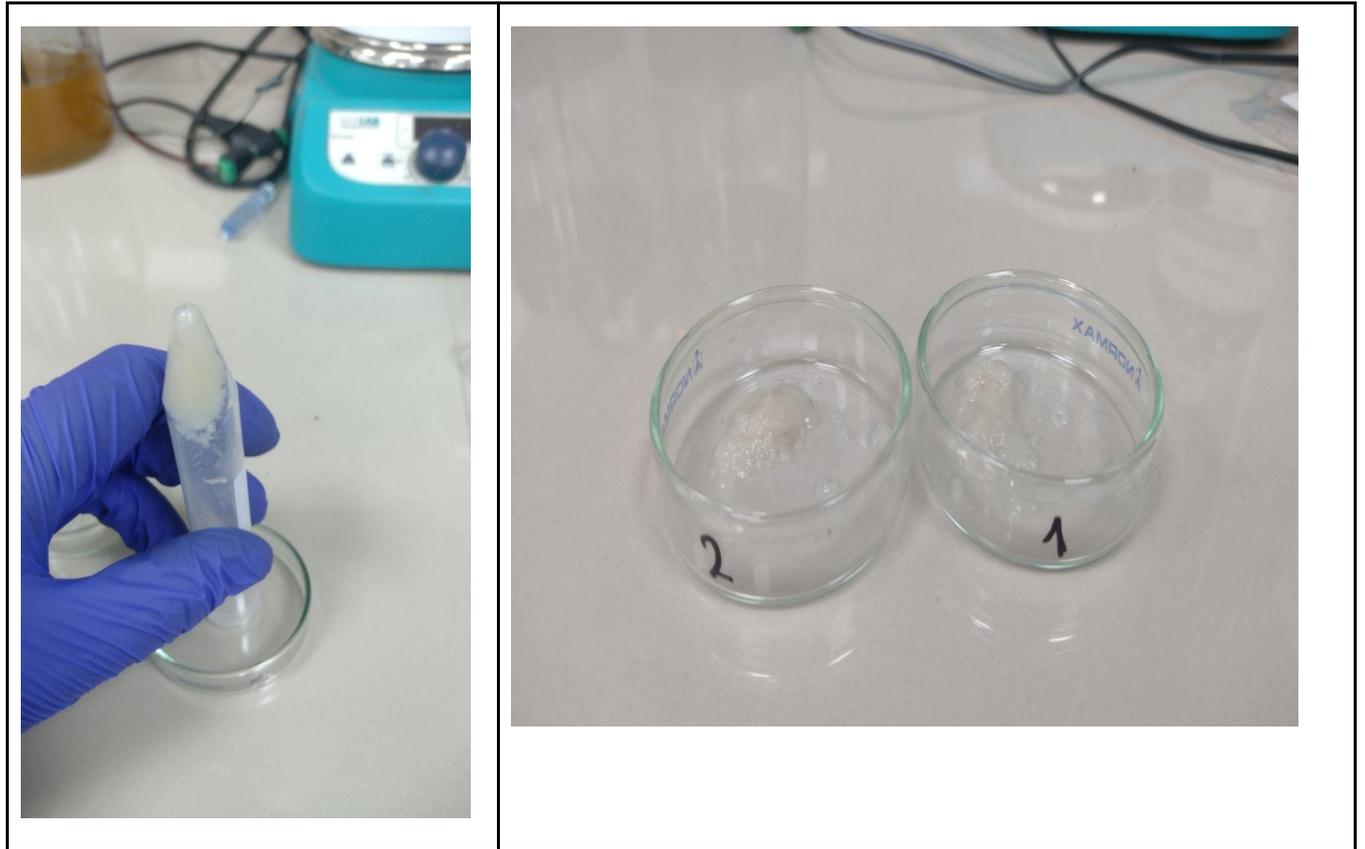
Anexo 12. Tratamiento del contaminada con Cd con el hongo *Purpureocillium* spp.





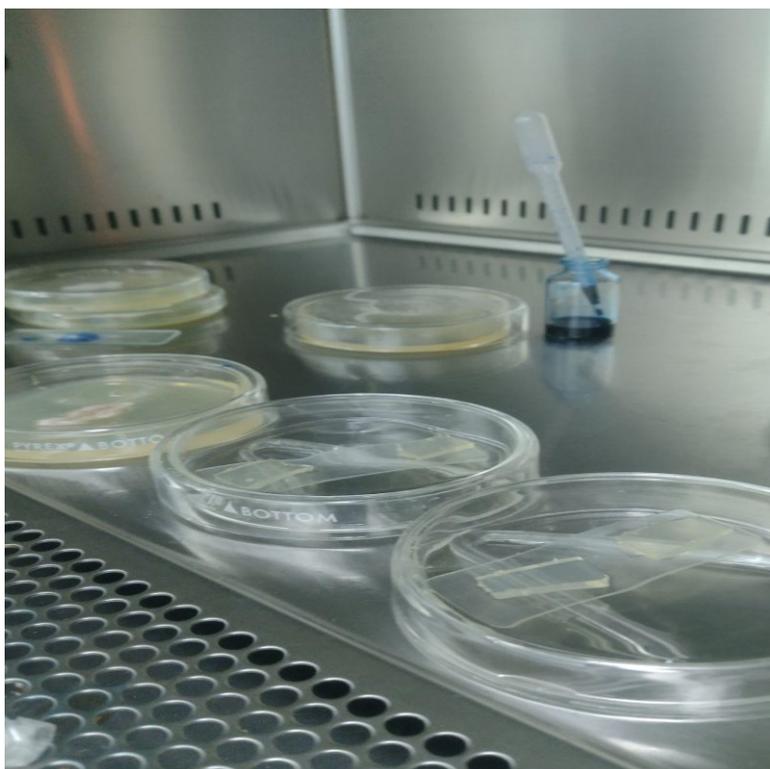
Fuente: Elaboración propia

Anexo 13. Preparación para pesado del inóculo.



Fuente: Elaboración propia

Anexo 14. Realización del micro cultivo para la identificación del hongo *Purpureocillium* spp .



Fuente: Elaboración propia

Anexo 15. Cantidades iniciales de Cd en muestra a tratar en otros estudios.

Autor	Cantidad de Cd inicial	Concentración final - Día
Presente investigación	3.68 mg/L	0.04 mg/L – Día 9
Gongchai (2022)	24.54 mg/L	10,69 mg/L. – Día 10
Arrieta (2019)	40.4 mg/L	1.18 mg/L – Día 5
Muñoz (2019)	0.083 mg/L	---
Talukdar (2020)	100 mg/L	5.05 mg/L – N. D

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 16. Porcentajes de tolerancia de las investigaciones.

Hongo	Porcentaje de tolerancia / calificación de tolerancia	Autor
<i>Purpureocillium</i> spp.	89% a Cd a 50 mg/L	Presente investigación
<i>Aspergillus</i> spp.	Tuvo crecimiento a 100 mg/L	Manguilimotan (2018)
<i>Aspergillus flavus</i>	++ crecimiento fuerte a Cd a 1000 mg/L	Wongchai (2022)
<i>Aspergillus fumigatus</i>	++++ a Cd a 500 mg/L	Talukdar (2020)
<i>Trichoderma asperellum</i>	++++ a Cd a 700 mg/L	Arrieta (2019)

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 17. Porcentajes de remoción de las investigaciones.

Autor, Año	Hongo remediador	Eficiencia de remoción de Cadmio
Presente investigación	<i>Purpureocillium</i> spp.	98%
Arrieta (2019)	<i>Trichoderma asperellum</i>	73%
Talukdar (2020)	<i>Aspergillus fumigatus</i>	70.32%
Gongchai (2022)	<i>Aspergillus flavus</i> DDN	43.63%

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 18. Resultado de concentración de Cd en la muestra inicial.

**LAPROMIN**

**LABORATORIO  
QUÍMICO METALÚRGICO**

**CLIENTE** : Carla Briceño Minchan y Helen Camposano de la Cruz  
**CANTIDAD DE MUESTRAS** : 04, líquido  
**TIPO DE ENSAYO** : AAS  
**TIPO DE MUESTRA (FECHA RECEPCIÓN)** : Agua (recibido 27/02/2023)  
**CARACTERÍSTICAS Y CONDICIONES** : Muestra en botella  
**LUGAR Y FECHA DE REPORTE** : Trujillo, 28/02/2023

**REPORTE DE ENSAYOS N° 2303\_03**

Reporte	Item	Código de muestra	Cd (ppm)
1	0	Agua con relave - Quiruvilca	3.668

Elemento	Método
Au	Fire Assay_M.Combinado (< 10 g/TM), Fire assay-gravimetría (> 10 g/TM)
Otros metales	Por espectrometría de absorción atómica (AAS) y/o ICP-OES

Retiro de muestras: Las muestras podrán ser retiradas durante 15 días, luego del cual se procederá a desechar.

  
**Ing. Juan Vega González**  
 Jefe de Laboratorio  
 CIP 79515

Calle los Berilios 504-B- Santa Inés – Trujillo. 949163034

E-mail: [jvegaj@gmail.com](mailto:jvegaj@gmail.com), [lapromin@gmail.com](mailto:lapromin@gmail.com)

Anexo 19. Resultados de concentración de Cd del día 2 de tratamiento de 1 g/L de hongo.

**LAPROMIN**

**LABORATORIO  
QUÍMICO METALÚRGICO**

**CLIENTE** : Carla Briceño Minchan y Helen Camposano de la Cruz  
**CANTIDAD DE MUESTRAS** : 03, líquido  
**TIPO DE ENSAYO** : AAS  
**TIPO DE MUESTRA (FECHA RECEPCIÓN)** : Agua (recibido 28/02/2023)  
**CARACTERÍSTICAS Y CONDICIONES** : Muestra en botella  
**LUGAR Y FECHA DE REPORTE** : Trujillo, 01/03/2023

**REPORTE DE ENSAYOS N° 2304\_03**

Reporte	Item	Código de muestra	Cd (ppm)
2	1	Agua con relave 1 - Quiruvilca	1.951
	2	Agua con relave 2 - Quiruvilca	2.071
	3	Agua con relave 3 - Quiruvilca	2.027

**LAPROMIN**

**Elemento**

**Método**

Au

Fire Assay\_M.Combinado (< 10 g/TM), Fire assay-gravimetría (> 10 g/TM)

Otros metales

Por espectrometría de absorción atómica (AAS) y/o ICP-OES

Retiro de muestras: Las muestras podrán ser retiradas durante 15 días, luego del cual se procederá a desechar.



**Ing. Juan Vega González**

Jefe de Laboratorio

CIP 79515

Calle los Berilios 504-B- Santa Inés – Trujillo. 949163034

E-mail: jvegaj@gmail.com, lapromin@gmail.com

Anexo 20. Resultados de concentración de Cd del día 9 de tratamiento de 1 g/L de hongo.



**INFORME DE ENSAYO N° 089-2023**

**Solicitantes** : Helen Selene Camposano De La Cruz  
Carla Vanessa Briceño Minchá  
**Muestra** : Agua con relave tratada con hongos filamentosos  
**Origen de muestra** : Quiruvilca - Shorey  
**Recepción de la muestra** : En laboratorio  
**Fecha de recepción de muestra** : 07 de marzo del 2023

Ensayo	Unidad	Resultados		
		M1	M2	M3
Cadmio, Cd	mg/L	0.07	0.06	0.06

\* La toma de muestra y condiciones de envío hasta recepción en el laboratorio es responsabilidad del cliente.

A continuación, detallamos la metodología aplicada:

Ensayo	Metodología aplicada
Cadmio	Espectroscopía de absorción atómica

Trujillo, 11 de marzo del 2023.

  
Ing. Juan Sánchez Carrasco  
CIP 124131

C.c.Archivo.

Anexo 20. Resultados de concentración de Cd del día 2 de tratamiento de 2 g/L de hongo.

**LAPROMIN**

QUÍMICO METALÚRGICO

CLIENTE : Carla Briceño Minchan y Helen Camposano de la Cruz  
 CANTIDAD DE MUESTRAS : 04, líquido  
 TIPO DE ENSAYO : AAS  
 TIPO DE MUESTRA (FECHA RECEPCIÓN) : Agua (recibido 28/02/2023)  
 CARACTERÍSTICAS Y CONDICIONES : Muestra en botella  
 LUGAR Y FECHA DE REPORTE : Trujillo, 01/03/2023

REPORTE DE ENSAYOS N° 2303\_03

Reporte	Item	Código de muestra	Cd (ppm)
1	1	Agua con relave 1 - Quiruvilca	1.441
	2	Agua con relave 2 - Quiruvilca	1.494
	3	Agua con relave 3 - Quiruvilca	1.345

**LAPROMIN**

Elemento Método

Au Fire Assay\_M.Combinado (< 10 g/TM), Fire assay-gravimetría (> 10 g/TM)  
 Otros metales Por espectrometría de absorción atómica (AAS) y/o ICP-OES

Retiro de muestras: Las muestras podrán ser retiradas durante 15 días, luego del cual se procederá a desechos.

Ing. Juan Vega González  
 Jefe de Laboratorio  
 CIP 79515

Calle los Berilios 504-B- Santa Inés – Trujillo. 949163034

E-mail: jvegaj@gmail.com, lapromin@gmail.com

Anexo 20. Resultados de concentración de Cd del día 9 de tratamiento de 2 g/L de hongo.



Análisis de aguas, alimentos, suelos, fertilizantes

**INFORME DE ENSAYO N° 100-2023**

**Solicitantes** : Helen Selene Camposano De La Cruz  
Carla Vanessa Briceño Minchán  
**Muestra\*** : Agua con relave tratada con hongos filamentosos  
**Origen de muestra** : Quiruvilca - Shorey  
**Recepción de la muestra** : En laboratorio  
**Fecha de recepción de muestra** : 07 de marzo del 2023

Ensayo	Unidad	Resultados		
		M1	M2	M3
Cadmio, Cd	mg/L	0.06	0.03	0.03

(\*) La toma de muestra y condiciones de envío hasta recepción en el laboratorio es responsabilidad del cliente.

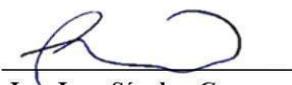
**Observaciones:**

- **Mi:** Muestra inicial sin tratamiento (recepción de muestra 20/03/2023).
- **M1, M2, M3:** muestras tratadas 24 h con un hongo.

A continuación, se detalla la metodología aplicada:

Ensayo	Metodología aplicada
Cadmio	Espectroscopía de absorción atómica

Trujillo, 23 de marzo del 2023.

  
Ing. Juan Sánchez Carrasco  
CIP 124131

C.c. Archivo.

Anexo 20. Resultado de concentración de Cd en la muestra inicial.



Análisis de aguas, alimentos, suelos, fertilizantes

**INFORME DE ENSAYO N° 100B-2023**

**Cliente** : Helen Camposano De La Cruz  
Carla Vanessa Briceño Minchán  
**Muestra\*** : Agua con relave  
**ID de la muestra** : Muestra inicial sin tratamiento - Mi  
**Origen de muestra** : Quiruvilca - Shorey  
**Recepción de muestra** : En laboratorio  
**Fecha de recepción de muestra** : 07 de marzo del 2023

Resultados:

Ensayo	Unidad	Mi
Cadmio, Cd	mg/L	3.6980

(\*) La toma de muestra y condiciones de envío hasta recepción en el laboratorio es responsabilidad del cliente.

Metodología aplicada:

Ensayo	Metodología Aplicada
Cadmio	Espectroscopia de absorción atómica. Llama – EAA con Horno de grafito Límite de detección: 0.018

Trujillo, 04 de abril del 2023.

  
Ing. Juan Sánchez Carrasco  
CIP 124131

C.c.Archivo

PÁG. 1 - 1

## Anexo 21. Solicitud de validación de instrumentos evaluador 1.

**SOLICITUD:** Validación de  
instrumento de recojo de información.

Trujillo, 24 de noviembre del 2022

Estimado : Dra. Magaly De la Cruz Noriega

Presente:

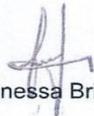
Nosotras, Briceño Minchan Carla Vanessa identificada con DNI N.º 72111940 y Camposano De la Cruz identificada con DNI N.º 73041107 alumnas de la EAP de Ingeniería Ambiental, nos presentamos a usted con el debido respeto y le manifestamos:

Que siendo requisito indispensable el recojo de datos necesarios para la tesis que venimos elaborando titulada: "Uso de hongos filamentosos para la biorremediación de suelos contaminados con cadmio en Shiracmaca - Huamachuco - La Libertad 2023", solicitamos a Ud. Se sirva validar el instrumento que adjuntamos bajo los criterios académicos correspondientes. Para este efecto adjuntamos los siguientes documentos:

- Matriz de operacionalización de variables.
- Instrumento de recolección de datos.
- Ficha de evaluación..

Agradezco de antemano su receptividad y colaboración, su apoyo permitirá utilizar un instrumento con garantía de validez científica en contexto peruano. Quedo de Ud. en espera de su evaluación.

Atentamente:



Carla Vanessa Briceño Minchan

DNI: 72111940

Universidad César Vallejo



Helen Selene Camposano De la Cruz

DNI: 73041107

Universidad César Vallejo

Anexo 22. Ficha de evaluación de instrumento 1 evaluador 1.

**VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO N° 1**

**I. DATOS GENERALES**

- 1.1. Apellidos y Nombres: Dr. Magaly de la Cruz Noriega
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Instituto de Investigación UCV
- 1.3. Especialidad o línea de investigación:
- 1.4. Nombre del instrumento: Ficha de investigación
- 1.5. Autores de Instrumento: Briceño Minchan Carla Vanessa, Camposano de la Cruz Helen Selene

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE			MÍNIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1. CLARIDAD	Está formulado con lenguaje comprensible.									X	
2. OBJETIVIDAD	Está adecuado a las leyes y principios científicos.										X
3. ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										X
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										X
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										X
6. INTENCIONALIDAD	Está adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										X
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										X
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde a una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										X
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										X

**III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD**

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

Si

**IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:**

99
----

.....  


Trujillo, 24 de noviembre del 2022

Anexo 23. Ficha de evaluación de instrumento 2 evaluador 1.

**VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO N° 2**

**V. DATOS GENERALES**

- 1.6. Apellidos y Nombres: Dr. Magaly de la Cruz Noriega  
 1.7. Cargo e institución donde labora: Instituto de Investigación UCV  
 1.8. Especialidad o línea de investigación: Calidad y Gestión de los Recursos Naturales  
 1.9. Nombre del instrumento: Ficha de investigación  
 1.10. Autores de Instrumento: Briceño Minchan Carla Vanessa, Camposano de la Cruz Helen Selene

**VI. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE			MÍNIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1. CLARIDAD	Está formulado con lenguaje comprensible.									X	
2. OBJETIVIDAD	Está adecuado a las leyes y principios científicos.										X
3. ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										X
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										X
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										X
6. INTENCIONALIDAD	Está adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										X
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										X
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde a una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.									X	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										X

**VII. OPINIÓN DE APLICABILIDAD**

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

Si

**VIII. PROMEDIO DE VALORACIÓN:**

98
----

Trujillo, 24 de noviembre del 2022

  
 \_\_\_\_\_

Anexo 24. Ficha de evaluación de instrumento 3 evaluador 1.

**VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO N° 3**

**IX. DATOS GENERALES**

- 1.11. Apellidos y Nombres: Dr. Magaly de la Cruz Noriega
- 1.12. Cargo e institución donde labora: Instituto de Investigación UCV
- 1.13. Especialidad o línea de investigación: Calidad y Gestión de los Recursos Naturales
- 1.14. Nombre del instrumento: Ficha de investigación
- 1.15. Autores de Instrumento: Briceño Minchan Carla Vanessa, Camposano de la Cruz Helen Selene

**X. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE			MÍNIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1. CLARIDAD	Está formulado con lenguaje comprensible.											X
2. OBJETIVIDAD	Está adecuado a las leyes y principios científicos.											X
3. ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X
6. INTENCIONALIDAD	Está adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde a una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.									X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X

**XI. OPINIÓN DE APLICABILIDAD**

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

Si

**XII. PROMEDIO DE VALORACIÓN:**

99
----

Trujillo, 24 de noviembre del 2022



Anexo 25. Ficha de evaluación de instrumento 4 evaluador 1.

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO N° 4

XIII. DATOS GENERALES

- 1.16. Apellidos y Nombres: Dr. Magaly de la Cruz Noriega
- 1.17. Cargo e institución donde labora: Instituto de Investigación UCV
- 1.18. Especialidad o línea de investigación: Calidad y Gestión de los Recursos Naturales
- 1.19. Nombre del instrumento: Ficha de investigación
- 1.20. Autores de Instrumento: Briceño Minchan Carla Vanessa, Camposano de la Cruz Helen Selene

XIV. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE			MÍNIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1. CLARIDAD	Está formulado con lenguaje comprensible.									X	
2. OBJETIVIDAD	Está adecuado a las leyes y principios científicos.										X
3. ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										X
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										X
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										X
6. INTENCIONALIDAD	Está adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										X
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										X
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde a una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.									X	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										X

XV. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

S <sub>i</sub>

XVI. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

98
----

.....  


Trujillo, 24 de noviembre del 2022

## Anexo 26. Solicitud de validación de instrumentos evaluador 2.

**SOLICITUD:** Validación de  
instrumento de recojo de información.

Trujillo, 24 de noviembre del 2022

Estimado : Mgtr. Walter Andres Rojas Villacorta

Presente:

Nosotras, Briceño Minchan Carla Vanessa identificada con DNI N.º 72111940 y Camposano De la Cruz identificada con DNI N.º 73041107 alumnas de la EAP de Ingeniería Ambiental, nos presentamos a usted con el debido respeto y le manifestamos:

Que siendo requisito indispensable el recojo de datos necesarios para la tesis que venimos elaborando titulada: "Uso de hongos filamentosos para la biorremediación de suelos contaminados con cadmio en Shiracmaca - Huamachuco - La Libertad 2023", solicitamos a Ud. Se sirva validar el instrumento que adjuntamos bajo los criterios académicos correspondientes. Para este efecto adjuntamos los siguientes documentos:

- Matriz de operacionalización de variables.
- Instrumento de recolección de datos.
- Ficha de evaluación..

Agradezco de antemano su receptividad y colaboración, su apoyo permitirá utilizar un instrumento con garantía de validez científica en contexto peruano. Quedo de Ud. en espera de su evaluación.

Atentamente:



Carla Vanessa Briceño Minchan

DNI: 72111940

Universidad César Vallejo



Helen Selene Camposano De la Cruz

DNI: 73041107

Universidad César Vallejo

Anexo 27. Ficha de evaluación de instrumento 1 evaluador 2.

**VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO N° 1**

**I. DATOS GENERALES**

- 1.1. Apellidos y Nombres: Mgs. Walter Andres Rojas Villacorta
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Instituto de Investigación UCV
- 1.3. Especialidad o línea de investigación:
- 1.4. Nombre del instrumento: Ficha de investigación
- 1.5. Autores de Instrumento: Briceño Minchan Carla Vanessa, Camposano de la Cruz Helen Selene

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE			MÍNIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1. CLARIDAD	Está formulado con lenguaje comprensible.									X	
2. OBJETIVIDAD	Está adecuado a las leyes y principios científicos.										X
3. ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										X
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										X
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										X
6. INTENCIONALIDAD	Está adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										X
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.									X	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde a una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.									X	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										X

**III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD**

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

Si
No

**IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:**

97

Trujillo, 24 de noviembre del 2022

.....  


Anexo 28. Ficha de evaluación de instrumento 2 evaluador 2.

**VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO N° 2**

**V. DATOS GENERALES**

- 1.6. Apellidos y Nombres: Mgs. Walter Andres Rojas Villacorta
- 1.7. Cargo e institución donde labora: Instituto de Investigación UCV
- 1.8. Especialidad o línea de investigación: Calidad y Gestión de los Recursos Naturales
- 1.9. Nombre del instrumento: Ficha de investigación
- 1.10. Autores de Instrumento: Briceño Minchan Carla Vanessa, Camposano de la Cruz Helen Selene

**VI. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE			MÍNIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1. CLARIDAD	Está formulado con lenguaje comprensible.									X	
2. OBJETIVIDAD	Está adecuado a las leyes y principios científicos.										X
3. ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										X
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										X
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										X
6. INTENCIONALIDAD	Está adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										X
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.									X	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde a una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.									X	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										X

**VII. OPINIÓN DE APLICABILIDAD**

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

Si
No

**VIII. PROMEDIO DE VALORACIÓN:**

97
----

Trujillo, 24 de noviembre del 2022

.....  


Anexo 29. Ficha de evaluación de instrumento 3 evaluador 2.

**VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO N° 3**

**IX. DATOS GENERALES**

- 1.11. Apellidos y Nombres: Mgs. Walter Andres Rojas Villacorta
- 1.12. Cargo e institución donde labora: Instituto de Investigación UCV
- 1.13. Especialidad o línea de investigación: Calidad y Gestión de los Recursos Naturales
- 1.14. Nombre del instrumento: Ficha de investigación
- 1.15. Autores de Instrumento: Briceño Minchan Carla Vanessa, Camposano de la Cruz Helen Selene

**X. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE			MÍNIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1. CLARIDAD	Está formulado con lenguaje comprensible.									X	
2. OBJETIVIDAD	Está adecuado a las leyes y principios científicos.										X
3. ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										X
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										X
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										X
6. INTENCIONALIDAD	Está adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										X
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.									X	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde a una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.									X	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.									X	

**XI. OPINIÓN DE APLICABILIDAD**

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

D

**XII. PROMEDIO DE VALORACIÓN:**

97

Trujillo, 24 de noviembre del 2022

.....  


Anexo 30. Ficha de evaluación de instrumento 4 evaluador 2.

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO N° 4

XIII. DATOS GENERALES

- 1.16. Apellidos y Nombres: Dr. Magaly de la Cruz Noriega
- 1.17. Cargo e institución donde labora: Instituto de Investigación UCV
- 1.18. Especialidad o línea de investigación: Calidad y Gestión de los Recursos Naturales
- 1.19. Nombre del instrumento: Ficha de investigación
- 1.20. Autores de Instrumento: Briceño Minchan Carla Vanessa, Camposano de la Cruz Helen Selene

XIV. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE			MÍNIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1. CLARIDAD	Está formulado con lenguaje comprensible.									X	
2. OBJETIVIDAD	Está adecuado a las leyes y principios científicos.										X
3. ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										X
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										X
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										X
6. INTENCIONALIDAD	Está adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										X
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										X
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde a una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.									X	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										X

XV. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

Si

XVI. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

98
----

Trujillo, 24 de noviembre del 2022

.....  


## Anexo 31. Solicitud de validación de instrumentos evaluador 3.

**SOLICITUD:** Validación de  
instrumento de recojo de información.

Trujillo, 24 de noviembre del 2022

Estimado : Mblgo. Luis Alberto Cabanillas Chirino

Presente:

Nosotras, Briceño Minchan Carla Vanessa identificada con DNI N.º 72111940 y Camposano De la Cruz identificada con DNI N.º 73041107 alumnas de la EAP de Ingeniería Ambiental, nos presentamos a usted con el debido respeto y le manifestamos:

Que siendo requisito indispensable el recojo de datos necesarios para la tesis que venimos elaborando titulada: "Uso de hongos filamentosos para la biorremediación de suelos contaminados con cadmio en Shiracmaca - Huamachuco - La Libertad 2023", solicitamos a Ud. Se sirva validar el instrumento que adjuntamos bajo los criterios académicos correspondientes. Para este efecto adjuntamos los siguientes documentos:

- Matriz de operacionalización de variables.
- Instrumento de recolección de datos.
- Ficha de evaluación..

Agradezco de antemano su receptividad y colaboración, su apoyo permitirá utilizar un instrumento con garantía de validez científica en contexto peruano. Quedo de Ud. en espera de su evaluación.

Atentamente:



Carla Vanessa Briceño Minchan

DNI: 72111940

Universidad César Vallejo



Helen Selene Camposano De la Cruz

DNI: 73041107

Universidad César Vallejo

Anexo 32. Ficha de evaluación de instrumento 1 evaluador 3.

**VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO N° 1**

**I. DATOS GENERALES**

- 1.1. Apellidos y Nombres: Mblgo. Luis Alberto Cabanillas Chirino
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Instituto de Investigación UCV
- 1.3. Especialidad o línea de investigación:
- 1.4. Nombre del instrumento: Ficha de investigación
- 1.5. Autores de Instrumento: Briceño Minchan Carla Vanessa, Camposano de la Cruz Helen Selene

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE			MÍNIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1. CLARIDAD	Está formulado con lenguaje comprensible.										X
2. OBJETIVIDAD	Está adecuado a las leyes y principios científicos.										X
3. ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										X
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										X
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										X
6. INTENCIONALIDAD	Está adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										X
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										X
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde a una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										X
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.									X	

**III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD**

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

Si

**IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:**

99
----



Trujillo, 24 de noviembre del 2022

Anexo 33. Ficha de evaluación de instrumento 2 evaluador 3.

**VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO N° 2**

**V. DATOS GENERALES**

- 1.6. Apellidos y Nombres: Mblgo. Luis Alberto Cabanillas Chirino
- 1.7. Cargo e institución donde labora: Instituto de Investigación UCV
- 1.8. Especialidad o línea de investigación: Calidad y Gestión de los Recursos Naturales
- 1.9. Nombre del instrumento: Ficha de investigación
- 1.10. Autores de Instrumento: Briceño Minchan Carla Vanessa, Camposano de la Cruz Helen Selene

**VI. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE			MÍNIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1. CLARIDAD	Está formulado con lenguaje comprensible.									X	
2. OBJETIVIDAD	Está adecuado a las leyes y principios científicos.										X
3. ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										X
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										X
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										X
6. INTENCIONALIDAD	Está adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										X
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.								X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde a una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										X
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										X

**VII. OPINIÓN DE APLICABILIDAD**

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

Si

**VIII. PROMEDIO DE VALORACIÓN:**

98
----



Trujillo, 24 de noviembre del 2022

Anexo 34. Ficha de evaluación de instrumento 3 evaluador 3.

**VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO N° 3**

**IX. DATOS GENERALES**

- 1.11. Apellidos y Nombres: Mblgo. Luis Alberto Cabanillas Chirino
- 1.12. Cargo e institución donde labora: Instituto de Investigación UCV
- 1.13. Especialidad o línea de investigación: Calidad y Gestión de los Recursos Naturales
- 1.14. Nombre del instrumento: Ficha de investigación
- 1.15. Autores de Instrumento: Briceño Minchan Carla Vanessa, Camposano de la Cruz Helen Selene

**X. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE			MÍNIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1. CLARIDAD	Está formulado con lenguaje comprensible.											X
2. OBJETIVIDAD	Está adecuado a las leyes y principios científicos.											X
3. ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X
6. INTENCIONALIDAD	Está adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde a una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.									X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X

**XI. OPINIÓN DE APLICABILIDAD**

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

Si

**XII. PROMEDIO DE VALORACIÓN:**

99
----

*[Handwritten Signature]*

Trujillo, 24 de noviembre del 2022

Anexo 35. Ficha de evaluación de instrumento 4 evaluador 3.

**VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO N° 4**

**XIII. DATOS GENERALES**

- 1.16. Apellidos y Nombres: Mblgo. Luis Alberto Cabanillas Chirino
- 1.17. Cargo e institución donde labora: Instituto de Investigación UCV
- 1.18. Especialidad o línea de investigación: Calidad y Gestión de los Recursos Naturales
- 1.19. Nombre del instrumento: Ficha de investigación
- 1.20. Autores de Instrumento: Briceño Minchan Carla Vanessa, Camposano de la Cruz Helen Selene

**XIV. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE			MÍNIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1. CLARIDAD	Está formulado con lenguaje comprensible.									X	
2. OBJETIVIDAD	Está adecuado a las leyes y principios científicos.										X
3. ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										X
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										X
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										X
6. INTENCIONALIDAD	Está adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										X
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.								X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde a una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										X
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										X

**XV. OPINIÓN DE APLICABILIDAD**

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

Si

**XVI. PROMEDIO DE VALORACIÓN:**

*[Firma manuscrita]*

98
----

Trujillo, 24 de noviembre del 2022