



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO

ESCUELA DE POSGRADO

Callao, 11 de Enero de 2024

Señor (a)

Presente.-

Con fecha 11 de Enero de 2024 se ha expedido la siguiente Resolución.

RESOLUCIÓN DEL CONSEJO DE ESCUELA DE POSGRADO N° 14 -2024-CEPG-UNAC.- Bellavista, Callao, 11 de Enero de 2024

Visto el expediente E2037043 presentado por el (la) Bachiller **REYNA-MANDUJANO-SAMUEL CARLOS**
con código N° 2195015061 para el otorgamiento del Grado Académico de **MAESTRO EN GESTIÓN AMBIENTAL PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE**

CONSIDERANDO:

Que, según lo estipulado en el Art. 196°, numeral 196.10 del Estatuto de la Universidad Nacional del Callao, el Consejo de la Escuela de Posgrado tiene la atribución de aprobar los grados académicos de maestro y doctor; y elevarlos al Consejo Universitario para que se los confiera;

Que, mediante resolución de Consejo Universitario N° 150-2023-CU de fecha 15 de junio del 2023, se aprobó el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional del Callao; y su Art. 127°, indica que después de la sustentación y aprobación el autor de la tesis - para optar el grado académico de maestro o doctor - presenta por mesa de partes de la de la Universidad, para el trámite a la Escuela de Posgrado, su expediente adjuntando todos los documentos establecidos;

Que, tal como consta en el acta N° 003 , el Jurado de Sustentación aprobó la sustentación de la tesis titulada:

“ EFICIENCIA DE LAS TÉCNICAS DE FITORREMEDIACIÓN EN METALES PESADOS BASADO EN ARTÍCULOS CIENTÍFICOS EN EL PERIODO 2017 - 2022 ”

para la obtención del Grado Académico de **MAESTRO EN GESTIÓN AMBIENTAL PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE**
presentada por el (la) Bachiller **REYNA-MANDUJANO-SAMUEL CARLOS**

Que, según Dictamen N° **001-2024- GRA MG CCT-EPG-UNAC** de fecha **10/01/2024** , expedido por la Comisión de Certificados y Grados de la Escuela de Posgrado, se verificó que el (la) interesado (a) cumple con los requisitos establecidos en el Art. 127° del precitado Reglamento, para la obtención del grado académico solicitado;

Que, teniendo la documentación sustentaria y estando a lo acordado por el Consejo de la Escuela de Posgrado, en su Sesión Ordinaria del 11 de Enero de 2024 y en uso de las atribuciones que le confiere el Art. 196° inciso 196.10 del Estatuto de la Universidad Nacional del Callao.

RESUELVE:

- 1° **APROBAR** el Grado Académico de **MAESTRO EN GESTIÓN AMBIENTAL PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE**
del (la) Bachiller **REYNA-MANDUJANO-SAMUEL CARLOS**
- 2° **ELEVAR** la presente resolución y su respectivo expediente al Consejo Universitario, para que se le confiera el Grado Académico respectivo.
- 3° **TRANSCRIBIR** la presente Resolución al Rectorado, Unidad de Posgrado de la Facultad correspondiente, e interesados para conocimiento y fines pertinentes.

Regístrese, comuníquese y cúmplase.

(FDO.): Dr. JUAN VALDIVIA ZUTA- director de la Escuela de Posgrado. - Sello.

(FDO.): Mg. NESTOR GOMERO OSTOS. - secretario Académico. - Sello

Lo que transcribo a usted para los fines pertinentes.

/BOR



DR. JUAN VALDIVIA ZUTA
DIRECTOR EPG-UNAC



NESTOR GOMERO OSTOS
SECRETARIO ACADEMICO

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
ESCUELA DE POSGRADO

Av. Juan Pablo II 306, Bellavista, Callao

☎ Telefax: 453-8032 - 429-9740 anexo 309

PROVEIDO N° 005-2024-EPG-UNAC

A: : SECRETARIA ACADEMICA

REFERENCIA : OFICIO N° 001- CCG-EPG-UNAC-2024

ASUNTO : DICTAMEN DE GRADO DE MAESTRO DE REYNA MANDUJANO SAMUEL CARLOS DE LA COMISIÓN DE CERTIFICADO Y GRADO, DE LA MAESTRIA GESTIÓN AMBIENTAL PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DE LA UPG FIARN.

FECHA Callao, 11 de enero de 2024

Pase a **SECRETARIA ACADEMICA**, para ser visto en Consejo de la Escuela de Posgrado

Atentamente,

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
ESCUELA DE POSGRADO



DR. JUAN VALDIVIA ZUTA
Director



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
ESCUELA DE POSGRADO
COMISIÓN DE CERTIFICADOS Y GRADOS

“Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho”

Bellavista, 11 de Enero de 2024

OFICIO N° 001 CCG-EPG-UNAC-2024

Señor:

Dr. **Juan Valdivia Zuta**
Director de la Escuela de Posgrado
Universidad Nacional del Callao
Presente.-

ASUNTO: GRADO DE MAESTRO

REFERENCIA: AL OFICIO 1945-**2024-EPG-UNAC**

Es grato dirigirme a usted para saludarlo cordialmente, la presente tiene la finalidad de dar respuesta al oficio de N° **1945-2024-EPG-UNAC**; para lo cual se adjunta dos (2) expediente con su respectivo Dictamen de la Comisión de Certificado y Grados detallado en el siguiente cuadro:

N°	DICTAMEN	APELLIDOS Y NOMBRES	EN	FACULTAD	MODALIDAD
	001	REYNA MANDUJANO SAMUEL CARLOS	MAESTRO	FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES	CCT

Sin otro particular. Atentamente,

Dr. **FÉLIX ALFREDO GUERRERO ROLDÁN**

PRESIDENTE DE LA CCG



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
ESCUELA DE POSGRADO
Comisión de Certificados y Grados

DICTAMEN N° 001 2024-GM-CCT-EPG-CCT-UNAC

Con fecha 10 de enero de 2024, se ha expedido el siguiente Dictamen:

Visto el expediente N.º E2037043 enviado por oficio N.º 1777 EPG de la UNAC, de fecha 20 de diciembre de 2023 presentado por el Bachiller, REYNA MANDUJANO SAMUEL CARLOS para obtener el Grado Académico de MAESTRO “EN GESTIÓN AMBIENTAL PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE.”

CONSIDERANDO:

Que, según lo estipulado en el Art. 189º del Estatuto de la Universidad Nacional del Callao, la Escuela de Posgrado es una unidad de formación académica y de gestión. Está integrada por docentes de las Unidades de Posgrado y por los estudiantes de Diplomado, Maestría y Doctorado;

Que, el Art. 190 del Estatuto de la UNAC, en el inciso 190.5 reconoce como Órgano de Asesoramiento de la Escuela de Posgrado, a Comisión de Certificado y Grados.

Que, el Art. 254º del Reglamento General de la UNAC, aprobado con resolución N.º 133-2016-CU, establece que “La Comisión de Certificados y Grados, es el órgano de asesoramiento del Consejo de la Escuela de Posgrado encargada de verificar el cumplimiento de los requisitos por los solicitantes de los certificados y grados académicos obtenidos en la Escuela de Posgrado de la UNAC.

Que, según el Acta de Sustentación N.º 03, Libro N.º 01, Folio --6, correspondiente a la Facultad de Ingeniería Ambiental y de Recursos Naturales, de fecha 23 de setiembre de 2023, el Jurado Examinador da por aprobada la tesis.

TITULADA:

“EFICIENCIA DE LAS TÉCNICAS DE FITORREMEDIACIÓN EN METALES PESADOS BASADO EN ARTÍCULOS CIENTÍFICOS EN EL PERIODO 2017 - 2022”

Para obtener el Grado Académico de; **MAESTRO EN GESTIÓN AMBIENTAL PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE**

Que, de conformidad al Art. 127º del Reglamento de Grados y Títulos de la UNAC, “Después de la sustentación y aprobación el autor de la tesis - para optar el grado académico de maestro o doctor - presenta por mesa de partes de la Universidad, para el trámite a la Escuela de Posgrado, su expediente en un folder adjuntando en estricto orden los siguientes documentos”. Y habiendo revisado el referido expediente, se verificó que cumple con todos los requisitos establecidos en los literales a, b, c, d, e, f y g, del Reglamento de Grados y Títulos de la UNAC vigente.

Que, en sesión ordinaria de la comisión de Certificados y Grados realizada el día 10 de enero de 2024, se acuerda Dictaminar favorablemente sobre el expediente presentado y elevarlo al Consejo de la Escuela de Posgrado para que continúe con el trámite correspondiente y se aprueba el **Grado Académico de Maestro;**

Que, de conformidad al Art. 254º del Reglamento General de la UNAC, La Comisión de Certificados y Grados y en uso de las atribuciones consignadas, de la norma vigente, esta Comisión:

RESUELVE:

Proponer a la Escuela de Posgrado la aprobación del; **GRADO DE MAESTRO EN GESTIÓN AMBIENTAL PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE** al Bachiller **REYNA MANDUJANO SAMUEL CARLOS.**

Elevar el presente Dictamen a la EPG de la UNAC para los fines de Ley y trámite siguiente

Dr. . FÉLIX ALFREDO GUERRERO ROLDÁN
PRESIDENTE

DR. LOYO PEPE ZAPATA VILLAR
Secretario

DR. VICTOR HUGO DURAN HERRERA
MIEMBRO



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
ESCUELA DE POSGRADO
“Año de la unidad, la paz y el desarrollo”

Av. Juan Pablo II 306, Bellavista, Callao

☎ Teléfono: 453-8032

Bellavista, 20 de diciembre del 2023
OFICIO N° 1945-2023-EPG-UNAC-VIRTUAL

Doctor

Ing. ABILIO BERNARDINO CUZCANO RIVAS

Presidente de la Comisión de Certificados y Grados

Escuela de Posgrado

Presente.-

De mi consideración:

Tengo el agrado de dirigirme usted para saludarlo cordialmente y a la vez en atención al SGD de **MESA DE PARTES DE SECRETARIA GENERAL**, remitirle el expediente E2037043 de **REYNA MANDUJANO SAMUEL CARLOS** Grado de **MAESTRO EN GESTIÓN AMBIENTAL PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE** de la Facultad de Ingeniería Ambiental y de Recursos Naturales, para su Dictamen correspondiente.

Sin otro particular le renuevo los sentimientos de mi especial consideración.

Atentamente,

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
ESCUELA DE POSGRADO




DR. JUAN VALDIVIA ZUTA
Director

**FORMATO DE TRÁMITE ACADÉMICO - ADMINISTRATIVO
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO**

DIRIGIDO A:
DRA. ARCELIA OLGA ROJAS SALAZAR
RECTORA
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO

DATOS DEL RECURRENTE (LETRA IMPRENTA)

NOMBRES: SAMUEL CARLOS _____ D.N. I: 31662440 _____
APELLIDOS: REYNA MANDUJANO _____ CODIGO: 2195015061 _____
DOMICILIO: PSJ. MISTI 110 URB. CIUDAD DE PAPEL CORREO: scarlosreyna@gmail.com_
TELEFONO: 992155019 _____ CELULAR: 992155019 _____

RELACIÓN CON I.A UNAC: DOCENTE ALUMNO EGRESADOS **X** OTROS

- | | | |
|--|--|--|
| 1. Constancia de Egresado. | 11. Diploma Título Profesional Informe | 24.- Revisión Examen Asignatura |
| 2. Diploma Grado de Bachiller. | 12.- Acta Adicional | 25.- Transcripción Resolución |
| 3. Aprobación Proyecto Tesis | 13.- Certificado de Estudios | 26.- Cambio de Asesor |
| 4. Designación de Jurado de Tesis | 14.- Retiro Total de Matrícula | 27.- Completar Expediente |
| 5. Expedito para Sustentación y fecha de Sustentación de Tesis | 15.- Retiro Parcial de Matrícula | 28.- Autorización Título Profesional de otra Universidad |
| 6. Diploma de Título Profesional | 16.- Fraccionamiento de Matrícula | 29.- Diploma de Grado Académico Maestro y Doctor |
| 7. Inscripción Ciclo Actualización Profesional (CAP) | 17.- Constancia de Matrícula | 30.- Otros |
| 8. Examen Final CAP | 18.- Duplicado de Syllabus | |
| 9. Diploma Título Profesional por Tesis | 19.- Reconsideración de Convalidación | |
| 10. Aprobar y Sustentación Informe de Experiencia Laboral | 20.- Levantamiento de Observaciones | |
| | 21.- Devolución de documentos | |
| | 22.- Devolución de Dinero | |
| | 23.- Subsanación | |

Trámite a realizar:

ESCRIBE EL N° DEL TRÁMITE A REALIZAR 29

DETALLE DE LA SOLICITUD: solicito diploma de grado de Maestro, para tal fin adjunto requisitos

DECLARACIÓN JURADA SIMPLE

Yo, SAMUEL CARLOS REYNA MANDUJANO con DNI N° 31662440
declaro que los datos y documentos adjuntos son legalmente válidos y corresponden al tenor de la solicitud.

Bellavista, 12 de diciembre de 2023



FIRMA

ADJUNTO:

01. Solicitud dirigida a la Rectora de la UNAC, según formato.
02. Acta de sustentación
03. Recibo de pago de acuerdo al TUPA vigente
04. Certificado de dominio de idioma
05. Cuatro fotografías actuales



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
ESCUELA DE POSGRADO
UNIDAD DE POSGRADO
FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES



I CICLO TALLER DE TESIS

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS
PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO EN
“GESTIÓN AMBIENTAL PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE”
MODALIDAD CON CICLO TALLER DE TESIS

Nº 003-2023-ICTT/UPG-FIARN-UNAC

En el LIBRO 01 FOLIO N° 6, CONTIENE EL ACTA N° 003-2023-ICTT/UPG-FIARN-UNAC DE SUSTENTACIÓN DE TESIS, PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO EN GESTIÓN AMBIENTAL PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE – MODALIDAD CON CICLO TALLER DE TESIS.

Siendo las 09:25 horas del 23 de setiembre del 2023, mediante el uso de la Plataforma Virtual google meet <https://meet.google.com/gqk-sihv-jks>, se reúne el Jurado de Sustentación de Tesis designado mediante Resolución N° 085-2023-D-UPG-FIARN-UNAC:

❖ Dr. EDUARDO VALDEMAR TRUJILLO FLORES	PRESIDENTE
❖ Mtro. CARLOS ODORICO TOME RAMOS	SECRETARIO
❖ Dr. ENRIQUE GUSTAVO GARCÍA TALLEDO	VOCAL
❖ Mg. LUIS ENRIQUE LOZANO VIEYTES	VOCAL
❖ Mtro. ABNER JOSUE VIGO ROLDAN	ASESOR

Dando inicio el acto de sustentación de la tesis “**EFICIENCIA DE LAS TÉCNICAS DE FITORREMEDIACIÓN EN METALES PESADOS BASADO EN ARTÍCULOS CIENTÍFICOS EN EL PERIODO 2017 - 2022**”, presentado por el bachiller **SAMUEL CARLOS REYNA MANDUJANO**, para la obtención del Grado Académico de Maestro en Gestión Ambiental para el Desarrollo Sostenible.

Luego de la exposición, la absolución de las preguntas formuladas por el jurado y efectuada las deliberaciones pertinentes del Jurado, acuerda: Dar por **APROBADO** con la escala de calificativo cualitativo **BUENO** y cuantitativo Quince (**15**), la presente tesis, conforme a lo dispuesto en el Art. 124º del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional del Callao, aprobado por Resolución del Consejo Universitario N° 099-2021-CU del 30 de junio de 2021; declarando **APTO** para conferir el Grado Académico de Maestro en Gestión Ambiental para el Desarrollo Sostenible al bachiller **SAMUEL CARLOS REYNA MANDUJANO**; dándose por finalizado dicho acto de sustentación a las 09:55 horas del mismo día.

Dr. Eduardo Valdemar Trujillo Flores
Presidente

Mtro. Carlos Odorico Tome Ramos
Secretario

Dr. Enrique Gustavo García Talledo
Vocal

Mtro. Luis Enrique Lozano Vieytes
Vocal

Mtro. Abner Josué Vigo Roldan
Asesor

SCOTIABANK PERU S.A.A.
428 AGENCIA FAUCETT 2

INTERCONECTADO

24/10/23
12:02:51

Pag: 1

RUC : 20138705944
CLTE : 2195015061
SERV : 104 TRAMITE

UNIV. DEL CALLAO
REYNA MANDUJANO SAMU DOC:UNAC-1556518

REF: T-2023B EAP-950/T-2023B EAP-95

Cod	Concepto	Importe	Ucto
01	TRAMITES	250.00	24/10/23
00		0.00	
00		0.00	
00		0.00	
00		0.00	
00		0.00	
			A Pagar :
			Mora :
			Descuento :

			TOTAL A PAGAR S/ :
			COMISION SERV. RECAUD. S/ :

TOTAL COMISIONES : 3.70
S/ 253.70
S/ 253.70

FORMA DE PAGO:EFECTIVO
Valor Total Efectivo:

ANTES DE RETIRARSE DE LA VENTANILLA VERIFIQUE QUE LOS DATOS SON CORRECTOS

050.186.0019

U27191 .U27191

24/10/23

RLRERBOR



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
VICERRECTORADO ACADÉMICO
CENTRO DE IDIOMAS

CONSTANCIA DE CONVALIDACIÓN

La Dirección del Centro de Idiomas de la Universidad Nacional del Callao, han recibido la solicitud de Convalidación del alumno(a):

Reyna Mandujano Samuel Carlos

De la FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES quien presentó Certificado de Estudio del Idioma PORTUGUÉS procedente del (de la) CENTRO UNIVERSITARIO DE IDIOMAS DE LA UNIVERSIDAD FEDERICO VILLAREAL.

Efectuada la convalidación con el rango establecido en el Centro de Idiomas de la Universidad Nacional del Callao, esta Dirección **APRUEBA** la convalidación del Nivel **INTERMEDIO** del idioma **PORTUGUÉS**; según **DICTAMEN N°0-221 CE-VRA-UNAC**.

Se expide la presente constancia a petición del interesado para los fines que considere convenientes.

Bellavista, 27 de noviembre del 2023

N° de registro: 0221-11-2023

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
CENTRO DE IDIOMAS
Mg. NESTOR OSORIO OSTOS
DIRECTOR (a)





UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO

AUTORIZACIÓN PARA PUBLICACIÓN DE TESIS Y/O INFORMES FINALES DE INVESTIGACIÓN ARTÍCULOS CIENTÍFICOS EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO

Por medio del presente documento, autorizo la publicación del texto completo de la tesis de pre grado y posgrado, Informe Final de Investigación, artículos científico, en el Repositorio Institucional de la Universidad Nacional del Callao, de conformidad señalado en el Decreto Legislativo N° 822, sobre la Ley de los Derechos de Autor, Ley N° 30035 del Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, Art. 10° del Reglamento Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales en las universidades – RENATI resolución N° 033-2016-SUNEDUCD, de fecha 08.09.16; para lo cual especifico la siguiente información:

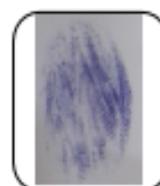
DATOS PERSONALES	
Apellidos y Nombre:	REYNA MANDUJANO SAMUEL CARLOS
DNI	31662440
Teléfono	992155019
e-mail	scarlosreyna@gmail.com

DATOS ACADÉMICOS			
PREGRADO			
Facultad			
Escuela Profesional			
Grado Académico			
Título Profesional			
Observaciones/Precisiones			
POSTGRADO			
País	PERU		
Grado Académico de Maestro	MAESTRO EN GESTION AMBIENTAL PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE		
Grado Académico de Doctor			
Observaciones/Precisiones			
DATOS DE LA TESIS, TRABAJO DE INVESTIGACION, ARTICULOS CIENTIFICO (marca con x)			
Título de	Tesis	X	*EFICIENCIA DE LAS TECNICAS DE FITORREMEDIACION EN METALES PESADOS BASADO EN ARTICULOS CIENTIFICOS EN EL PERIODO 2017 - 2022*
	Trabajo de investigación		
	Artículo Científico		
	Informe Final		
Año de publicación	2023		
Observaciones/Precisiones			
TIPO DE ACCESO PARA LA TESIS, TRABAJO DE INVESTIGACION, ARTICULOS CIENTIFICO (marca con x)			
Acceso Abierto	X		
Acceso Restringido			
Acceso con un periodo de embargo			
Acceso cerrado			

*Para los tipos de acceso restringido, con un periodo de embargo y cerrado; el solicitante deberá de adjuntar su justificación para su evaluación, de no ser el caso se procederá a asignarle por defecto el Acceso Abierto.



Firma



Huella Digital



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES
Unidad de Posgrado - Investigación

CONSTANCIA DE ANTIPLAGIO N° 012-2023-OUR/URK –
UPG FIARN

LA UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO, QUE SUSCRIBE:

HACE CONSTAR

QUE, EL BACHILLER:

REYNA MANDUJANO, Samuel Carlos

CÓDIGO DE MATRÍCULA N° 1695010087, DE LA MAESTRÍA EN “GESTIÓN AMBIENTAL PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE”, HA PRESENTADO SU TESIS TITULADA: “EFICIENCIA DE LAS TÉCNICAS DE FITORREMEDIACIÓN EN METALES PESADOS BASADO EN ARTÍCULOS CIENTÍFICOS EN EL PERIODO 2017 - 2022”, PARA LA EVALUACIÓN ANTIPLAGIO ORIGINAL, OBTENIENDO COMO RESULTADO 9% DE SIMILITUD, SEGÚN EL DOCUMENTO N° D173358703, ESTANDO DENTRO DEL PORCENTAJE PERMITIDO (MÁXIMO 20%, ESTABLECIDO EN LA DIRECTIVA N° 013-2019-R “DIRECTIVA QUE REGULA Y NORMA EL USO DEL SOFTWARE PARA LA IDENTIFICACIÓN DE LA AUTENTICIDAD DE DOCUMENTOS ACADÉMICOS EN LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO”, APROBADO CON RES. N° 704-2019-R DEL 05 DE JULIO DE 2019).

SE EXPIDE LA PRESENTE CONSTANCIA A SOLICITUD DEL INTERESADO PARA REALIZAR TRÁMITES CORRESPONDIENTES A LA SUSTENTACIÓN DE TESIS.

Bellavista, 02 de setiembre del 2023

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
Facultad de Ingeniería Ambiental y de Recursos Naturales



MTRO. AMÉRICO CARLOS MILLA FIGUEROA
RESPONSABLE DE TESIS
UPG- FIARN - UNAC

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
Facultad de Ingeniería Ambiental y de Recursos Naturales



DR. MÁXIMO FIDEL BACA NEGLIA
DIRECTOR DE INVESTIGACIÓN
FIARN - UNAC

Document Information

Analyzed document	REYNA MANDUJANO, Samuel Carlos -MAESTRIA -2023.pdf (D173358703)
Submitted	2023-09-02 17:02:00
Submitted by	
Submitter email	fiarn.posgrado@unac.edu.pe
Similarity	9%
Analysis address	fiarn.posgrado.unac@analysis.orkund.com

Sources included in the report

SA	4_MerilynYolandayGloriaRosa - copia.docx Document 4_MerilynYolandayGloriaRosa - copia.docx (D119677661)		2
SA	TESIS_FITORREMEDIACIÓN_CHIRINOS Y FERNANDEZ.docx Document TESIS_FITORREMEDIACIÓN_CHIRINOS Y FERNANDEZ.docx (D147611226)		6
SA	11_EF_TT2_MillaHuesaLeonardoClaver.docx Document 11_EF_TT2_MillaHuesaLeonardoClaver.docx (D141769458)		1
W	URL: http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/457/1/TESIS%20KARITO.pdf Fetched: 2021-02-24 06:40:52		3
SA	CONTRERAS_02.docx Document CONTRERAS_02.docx (D137743067)		1
SA	T1_DiazEspinozalsabel_LoveraMaylleCesar.docx Document T1_DiazEspinozalsabel_LoveraMaylleCesar.docx (D144414740)		1
SA	T2_TALLERDETESIS1_MALLQUICHICMANASIXTOANTONIO VALENZUELALARAPAULA JANIT.docx Document T2_TALLERDETESIS1_MALLQUICHICMANASIXTOANTONIO VALENZUELALARAPAULA JANIT.docx (D138381453)		1
SA	Saldaña, V. y Quincho, C..docx Document Saldaña, V. y Quincho, C..docx (D160442196)		1
SA	TESIS - ORTIZ;J Y ROJAS; M REVISION FINAL.docx Document TESIS - ORTIZ;J Y ROJAS; M REVISION FINAL.docx (D142942660)		4
W	URL: https://srjournalcidi.org/index.php/ojs/article/download/43/27/170 Fetched: 2022-11-26 19:07:13		1
SA	Dávila Mego, Nancy Karina; Walter Villegas, Lorena Chabeli.pdf Document Dávila Mego, Nancy Karina; Walter Villegas, Lorena Chabeli.pdf (D140328016)		4
SA	TESIS URKUND Karelys Hidalgo mayo 2023.docx Document TESIS URKUND Karelys Hidalgo mayo 2023.docx (D166025842)		1

Entire Document

1 I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 1.1. Descripción de la realidad problemática. La contaminación de suelos, aguas y aire por metales pesados es un problema de consecuencias épicas; esto afecta al mundo, causando problemas de disponibilidad alimentaria, riesgos en la que se ven involucrados la ecología y la salud. La contaminación del suelo por metales pesados se ha convertido en un problema importante (Zhang et al., 2013), que afecta a los cultivos en varios aspectos, incluido el decrecimiento de las plantas, la biomasa, la calidad del cultivo y el rendimiento del grano debido a su alta toxicidad (Rizwan et al., 2016). De igual forma, la contaminación por metales pesados es cada vez más preocupante porque no son biodegradables y se almacenan en el entorno natural antes de entrar en la cadena alimentaria (Jaskulak, Grobelak y Vandenbulcke, 2020). Estos elementos aumentan principalmente como resultado de las actividades humanas, como la minería, las descargas industriales, la eliminación de desechos peligrosos y la fundición (Shah y Daverey, 2020). En términos de ecología, los niveles altos de concentraciones de metales pesados en el suelo se consideran significativos (Swiercz et al., 2016). Las principales fuentes de contaminación del suelo son los gases de escape, la producción de combustible y los fertilizantes. Estos desechos nocivos alteran las propiedades del suelo, así como los animales, las plantas, los microorganismos y los seres humanos (Durumin et al., 2019). La entrada de metales pesados a la cadena alimentaria está relacionada con una variedad de riesgos para la vida humana, incluido cáncer, discapacidad cognitiva, enfermedades renales, problemas de sistema nervioso, daño cerebral, infecciones a la piel, enfermedades cardiovasculares, anemia, entre otros (Derakhshan, Chae y Hyun, 2017). Los metales pesados a ser evaluados, por la toxicidad que presentan, son el plomo, cadmio, mercurio, níquel, zinc, entre otros. Cuando los metales pesados se liberan al agua, ya sea en forma de partículas suspendidas o en solución, pueden tener efectos perjudiciales tanto en los ecosistemas acuáticos

2 como en la salud humana. Estos metales, como el plomo, el mercurio, el cadmio y el arsénico, son persistentes y pueden acumularse en los tejidos de los organismos acuáticos, provocando daños en su funcionamiento biológico y en las cadenas alimentarias. (Du, B., et al. 2020). Algunos de los problemas comunes asociados con esta contaminación incluyen la reducción de la biodiversidad acuática, la muerte de organismos acuáticos, la disminución de la calidad del agua potable y la aparición de enfermedades en humanos, debido a la ingesta de agua contaminada. (Satarug, S., et al. 2020) Una amplia gama de contaminantes atmosféricos, incluyendo hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP), compuestos orgánicos volátiles (COV), metales pesados y otros compuestos tóxicos, afectan el aire cerca a industrias y botaderos informales; por lo que es necesario eliminar, degradar o inactivar estos contaminantes presentes en el aire. Basado en artículos científicos publicados entre 2017 y 2022, el objetivo de esta investigación fue evaluar la eficiencia de las técnicas utilizadas en la fitorremediación de metales pesados. 1.2. Formulación del problema. Problema General: ¿Cuál será la eficiencia de las técnicas de fitorremediación en metales pesados, basado en artículos científicos en el periodo 2017 - 2022? Problemas Específicos: - ¿En qué medida la efectividad de las técnicas de fitorremediación contribuye a la eficiencia de la remoción de metales pesados? - ¿Qué factores influyen en la eficiencia de las técnicas de fitorremediación en metales pesados? - ¿Cuáles son las especies más efectivas para la fitorremediación de metales pesados? 1.3. Objetivos Objetivo General Evaluar la eficiencia de las técnicas de fitorremediación en metales pesados, basado en artículos científicos en el periodo 2017 – 2022

3 Objetivos Específicos - Determinar la efectividad de diferentes técnicas de fitorremediación de suelos contaminados con metales pesados, basado en artículos científicos en el periodo 2017 – 2022. - Analizar los factores que influyen en la eficacia de las técnicas de fitorremediación en metales pesados, basado en artículos científicos en el periodo 2017- 2022. - Identificar las especies de plantas más efectivas para la fitorremediación de metales pesados en suelos y aguas contaminadas, basado en artículos científicos en el periodo 2017 - 2022 1.4. Justificación La justificación para realizar esta investigación se fundamenta en la necesidad de abordar y evaluar el estado actual de las técnicas de fitorremediación, en relación con su eficacia para la remediación de contaminantes ambientales; en ese sentido, se respalda en los puntos siguientes: Justificación teórica, ya que proporcionará nuevas perspectivas y conocimientos para investigaciones futuras que se enfoquen en la remediación de suelos contaminados con metales pesados mediante el uso de alternativas eficientes y seguras como las especies nativas. Justificación práctica, porque proporcionará datos que ayudarán a resolver la contaminación de suelos por metales pesados mediante el uso de especies nativas y evitar el uso de especies introducidas. Justificación metodológica, ya que proporcionará información sobre el procedimiento utilizado en la investigación para masificar el uso de especies nativas para remediar suelos contaminados con metales pesados. Justificación ambiental, porque esta permitirá determinar las técnicas más efectivas de fitorremediación aplicados a suelos contaminados por metales pesados.

4 1.5. Delimitantes de la investigación Delimitante teórica: Se aplicará teorías referidas a la fitorremediación, con énfasis en metales pesados. Delimitante temporal: Corresponderán a las investigaciones de artículos científicos publicados desde el año 2017 hasta el año 2022. Delimitante espacial: Se analizará de acuerdo con la procedencia del país de origen.

5 II. REVISION DE LITERATURA 2.1. Antecedentes 2.1.1. Antecedentes internacionales

66%

MATCHING BLOCK 1/26

SA

4_MerilynYolandayGloriaRosa - copia.docx (D119677661)

Santoyo (2020), en su estudio "Eco toxicológico sobre la bioacumulación de metales pesados en dos especies vegetales asociadas a los jales de Huautla, Morelos", buscó evaluar la capacidad de bioacumulación y

los efectos de la exposición temporal a metales pesados en *Vachellia campechiana* y *Crotalaria pumila* en condiciones de invernadero. La germinación de semillas de las dos especies de estudio, que provenían de sitios expuestos a metales pesados y de sitios de control, se evaluó para este propósito. La metodología tuvo un enfoque cuantitativo, de diseño experimental.

71%**MATCHING BLOCK 2/26****SA** 4_MerilynYolandayGloriaRosa - copia.docx (D119677661)

Los resultados arrojaron que *Vachellia campechiana* es una especie con potencial para fitorremediar suelos contaminados, por tener capacidad de bioacumulación para Cr, Cu y Pb en tejido de raíz (0,83 mg/kg; 0,37 mg/kg; 4,23 mg/kg, respectivamente) y tejido foliar (2,75 mg/kg; 0,38 mg/kg; 4,75 mg/kg,

respectivamente). Mientras que *Crotalaria pumila* bioacumula Cu en ambos tejidos evaluados (0,46 mg/kg y 0,45 mg/kg, respectivamente). La conclusión de este estudio es que diferentes especies tienen diferentes capacidades de bioacumulación de metales pesados, por lo que pueden considerarse tratamientos con múltiples especies para fitorremediar sitios contaminados por metales pesados. Guzmán (2022), en su investigación "Evaluación de la peligrosidad de los elementos potencialmente tóxicos presentes en residuos mineros abandonados" ha identificado como metales potencialmente peligrosos al Ba, Cd, Cu, Pb, Mn, Ni, Zn, Vn, Sn, ya que se considera mantener el control sobre estos. Por el contrario, cuando estos metales exceden el límite máximo permitido tendrán efectos negativos en las propiedades del suelo, metales como cadmio (Cd), plomo (Pb), mercurio (Hg) y arsénico (As) son comúnmente reportados, asociados con casos de contaminación del suelo, de los cuales tienen como característica la difícil descomposición, lo contrario ocurre con los compuestos orgánicos. Estos metales pesados pueden estar muchos años en el suelo. En ese sentido, es necesario actuar para evitar que metales pesados ingresen al ecosistema, permitiendo utilizar tecnologías para reducir la contaminación de los suelos. Se están desarrollando métodos de tratamiento convencionales diferentes para restaurar suelos contaminados con metales pesados, estos se basan principalmente en técnicas mecánicas o fisicoquímicas, tales como incineración, excavación y enterramiento de suelo, lavado de suelo, solidificación y aplicación de campo. Cabe resaltar que estos enfoques fisicoquímicos tienen inconvenientes por el alto costo, ineficiencia ante concentraciones bajas, alterando las propiedades fisicoquímicas y biológicas del suelo, lo que lleva a la degradación de los ecosistemas del suelo, con la incorporación de contaminantes secundarios (Ali et al, 2013). En ese sentido la degradación del suelo está directamente relacionada con la fitorremediación debido a que esta última busca mitigar y revertir los efectos negativos de la contaminación del suelo, mejorando su calidad y restaurando su funcionalidad. La fitorremediación es una estrategia sostenible y natural que utiliza plantas para extraer, acumular, degradar o estabilizar contaminantes presentes en el suelo, a través de la restauración de la estructura y calidad del suelo, captura y extracción de metales pesados, rehabilitación de terrenos contaminados y el fomentar la recuperación de la biodiversidad de suelos.

82%**MATCHING BLOCK 3/26****SA** TESIS_FITORREMIACIÓN_CHIRINOS Y FERNANDEZ.docx (D147611226)

Reátegui de la Cruz (2018), en su investigación "Efecto de la dosificación de *Pleurotus ostreatus* en la absorción de metales pesados en suelos contaminados, Shahuindo"

utilizó un diseño experimental unifactorial para evaluar el impacto de la adición de *Pleurotus ostreatus* en la absorción de metales pesados en el suelo. Evaluó 4 tratamientos con tres repeticiones. Se sembraron macetas experimentales de 1 kg la dosificación de cada maceta fue diferente con *Pleurotus ostreatus* y el suelo contaminado en cantidades de 50, 100, 150, y 200 gr. de *Pleurotus ostreatus*. Concluye que los metales pesados Ag, Fe, Hg, Mo y Se tenían un porcentaje de absorción medio superior al 50%. Martínez (2021), en su investigación, "

90%**MATCHING BLOCK 4/26****SA** 11 EF_TT2_MillaHuesaLeonardoClaver.docx (D141769458)

Evaluación del estado de conservación de suelos contaminados por la relavera el Madrigal - Arequipa y propuesta de fitorremediación"

evaluó el estado de conservación de suelos contaminados por El Madrigal Relavera y un programa de remediación de vegetación; en respuesta a estos problemas evaluó especies que crecen en

7 áreas contaminadas, en zonas donde se desarrollaron explotación minera. Entre estas especies se identificó 7 familias, 6 órdenes y 1 tipo, divididas en 5 áreas de muestreo, (primera zona y regiones A, B, C y D). El índice de dominancia de la región A es 0.8519, la riqueza de especies es 0.1481 y la equidad es 0.2988, mientras que la dominancia de la región B es menor (0.2869) y la riqueza y la equidad mayor (0.7131 y 0.8286, respectivamente), lo cual se debió a un aumento en el número de individuos y taxones en esta región de muestreo. En las muestras de las regiones C, D y primera zona, el índice de dominancia es más bajo. Finalmente, se utilizó *Baccharis* sp.(Familia Asteraceae), *Cortaderia jubata* (Lemoine) (Familia Poaceae), *Stipa ichu* (Familia Poaceae), como las familias más representativas. Sokolski, et al. (2021), en su investigación "Fitorremediación de Metales Pesados en Suelos Tropicales una Visión General" evaluaron el proceso de fitorremediación en suelos tropicales, aplicando el modelo de captación de sigmoide, el cual se usó para la evaluación de la fitoextracción en suelos arcillosos, siendo un 85% más eficiente en comparación con el método de Freundlich, del mismo se estableció los factores que inciden en este proceso, tales como el factor de bioconcentración, usaron como método la aplicación de las plantas en suelo contaminados por metales pesados, para hacer acumulados por las mismas y posteriormente reducir la contaminación. Concluyeron que la fitorremediación exitosa en suelos tropicales se logra a través de la intervención humana, incluidas las buenas prácticas de manejo del suelo y la plantación de una mezcla de especies nativas o adaptadas al área de interés, se sugiere que una estrategia exitosa involucrará una mezcla de pastos por su rápido crecimiento, junto con leguminosas, arbustos y árboles que hayan sido previamente validados como útiles en procesos de fitorremediación. Sharma, Singh, & Manchanda. (2018), en su investigación, "Fitorremediación: papel de las plantas terrestres y macrófitas acuáticas en la remediación de suelos y aguas contaminados con radionúclidos y metales pesados" evaluaron diferentes modelos de fitorremediación usando diferentes especies de plantas terrestres, acuáticas para el tratamiento de suelos y sistemas de agua contaminados con metales pesados y radionúclidos, el modelo 8 empleado fue el de captación de metales en plantas, el cual sirvió para reducir la cantidad de carga del contaminante en suelos franco arenoso, teniendo un 65% más efectivo que cualquier otro modelo, del mismo modo se aplicó el Factor de Translocación (TF), el cual permitió transportar los metales desde las raíces a los vástagos, es así que Usaron plantas y sus microorganismos relacionados como una forma de descontaminar de manera más efectiva los sitios con contaminación baja a moderada, concluyeron que estos radionúclidos son lo suficientemente capaces de producir una amenaza potencial para la salud debido a su larga vida media y su translocación sin esfuerzo en el cuerpo humano. 2.1.2. Antecedentes nacionales

96%

MATCHING BLOCK 5/26

SA

TESIS_FITORREMEDIACIÓN_CHIRINOS Y FERNANDEZ.docx (D147611226)

Jara (2018), en su investigación "Capacidad fitorremediadora de cinco especies altoandinas de suelos contaminados con metales pesados".

evaluó a cinco plantas

de los andes: *Solanum nitidum*, *Lupinus ballianus*, *Fuertesimalva echinata*, *Brassica rapa* y *Urtica urens*, para determinar su capacidad para fitorremediar suelos con altas concentraciones de plomo, zinc y cadmio. Desde octubre de 2011 hasta octubre de 2012, se llevó a cabo la investigación en un

96%

MATCHING BLOCK 6/26

W

invernadero en el distrito de Lachaqui, provincia de Canta, región de Lima. Fueron evaluados veinte tratamientos con un diseño factorial completo 5 x 4: 5 especies altoandinas y 4 sustratos con 30%, 60%,100% de relave de mina (RM) y suelo sin RM. La producción de biomasa disminuyó significativamente en *Solanum nitidum*, *Brassica rapa*, *Fuertesimalva echinata* y *Lupinus ballianus*, con el tratamiento de 100% de relave de mina. La mayor eficiencia de acumulación de plomo y zinc fue obtenida en las raíces de *Fuertesimalva echinata* con el tratamiento de 100% de relave de mina, obteniendo 2015.1 mg de plomo kg⁻¹ MS y 1024.2 mg de zinc kg⁻¹ MS. En las raíces de *L. ballianus* fue obtenida la más alta acumulación de cadmio, con una concentración de 287.3 mg kg⁻¹ MS con el tratamiento de 100% de relave de mina. *Fuertesimalva echinata* presentó el mayor índice de tolerancia (IT) al tratamiento de 100% de relave de mina, con un IT de 41.5%, pero, *S. nitidum* y *L. ballianus* presentaron el mayor IT al tratamiento de 60% de relave de mina con IT de 68.5% y 67.9.

y en él, caso de *Urtica urens*, los mayores valores de

60%

MATCHING BLOCK 7/26

W

acumulación de plomo, zinc y cadmio fueron obtenidos en las raíces con el tratamiento de 100% de relave de mina. Acumularon 854.5 mg de plomo kg⁻¹ MS, 452.8 mg de zinc kg⁻¹ MS)

y 8.9 mg de cadmio kg⁻¹ MS

Munive (2018) en su

97%**MATCHING BLOCK 8/26****SA** CONTRERAS_02.docx (D137743067)

investigación, "Fitorremediación con Maíz (*Zea mays* L.) y compost de Stevia en suelos degradados por contaminación con metales pesados"

tuvo como finalidad reducir la contaminación por metales pesados en los suelos del centro del país, observaron el efecto de las enmiendas orgánicas (compost y vermicompost de Stevia). Se realizó el presente trabajo utilizando maíz como planta fitorremediadora. Para ello se emplearon los suelos agrícolas de las localidades Mantaro y Muqui del valle del Mantaro, cuyos contenidos de plomo (Pb) y cadmio (Cd) en el suelo superan el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) de suelos del Perú. Los resultados indican que los suelos de la localidad de Muqui, contienen la mayor cantidad de Pb y Cd, presentando efectos negativos como un menor

61%**MATCHING BLOCK 9/26****SA** T1_DiazEspinozalsabel_LoveraMaylleCesar.docx (D144414740)

rendimiento de materia seca de hojas, tallos y raíces del maíz, además, de un desarrollo más lento. La planta de maíz

absorbe los metales pesados del suelo como lo demuestra la mayor acumulación de plomo y cadmio en la raíz de ésta, confirmando que la aplicación de las enmiendas orgánicas contribuye a solubilizar el Pb y Cd del suelo. Sin embargo, el vermicompost de Stevia fue más efectivo absorbiendo los metales pesados del suelo. Los cálculos del Factor de Bioconcentración (FBC) y de Translocación (FT), indican que el maíz es una planta exclusora o estabilizadora. Concluyendo que las enmiendas orgánicas:

100%**MATCHING BLOCK 10/26****SA** T2_TALLERDETESIS1_MALLQUICHICMANASIXTOANTONIO_ ... (D138381453)

compost y vermicompost de Stevia contribuyen a la solubilización de los metales pesados (Pb y Cd) para una mejor absorción,

el vermicompost contribuye a que la planta de maíz presente mayor altura, peso de hojas, tallos y peso de raíces, en ambas localidades, en las raíces se presentan los mayores valores de extracción de plomo y cadmio, el maíz extrae mayor cantidad de plomo cuando el suelo presenta mayor contenido en el suelo, asimismo extraen mayor cantidad de cadmio cuando el suelo presenta menor contenido, influenciado además por características del suelo; en base a los valores de los factores de Bioconcentración (FBC) y Translocación (FT) la planta de maíz se comporta como una planta exclusora o estabilizadora. Se recomienda llevar el trabajo experimental a nivel de campo hasta completar el 10 ciclo vegetativo para comprobar in situ los resultados obtenidos además permitirá evaluar la translocación de metales pesados a la mazorca del maíz sobre todo en suelos con altos contenidos de metales pesados. Mogollón, R. y otros (2018), en

97%**MATCHING BLOCK 11/26****SA** Saldaña, V. y Quincho, C..docx (D160442196)

su investigación "Remoción de metales pesados con *Urtica Urens* L. en suelos contaminados del Distrito de Huamachuco, Provincia Sánchez Carrión",

100%**MATCHING BLOCK 12/26****SA** TESIS - ORTIZ;J Y ROJAS; M REVISION FINAL.docx (D142942660)

realizó pruebas experimentales con tres tratamientos, los cuales se diferencian en el contenido de abono y suelo contaminado, el primer tratamiento consta de 600 gr y 900 gr de abono y suelo respectivamente, el segundo tratamiento de 450 gr y 1050 gr, y el tercer tratamiento de 300 gr y 1200 gr; cada tratamiento cuenta con tres plantas de *Urtica urens*

L,

93%**MATCHING BLOCK 13/26****SA** TESIS - ORTIZ;J Y ROJAS; M REVISION FINAL.docx (D142942660)

además contraste los resultados con la normativa ambiental (ECA). Mediante el análisis estadístico se determinó que el tratamiento 1 (40% de abono *Cavia Porcellus* + 60% de suelo contaminado) fue el más eficaz para la remoción de ARSÉNICO, MERCURIO y PLOMO con valores porcentuales de 65, 98 y 64 respectivamente, donde el análisis de varianza indica que el grupo de datos no presentan homogeneidad en sus varianzas, siendo el valor $p > 0,05$; mientras que para el BARIO, CADMIO y CROMO, su remoción no tiene diferencia significativa entre un tratamiento del otro, pues el análisis de varianza indica que el grupo de datos sí presentan homogeneidad en sus varianzas, siendo el valor $p < 0,05$.

Torres-Gonzales, y otros en su investigación "Fitorremediación de Suelos Contaminados por Metales Pesados" en actividades mineras, distinguen por que las plantas en

su estructura se encuentran metales que causan daños graves. El objetivo fue demostrar la capacidad fitorremediadora de las plantas *Alopecurus magellanicus* var. *bracteatus* y *Muhlenbergia angustata* en suelos adulterados por plomo y cadmio. Se hizo una búsqueda en EBSCOhost, LILACS, SciELO, ScienceDirect, Redalyc, PubMed, Scopus y Web of Science, usando los descriptores "Fitorremediación", "*Alopecurus magellanicus* var. *Bracteatus*", "*Muhlenbergia angustata*", "Contaminación de suelo" y "metales pesados", seleccionando 60 artículos para analizar la capacidad fitorremediadora del *Alopecurus magellanicus* var. *bracteatus* y *Muhlenbergia angustata*, determinando la efectividad de dichas plantas para remover los 11 metales en mención, de suelos contaminados por las diversas actividades vinculadas al sector minero. Los tratamientos obtuvieron óptimos resultados al analizar la capacidad fitorremediadora y al valorar los suelos después del tratamiento, encontrándose que el *Alopecurus magellanicus* var. *Bracteatus*, es la más efectiva para remover plomo y cadmio. Concluyendo que el *Alopecurus magellanicus* var. *bracteatus* acumula mayor cantidad de plomo y cadmio en sus raíces y tallos, y a la vez es una planta estabilizadora más eficiente para estos metales.

Labra, (2018) elabora su artículo titulado "Fitoextracción con *Helianthus annuus* L. (Girasol) para la reducción de cadmio en suelos contaminados, a nivel laboratorio 2018" tuvo como objetivo principal evaluar la capacidad de Fitoextracción del *Helianthus annuus* L. (girasol) para reducir el cadmio en suelos contaminados. El presente trabajo de investigación es de diseño experimental, debido a que se operara dos variables una independiente (Fito extracción con *Helianthus annuus* L. (girasol) y una dependiente (Reducción de cadmio en suelos contaminados). el autor concluye que al evaluar la capacidad de Fito extracción del *Helianthus annuus* L. (girasol) se obtuvo 192.08 mg/kg de absorción de cadmio, con una eficiencia de extracción de un 15.62%. 2.2. Marco Conceptual 2.2.1. Suelos contaminados Los suelos contaminados se refieren a aquellos suelos que han sido comprometidos por la presencia de sustancias químicas o contaminantes que pueden representar un riesgo para la salud humana, la vida silvestre y el medio ambiente en general. Estos contaminantes pueden ser productos químicos industriales, metales pesados, productos químicos agrícolas, desechos tóxicos, productos químicos domésticos y otros materiales que se depositan o infiltran en el suelo de manera que alteran su calidad y funcionalidad natural. La contaminación del suelo puede afectar negativamente la fertilidad del suelo, la calidad del agua subterránea y la salud de los seres vivos que dependen del suelo para su sustento. Aunque la mayoría de los contaminantes son causados por humanos,

12 otros contaminantes pueden estar presentes naturalmente en el suelo por medio de componentes minerales y pueden ser peligrosos si se encuentran en concentraciones elevadas en el suelo. (Rodríguez et al., 2018). Los metales pesados, tienen características metálicas como ductilidad, conductividad, densidad, estabilidad catiónica y especificidad de ligando; además muestran una variedad de particularidades biológicas y fisicoquímicas y se ha descubierto que producen complejos en forma de iones libres o participan en reacciones redox que pueden dañar a los organismos. Los metales pesados se pueden clasificar en tres categorías según sus efectos biológicos: 1) Los micronutrientes, metales esenciales con funciones biológicas conocidas (Na, K, Mg, Ca, V, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Mo y W); 2) Los metales tóxicos (Ag, Cd, Cr, Sn, Au, Hg, Ti, Pb, Al , incluso a bajas concentraciones y metaloides Ge, As, Sb y Se) también pueden producir efectos nocivos; 3) Metales no esenciales, no tóxicos y se desconocen sus efectos biológicos (Rb, Cs y Sr). (Beltrán et al., 2015). Los suelos contaminados son suelos que han sido alterados y tienen la presencia de sustancias o elementos que representan un riesgo para la salud humana, los ecosistemas y la calidad del suelo en general. Estas sustancias contaminantes pueden incluir productos químicos industriales, pesticidas, metales pesados, residuos tóxicos, hidrocarburos y otros compuestos orgánicos. Sabre, S., et al. (2022). 2.2.2. Aguas contaminadas Las aguas contaminadas son cuerpos de agua, ya sean superficiales (ríos, lagos, embalses) o subterráneas (acuíferos), que contienen sustancias o elementos perjudiciales para la salud humana y el medio ambiente. Estas sustancias contaminantes pueden incluir productos químicos tóxicos, metales pesados, contaminantes orgánicos, nutrientes en exceso (como nitratos y fosfatos), microorganismos patógenos, entre otros. (Bastani, M. et al. 2019). 2.2.3. Aire contaminado El aire contaminado se refiere a la presencia en la atmósfera de sustancias nocivas y contaminantes en concentraciones que exceden los niveles considerados seguros para la salud humana y el medio ambiente. Estos

13 contaminantes pueden incluir partículas sólidas en suspensión (PM_{2.5} y PM₁₀), gases tóxicos como el dióxido de azufre (SO₂), el dióxido de nitrógeno (NO₂), el ozono (O₃) y el monóxido de carbono (CO), así como otras sustancias químicas derivadas de actividades industriales, vehiculares y domésticas. La contaminación del aire puede tener efectos perjudiciales tanto para la salud humana como para los ecosistemas. Puede provocar problemas respiratorios, enfermedades cardíacas, agravar alergias y afectar la calidad de vida en general. Además, la contaminación atmosférica puede dañar la vegetación, los cuerpos de agua y la biodiversidad, y contribuir al cambio climático. (Cohen, AJ, et al. 2018). 2.2.4. Fitorremediación La fitorremediación es un proceso en el cual las plantas y sus microorganismos asociados son utilizados para remediar suelos, sedimentos, agua y aire contaminados. Consiste en el uso de vegetales capaces de acumular, degradar, inmovilizar o eliminar contaminantes presentes en el medio ambiente, a través de diferentes mecanismos como la absorción, la volatilización, la bioacumulación o la transformación biológica. Meagher, RB, et al. 2020) 2.2.5. Técnicas de fitorremediación La fitorremediación es una técnica que se basa en la capacidad de algunas especies y microorganismos para resistir agentes contaminantes y a la vez extraer, acumular, inmovilizar o transformar dichos contaminantes del suelo. Es aplicable tanto en el lugar como fuera, y las plantas utilizadas en la fitorremediación presentan mecanismos constitutivos y de adaptación al tolerar o acumular altas concentraciones tóxicas de metales en su rizosfera. Se compone de mecanismos de tecnologías Fito como la filtración de rizos, que elimina los contaminantes del medio hídrico a través de las raíces de las plantas; la estimulación de Fito, que estimula a los microorganismos de la rizosfera para degradar los contaminantes, y la estabilización de Fito, que permite inmovilizar los

contaminantes en el suelo a través de su adsorción y acumulación en las raíces de las plantas por precipitación en la zona de la rizosfera;

Fito extracción, adsorción de metales contaminados mediante las raíces y se acumulan en los tallos y hojas; Fito degradación, degradación de los contaminantes en productos inofensivos y Fito volatilización, "adsorben agua junto con contaminantes orgánicos e inorgánicos y al llegar a las hojas se volatiliza a la atmosfera" (Kumar et al., 2019). Las técnicas de fitorremediación son una tecnología de bajo costo y sostenible que puede usarse in situ o ex situ para reducir contaminantes naturales y antropogénicos. Esta técnica utiliza plantas para remover, transformar, degradar y volatilizar los contaminantes. Según Jeevanantham et al. (2019), este método puede implementarse tanto en suelo como en agua.; eliminan metales pesados y contaminantes orgánicos e inorgánicos, además de ayudar a las plantas a crecer con microbios que aumentan su eficacia, interviniendo en el crecimiento de estas, logran que las plantas tengan un periodo de vida más largo; en ese sentido la fitorremediación es una tecnología eficiente, rentable, amigable con el ambiente y es bastante aceptada por las personas. La Fito extracción es una de las muchas técnicas de fitorremediación y su objetivo principal es extraer el contaminante de manera efectiva a través de una serie de procesos, como la absorción, el transporte, la translocación y la acumulación (Ramírez et al., 2018). La Fito extracción implica la absorción de metales contaminados a través de las raíces y su acumulación en tallos y hojas. Ver Figura 1. De acuerdo con Von Thaden, J. et al. (2020), para implementar esta tecnología, primero se seleccionan las plantas que mejor se adapten a los metales presentes y las características del sitio. Después de que la planta se desarrolle vegetativamente, se cortará, incinerará y transferirá las cenizas a un vertedero seguro. Esta técnica de corrección de plantas utiliza varias plantas: *Crassula*, *Baoshan Viola* y *Vertiveria zizanioides* (zinc, cadmio, plomo); *Alyssum murale*, trébol negro (*Trifolium nigrescens*), rododendro (*Psychotria douarrei*), flores grandes *Hydrangea* (*Hybanthus floribundus*), *Verticillium marchitez*, *napus* (Cu, Pb, Zn); y *Lemna minor* (Cd, Cr, Cu, Pb, Zn).
15 Figura 1. Fitoextracción para la remoción de metales pesados La Fito estabilización de plantas utiliza la adsorción de raíces o la precipitación para inmovilizar y reducir la cantidad de contaminantes en el suelo o el agua. Una ventaja de este método es que evita que los metales pesados ingresen a la cadena alimentaria de nuestro ecosistema. (Kumar et al., 2020).
Figura 2. Fitoestabilización para la remoción de metales pesados

16 La Fito volatilización se produce cuando las plantas crecen y absorben los contaminantes. En ocasiones, estos contaminantes llegan hasta las hojas antes de volatilizarse en el aire. (Wittenberg, L., et al. 2020).
Figura 3. Fitovolatilización para la remoción de metales pesados
Nota: adaptado de ByRam Chandra, Vineet Kumar *Phytoremediation of environmental pollutants* (pp.1-42) Edition: First DOI:10.4324/9781315161549-1 https://www.researchgate.net/publication/321463001_Phytoremediation_A_Green_Sustainable_Technology_for_Industrial_Waste_Management

17 La Rizofiltración utiliza las raíces de las plantas para absorber la mayor cantidad de contaminantes presentes en el agua. Este método utiliza plantas acuáticas, lo que ayuda a evitar que los contaminantes ingresen a la cadena alimentaria (Salt, D. E., et al 2020).
Figura 4. Rizofiltración para la remoción de metales pesados
Nota: Adaptado de Pilon-Smits, *Annual Review in Plant Biolology*, 2005.
18 2.2.6. Especies vegetales

Las plantas absorben metales del suelo en diferentes grados, dependiendo de la especie, las características y el contenido de metales en el suelo. Las plantas pueden responder a la presencia de metales en su entorno

de manera diferente; más de 400 plantas se han identificado como superacumuladores, incluidas 300 que acumulan Ni; algunas plantas pueden acumular Cd, Cu, Pb y Zn, según Beltrán y Gómez (2015). La mayoría de las especies de fitorremediación pertenecen a las familias Cruciferae, Aster, *Solanum lycopersicum*, Puccini, Malpighièles, Fabales, *Dianthus* y Rosales en la taxonomía vegetal. Las crucíferas son particularmente preocupantes porque incluyen plantas muy acumuladas que no saben bien a los animales y que pueden reducir la bioacumulación de metales en la cadena alimentaria durante la extracción de las plantas. Los metales, que absorben las plantas con frecuencia, son Cd, Ni, Zn, As, Se y Cu; y los metales que se absorben con moderación son Co, Mn y Fe. El plomo, el cromo y el mercurio son más difíciles de absorber. De forma general, las plantas hiperacumuladoras alcanzan concentraciones de metales en hojas entre 10 y 100 veces las concentraciones "normales". Actualmente se utiliza el término hiperacumulador de metales para designar plantas que acumulan más de 10 000 mg/kg de Mn y Zn, más de 1000 mg/kg de Co, Cu, Pb, Ni, As y Se y más de 100 mg/kg de Cd. Ghorji et al. (2016, p.1) respalda lo anterior señalando que las plantas tienen un mecanismo natural para absorber y almacenar nutrientes de acuerdo con su biodisponibilidad en el suelo y los requerimientos de las plantas. Los hiperacumuladores, por ejemplo, pueden absorber hasta 100 veces más elementos no esenciales que los no hiperacumuladores; debido a su mayor biomasa, pueden extraer metales pesados utilizando canales iónicos. Las siguientes especies vegetales, son algunas que tiene la capacidad de fitoremediar metales pesados de suelos contaminados siendo estas: *Arabidopsis halleri* (Berro de zinc), *Helianthus annuus* (Girasol), *Salix* spp. (Sauce), *Urtica dioica* (Ortiga), *Pteris vittata* (Helecho de lenteja), *Juncus* spp. (Juncia), *Carduus acanthoides* (Cardo de plomo) y *Brassica juncea* (Nabo forrajero). De hecho,

19 existen mas especies vegetales con esta capacidad de fitorremediar, todas con diversos grados de absorción. 2.3. Definición de términos básicos: Absorción. El proceso mediante el cual una sustancia tóxica ingresa a las membranas celulares de un organismo a través de la piel, los pulmones, el tracto digestivo o las branquias y luego se traslada a otros órganos. (Chang (2005) Ambiente terrestre. Es el conjunto de elementos naturales y artificiales que conforman el entorno en el que se desarrolla la vida en la superficie de la Tierra. Estos elementos incluyen el suelo, la vegetación, el clima, la topografía, los cuerpos de agua, la fauna y la presencia humana, entre otros. (Begon et al., 2006) Bioacumulación. La

77%

MATCHING BLOCK 17/26

W

concentración acumulada en el ambiente o en los tejidos de organismos como resultado de la incorporación, distribución y eliminación de contaminantes de todas las rutas de exposición,

como el aire, el agua, el suelo, el sedimento y los alimentos. (Fernandez, 2013). Biodisponibilidad. Característica de las sustancias tóxicas que indica su facilidad para incorporarse a los seres vivos a través de procesos o mecanismos, como la inhalación, la ingesta o la absorción. Varias variables, como las rutas de exposición, las características fisiológicas del receptor y las características químicas del xenobiótico, afectan su incorporación a los seres vivos (Ma, Y. B. et al., 2012). Calidad de suelos. Capacidad natural del suelo para desempeñar una variedad de funciones, incluidas las ecológicas, agronómicas, económicas, culturales, arqueológicas y de recreación. Es el estado del suelo en función de sus características físicas, químicas y biológicas que le permiten sustentar un potencial ecosistémico natural y antropogénico. (Doran, J. W. et al., 2016) Componente ecológico. Cualquier parte de un sistema ecológico, incluidas las personas, las poblaciones, las comunidades, las interacciones, las relaciones y el mismo ecosistema. (Odum, E. P. 1994) Contaminación. Propagación de una sustancia química o una mezcla de 20 sustancias en un lugar no deseable (aire, agua, suelo), donde puede tener efectos perjudiciales para el medio ambiente o la salud. (United Nations Environment Programme. 2013) Contaminante. Cualquier sustancia química que no es parte del suelo natural o cuya concentración supera el nivel de fondo y puede tener efectos perjudiciales para la salud de las personas o el medio ambiente. (Environmental Protection Agency 1997) Medios ambientales. Cualquier elemento natural (suelo, agua, aire, plantas, animales o cualquier otra parte del medio ambiente) que contribuye a los flujos de materia y energía en un sistema y que puede contener contaminantes. A veces conocido como compartimientos. (United Nations Environment Programme 1992) Metales pesados. Elementos químicos de alta densidad y peso atómico pueden ser dañinos para los organismos vivos. Algunos ejemplos de metales pesados incluyen el mercurio, el plomo, el cadmio, el arsénico, el cromo y el cobre. (Alloway, B. J. 2013). Suelo. El suelo es un material no consolidado que se extiende desde la capa superior de la superficie terrestre hasta diversos niveles de profundidad y está formado por partículas inorgánicas, materia orgánica, agua, aire y organismos. (Brady, N. C., et al., 2008).

76%

MATCHING BLOCK 18/26

SA

TESIS - ORTIZ;J Y ROJAS; M REVISION FINAL.docx
(D142942660)

Suelo agrícola. Suelo destinado a cultivar cultivos, forrajes y pastos cultivados. Es también aquel suelo

que es adecuado para el desarrollo de la ganadería y

78%

MATCHING BLOCK 19/26

SA

TESIS - ORTIZ;J Y ROJAS; M REVISION FINAL.docx
(D142942660)

el crecimiento de cultivos. Esto incluye tierras agrícolas que mantienen un hábitat para especies permanentes y transitorias,

así como flora y fauna nativa, como en las áreas naturales protegidas. (Food and Agriculture Organization of the United Nations 2015) Suelo contaminado. El suelo que contiene sustancias contaminantes depositadas por la actividad humana alterando sus características químicas. (D.S. N° 002-2013-MINAM) Toxicidad. Capacidad de una sustancia o mezcla de sustancias para tener efectos perjudiciales en la salud humana o en el ecosistema (National Research Council 2001).

21 III. METODOLOGIA DEL PROYECTO El trabajo investigativo es aplicativo, esta se refiere a la utilización de conocimientos y técnicas para resolver problemas prácticos y aplicarlos en situaciones reales. Es un enfoque que busca generar soluciones prácticas y útiles para resolver problemas o mejorar procesos en campos como la ingeniería, la medicina, la educación, entre otros. (Hernández Sampieri, et al. 2018). De acuerdo al diseño, es de tipo cualitativo, (Corona & Maldonado, 2018), donde se señala que el estudio cualitativo es una categoría de diseños de investigación que permiten la recopilación de descripciones utilizando técnicas e instrumentos como la observación y la entrevista. Debido a que implica la recopilación de datos de una muestra representativa de la población de estudio en un momento específico o en un período corto de tiempo, es transversal. Este diseño de investigación permite obtener información sobre varias variables de interés en un solo momento, lo que permite una evaluación rápida y eficiente de la situación. La técnica que se uso fue el análisis documental, retrospectivo y el instrumento usado fue la ficha de análisis documental. En este tipo de diseño se emplean recursos de recolección de datos como documentación, artículos, estudios (Hernández Sampieri, et al. 2018). Se realizará el análisis de estudios y artículos relacionados a la eficiencia de técnicas de fitorremediación en metales pesados. 3.1. Categorías, Subcategorías y matriz de categorización apriorística Las "categorías con frecuencia denotan una idea en la investigación". La categoría, según DE JESÚS PÉREZ-VAN-LEENDEN, (2019), "es un conjunto de conceptos que agrupan diferentes conceptos o subcategorías que se presentan regularmente". Para la investigación se determinó las categorías siguientes: - Técnicas de fitorremediación utilizadas - Concentración de metales pesados - Selección de especies de plantas

22 Se define a las subcategorías como "conceptos que se agrupan dentro de una categoría, que le aporta claridad y distintas cualidades" (Cisterna, 2005). En las subcategorías referentes a técnicas de fitorremediación tendremos: Fito inmovilización, Fito extracción, Fito estabilización y Fito volatilización; en las subcategorías referentes a metales pesados veremos los tipos de metales pesados; en las subcategorías referentes a selección de especies de tendremos: Áreas geográficas y Métodos de medición; Selección de especies para mitigación de impactos ambientales y Selección de especies bioacumuladoras. En esta investigación se preparó una matriz de categorización, nombrándose las categorías, subcategorías e indicadores que se emplearon para analizar la información recopilada. Tomando el punto anterior como referencia se muestra la matriz de categorización apriorística. (Anexo 5) 3.2. Escenario de estudio. "El estudio debe ser identificado y brindarnos el acceso a los recursos, así como las características de los participantes" (Rodríguez, 1996). El escenario de estudio se limitará al análisis e interpretación de documentos. Esto incluirá una selección cuidadosa de artículos científicos, bibliografía y revistas especializadas que examinan técnicas y métodos de fitorremediación para eliminar metales pesados de suelos contaminados. En ese sentido, el escenario de estudio de esta investigación será evaluar la eficiencia de las técnicas de fitorremediación en metales pesados, los mismos que se encontraron en artículos científicos como, ScienceDirect, Scopus, Springer, EBSCO, Scielo y Dialnet; estos artículos se encuentran alojados en bases de datos como, ProQuest, Google Académico, Alicia Concytec y Renati. 3.3. Participantes. "Los participantes pueden ser manifestaciones humanas (textos, estructuras, etc.), que nos orientan a aprender desde diversos puntos de vista a través de experiencias", afirma Guerrero (2016). Los participantes del proyecto de investigación estarán conformados por

23 una variedad de artículos de investigación que se recopilaron de bases de datos indexadas y plataformas académicas. 3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos. El análisis documental retrospectivo se utilizará como técnica para revisar la literatura para obtener la información requerida; se basa en la recopilación y análisis de documentos. La investigación bibliográfica es una subclase de esta clase de análisis y consiste en interpretar, estudiar y examinar artículos científicos, ya sea impresos o en línea (Herrera 2018). Según lo mencionado, esta investigación utilizará una ficha de análisis documental como instrumento de recolección de datos. Esta ficha contiene información sobre artículos científicos publicados desde el 2017 al 2022, incluido el título, el autor (es), las plantas utilizadas, la metodología y los resultados; estando sujeta a criterios de inclusión y exclusión. El instrumento utilizado fue la ficha de análisis documental, el mismo que contiene los elementos para recabar la información. 3.5. Procedimiento. Para elegir un procedimiento, "es necesario elegir y tener acceso a los casos relevantes de acuerdo con el planteamiento del problema". (Hernández Sampieri, et al. 2018). Para incluir, excluir y seleccionar los trabajos de investigación, en esta etapa se utilizó un diagrama que ilustra el proceso de búsqueda de información. El proceso de investigación consistió en recopilar información de artículos científicos en páginas web confiables. Para realizar la búsqueda, se utilizaron palabras clave, se identificaron las fuentes de información, se utilizó criterios de inclusión y exclusión considerando publicaciones de los últimos seis años, considerando temas relacionados a la investigación. Finalmente, se verificó la fidelidad de los documentos. Para obtener información, se utilizaron combinaciones de palabras clave con: especies nativas, fitorremediación, suelos contaminados, metales pesados. Después, se llevó a cabo la eliminación por repetición y falta de relevancia, así como la revisión de los trabajos de investigación y la evaluación de los títulos y 24 resúmenes para su posterior selección. Los artículos y repositorios relevantes son leídos y evaluados después de pasar por ese filtro. Figura 5. Diagrama de flujo de Procedimiento Nota: La figura muestra el diagrama de flujo del procedimiento que se siguió en la investigación, adaptado de Creswell (2014). 3.6. Rigor Científico. Las investigaciones cualitativas requieren un trabajo de investigación científico. Los escritores han creado varios estándares como la dependencia, la credibilidad, la transferencia y la conformidad (Bravo, 2017).

25 La dependencia se refiere a los datos que deben ser verificados por varios investigadores para crear interpretaciones sólidas. (Hernández Sampieri, et al. 2018). Esta investigación tomó una variedad de datos e ideas de varios autores para comparar y encontrar explicaciones congruentes. La credibilidad se relaciona con el nivel de comprensión del investigador basado en las experiencias de los participantes, particularmente las relacionadas con el planteamiento del problema. (Hernández Sampieri, et al. 2018). Dado que existe una correlación entre el planteamiento del problema y los artículos considerados, este criterio se utilizó en la investigación en curso. El traslado es otro nombre para la transferencia. Según algunos autores, es extremadamente difícil cambiar los resultados obtenidos a un entorno diferente; sin embargo, se considera que puede ser muy útil para tener una visión global del problema y encontrar posibles soluciones en un entorno diferente. (Hernández Sampieri, et al. 2018). Este criterio se cumple en la investigación actual porque el problema se encuentra claramente y ofrece múltiples soluciones para el problema de los suelos contaminados. La conformidad está relacionada con la credibilidad y se relaciona con el criterio de conformidad con el ingenio de un investigador distinto de seguir la ruta o la pista del investigador principal. Es importante tener documentación y registros de las ideas y decisiones que el investigador ha expresado en relación al estudio de investigación (Hernández Sampieri, et al. 2018). Se ha tomado en cuenta la información principal proporcionada por los investigadores, así como las ideas y sugerencias para la investigación en curso. 3.7. Método de análisis de datos. Los objetivos específicos de este trabajo organizarán la información recopilada para su revisión, dividiéndola en categorías y subcategorías. Esto permitirá acceder a información bibliográfica sobre aspectos relevantes y actuales del uso y gestión del tema principal de investigación. Utilizando el análisis documental como método; la herramienta de recolección de datos fue la ficha de análisis de contenido. Para analizar los datos recopilados, la investigación utilizó una matriz de categorización apriorística; es decir, un

26 análisis de la eficiencia de las técnicas de fitorremediación para evaluar la eficiencia en metales pesados. Sobre esta base, se muestra las similitudes o diferencias entre las técnicas de fitorremediación para el tratamiento de suelos por metales pesado, incluyendo las especies vegetales que intervienen en este proceso, que se detalla en el capítulo de resultados. 3.8. Aspectos Éticos en Investigación. Para la presente investigación, titulada "EFICIENCIA DE LAS TÉCNICAS DE FITORREMEDIACIÓN EN METALES PESADOS BASADO EN ARTÍCULOS CIENTÍFICOS EN EL PERIODO 2017 - 2022", el autor señala que su responsabilidad, autenticidad y confiabilidad, con respecto a la autoría de otros estudios, es concordante con el código de ética de investigación aprobado por con Resolución N° 210-2017-CU, así como con la directiva N° 004-2022-R, ambas establecidas por la Universidad Nacional del Callao.

27 IV. RESULTADOS 4.1. Para la primera categoría, técnicas de fitorremediación utilizadas, se realizó el análisis documental, cuyo resultado se observa en la tabla 1. Este análisis incluye técnicas que influyen en la absorción de metales pesados. Las técnicas de fitoestabilización y fitoextracción pueden eliminar con eficacia metales pesados como Pb, Cu, Cd y Zn. Las plantas que mejor se desempeñaron con la técnica de fitoestabilización fueron Brassica juncea, Amaranthus hybridus, Acacia saligna y Brachiaria spp, que principalmente tienen una alta capacidad de eliminar Pb, Cd y Cu. Las plantas que mejor se desempeñaron con la técnica de fitoextracción fueron Acacia farnesiana, Amaranthus hybridus, Brassica rapa, Acacia parviflora, Brachiaria spp. y Brassica napus L., que tienen una alta capacidad de eliminar Pb, Cd, Zn y As. Con la técnica de rizofiltración, los porcentajes de eficiencia de remoción pueden variar según las condiciones específicas del sitio, la concentración inicial de metales y la duración del tratamiento, por lo que encontramos una variación significativa; sin embargo, las plantas que tienen una alta capacidad de remover metales como Pb, Cd, Zn, Cu, Ni, Cr y As son: Phragmites australis, Typha latifolia, Schoenoplectus lacustris y Arundo donax. Referido a los factores que influyen en la eficacia de las técnicas de fitorremediación, se consideran Factores de toxicidad de los contaminantes. La salud de las plantas en la fitorremediación, el Factor de Translocación (FT), Factor de Bioconcentración Aérea (FBA) y Factor de Bioconcentración Radicular (FBR), es importante comprender cómo estos elementos pueden afectar el éxito y la eficacia del proceso.

28 Tabla 1. Eficiencia de las técnicas de fitorremediación en la remoción de metales pesados. Técnica % eficiencia de remoción Metales removidos Especie vegetal Fitoestabilización 46 Pb Brassica juncea Fitoextracción 50 Pb Acacia farnesiana, Fitoestabilización y 75 Pb Amaranthus hybridus, Fitoextracción Fitoestabilización y Fitoextracción 100 Pb, Cd y Zn Brassica rapa, Fitoestabilización 87 Cu Acacia saligna, Fitoestabilización y Fitoextracción 40 As y Zn Acacia parviflora, Fitoestabilización y Fitoextracción 41 Pb, Cd Brachiaria spp Fitoextracción 46 Pb, Cd Brassica napus Rizofiltración 60-95 Pb, Cd, Zn, Cu Ni, Cr, As Phragmites australis Rizofiltración 40-80 Pb, Cd, Zn, Cu Ni, Cr, As Typha latifolia Rizofiltración 50-90 Pb, Cd, Zn, Cu Ni, Cr, As Schoenoplectus lacustris Rizofiltración 40-70 Pb, Cd, Zn, Cu Ni, Cr, As Arundo donax Toxicidad de los contaminantes; la toxicidad de los contaminantes juega un papel crucial en la fitorremediación, ya que puede afectar la supervivencia y el crecimiento de las plantas utilizadas en el proceso. Algunos contaminantes, como los metales pesados (por ejemplo, plomo, arsénico, cadmio), hidrocarburos y compuestos orgánicos persistentes, pueden ser tóxicos para las plantas en altas concentraciones. Estos contaminantes pueden afectar negativamente el desarrollo de las raíces, la fotosíntesis, la absorción de nutrientes y la estructura celular de las plantas. Salud de las plantas: La salud de las plantas es un factor esencial en la fitorremediación, ya que las plantas sanas tienen una mayor capacidad para sobrevivir, crecer y desintoxicar los contaminantes. La salud de las plantas puede

29 estar influenciada por varios factores, incluyendo las condiciones ambientales, el suministro adecuado de nutrientes, la disponibilidad de agua y la presencia de enfermedades o plagas. 4.2. Para la segunda categoría, concentración de metales pesados en especies vegetales, estos son medidos a través del Factor de Translocación (FT), Factor de Bioconcentración Aérea (FBA) y Factor de Bioconcentración Radicular (FBR), visualizando la eficiencia que poseen las plantas frente a diversos contaminantes. Dichos factores se observan en las Tablas 2, 3 y 4. El investigador Fow (2021), investiga el potencial de fitorremediación de tres especies vegetales utilizando un análisis por metales para producir FBA y FBR, así como FT para Al, Cu, Fe, Mn y Zn. En esta Tabla 2, mostramos que las especies tienen la capacidad de transferir metales pesados desde las raíces hasta las partes aéreas. Se puede ver que la Werneria nubigena tiene Al, Cu, Fe y Zn, así como Calamagrostis spp. tiene Cu, Fe y Zn y Paranephelius ovatus tiene Zn. Esto demuestra que estas plantas movilizan estos metales de manera efectiva. Chuptaya y Molina (2022), tomaron tres muestras para cada especie de Schinus molle y Acacia macracantha para los metales siguientes: As, Ba, Cd, Cu, Cr, Sr, Fe, Mn, Ni, Pb, Tl, V, Zn y Hg. Schinus molle acumuló cantidades significativas de Sr y Tl en toda su estructura y demostró un potencial de hiperacumulación de Hg. Asimismo, Schinus molle realiza un eficiente transporte del mercurio desde las raíces a sus partes aéreas y posee una gran capacidad de almacenamiento en las vacuolas de las hojas y el apoplasto. Acacia macracantha presentó un potencial de acumulación para el Sr solo en tallo y un potencial de hiperacumulación de Tl en raíz y tallo. También acumuló Tl en sus hojas, y demostró un potencial de hiperacumulación de Hg en toda la planta. Además, Acacia macracantha evidenció un potencial de Fitoextracción por haber transportado eficientemente el Sr desde la raíz hacia las partes aéreas de la planta; Finalmente, al evaluar los factores de bioconcentración y traslocación de los metales pesados se evidenció el potencial de fitorremediación de Schinus molle y Acacia macracantha para el tratamiento de suelos contaminados con metales pesados en la provincia de Canta, región Lima.

30 Tabla 2. Factor de Translocación (FT) El investigador Corpus (2018), Trabajó con tres especies autóctonas:

100%	MATCHING BLOCK 20/26	SA	TESIS_FITORREMEDIACIÓN_CHIRINOS Y FERNANDEZ.docx (D147611226)
Calamagrostis recta (Kunth) Trin. Ex Steud., Cortaderia jubata (Lemoine) Stapf			

Autor Especie Nativa Metales con Factor Traslocado Fow (2021) Werneria nubigena Al, Cu, Fe y Zn Calamagrostis spp. Cu, Fe y Zn Paranephelius ovatus Zn Chuptaya & Molina (2022) Schinus molle Hg Acacia macracantha Ba, Sr, Hg y Zn Corpus (2018) Calamagrostis recta (Kunt) Cortaderia jubata (Lemoine) Festuca glyceriantha Zn Chang et al. (2018) Achyrocline alata Cd, Pb Calamagrostis recta (Kunt) Cortaderia jubata (Lemoine) Festuca glyceriantha Juncus bufonius Ni y Zn Stipa ichu Werneria nubigena Cd, Cu, Ni, Pb y Zn Martinez (2018) Baccharis salicifolia Schoenoplectus pung Leon (2017) Achyrocline alata Cd, Ni y Zn Werneria nubigena Cd, Cu, Ni, Pb y Zn Juncus arcticus Dávila et al (2018) Calamagrostis tarmensis Cr, Mg, Mn y Tl Paspalum bonplandianum Cr, Mg, Mn, Ni, Sn y Sr Carex pichinchensis Mg, Mn, Ni, Sn y Sr Lachemilla orbiculata Mg, Mn, Ni, Sn, Sr y Zn Juncus conglomeratus Mg, Mn, Ni, Sn y Sr Torres (2018) Stipa ichu Zn

31 y Festuca glyceriantha Pilg. Realizó dos muestras para cada especie. El suelo M1 contenía metales pesados, mientras que el suelo M2 contenía metales como Cd, Cu, Ni, Pb y Zn. Los resultados del FT revelaron que solo el Zn en la M1 de Festuca glyceriantha Pilg obtuvo un valor superior 1, lo que indica que esta planta tiene la capacidad de translocación. Por su parte Chang et al. (2018) llevó a cabo una investigación con nueve especies diferentes: Achyrocline alata (Kunth) DC.,

76%

MATCHING BLOCK 21/26

SA

TESIS_FITORREMEDIACIÓN_CHIRINOS Y FERNANDEZ.docx
(D147611226)

Calamagrostis recta (Kunth) Trin. Ex Steud., Cortaderia jubata (Lemione) Stapf, Festuca gliceriantha Pilg.,

Juncus bufonius L., Stipa ichu (Ruiz & Pav.) Kunth, Werneria nubigena Kunth., Medicago lupulina L. y Pennisetum clandestinum Hochst. Ex Chiov. La tabla 2 muestra que solo algunas especies pueden transferir metales pesados, con valores superiores a 1, como el Zn en A. alata, el Ni y el Zn en J. bufonius y el Cd, Cu, Ni y Zn en W. nubigena. El investigador Martínez (2018) llevó a cabo una selección de especies para determinar si las especies Baccharis salicifolia (Ruiz & Pav.) Pers. y Schoenoplectus pungens (Vahl) tenían la capacidad de transferir y acumular Hg. Los resultados FT indicaron que solo Schoenoplectus pung. puede translocarse. Leon (2017) trabajó con tres especies diferentes, Achyrocline alata (Kunth) DC., Werneria nubigena Kunth y Juncus arcticus Willd., utilizando dos muestras para cada una. El M1 se hizo en suelo que contiene metales pesados, mientras que el M2 se hizo en suelo de una mina que contiene los metales Cd, Cu, Ni, Pb y Zn. Los resultados para determinar el FT en Achyrocline alata mostraron valores mayores a 1 en M1 el Cd, Ni y Zn y solo Pb en M2. Sin embargo, los resultados para determinar el FT en Werneria nubigena fueron más notables, mostrando una capacidad de translocación en M1 el Cd, Cu, Ni y Zn y en M2 el Cd, Cu, Ni y Pb. mientras tanto la Juncus arcticus solo demostró capacidad de translocación en su M1 de los siguientes metales Cd y Pb. Dávila & Walter (2018), tomaron dos muestras de cada una de las cinco especies estudiadas:

100%

MATCHING BLOCK 22/26

SA

Dávila Mego, Nancy Karina; Walter Villegas, Lo ... (D140328016)

Calamagrostis tarmensis, Paspalum bonplandianum, Carex pichinchensis, Lachemilla orbiculata y Juncus conglomeratus.

La M1 se llevó a cabo en el área no afectada Las Gradadas, mientras que la M2 se llevó a cabo en el área afectada El Sinchao para los metales siguientes: Al, As, Cd, Cu, 32 Cr, Fe, Mg, Mn, Ni, Pb, Sb, Sn, Sr, Tl, Zn y Hg. El FT de Calamagrostis tarmensis mostró valores superiores a 1, en Mg, Mn y Tl en la M1, el Cr, Mg y Mn en la M2; el Paspalum bonplandianum para la M1 el Cr, Mg, Mn, Sn, Sr, para la M2 el Mg, Mn y Ni; el Carex pichinchensis para la M1 el Mg, Mn, Ni, Sn y Sr, para la M2 el Mg, Mn y el Ni; Lachemilla orbiculata en su M1 el Mg, Ni, Sn, Sr y Zn y en su M2 el Mg, Mn, Ni y Sr; y, por último, el Juncus conglomeratus demostró capacidad de translocación en su M1 el Mg, Mn, Sn, Sr y en su M2 el Mg, Mn y Ni. Torres (2018) investigó con tres especies diferentes: Stipa ichu (Ruiz & Pav.) Kunth, Pennisetum clandestinum Hochst ex Chiov y Medicago lupulina L. Las dos primeras especies fueron introducidas y no serán consideradas en esta investigación. La muestra M1 con un sustrato de metales pesados y la muestra M2 con suelo de mina para los metales Cd, Cu, Ni, Pb y Zn. El FT que mostró la Stipa Ichu en ambas muestras mostró que solo el Zn en M2 obtuvo un valor superior a 1, lo que demuestra la capacidad de este metal para moverse desde las raíces hasta las partes aéreas. Por lo tanto, es importante señalar que algunos investigadores coincidieron en los hallazgos en sus investigaciones. Los estudios de Fow (2021), Chang et al. (2018) y León (2017), que se llevaron a cabo en el departamento de Ancash, tuvieron resultados similares y obtuvieron un valor superior a 1. Esto demuestra su capacidad para transferir Cu, Ni y Zn a la Werneria nubigena; a su vez, Achyrocline alata (Kunth) DC. presentó resultados similares para Cd y Pb en los trabajos de investigación de Chang et al. (2018) y León (2017); Juncus spp. demostró resultados similares al Ni en Chang et al. (2018) y Dávila et al. (2018).

33 Tabla 3. Factor de Bioconcentración Aérea (FBA) Autor Especie Nativa Metales con Factor de Bioconcentración Aerea Fow (2021) Werneria nubigena Al, Cu, Fe y Zn Calamagrostis spp. Al, Cu, Fe y Zn Paranephelius ovatus Al, Cu, Fe, Mn y Zn Chuptaya & Molina (2022) Schinus molle Hg, Ni, Sr y Tl Acacia macracanta Cr, Hg y Tl Corpus (2018) Calamagrostis recta (Kunt) Cortaderia jubata (Lemoine) Festuca gliceriantha Chang et al. (2018) Achyrocline alata Zn Calamagrostis recta (Kunt) Cortaderia jubata (Lemoine) Festuca gliceriantha Juncus bufonius Ni y Zn Stipa ichu Ni Werneria nubigena Cd, Cu, Ni, y Zn Martínez (2018) Baccharis salicifolia Hg Schoenoplectus pung Hg León (2017) Achyrocline alata Cd y Zn Werneria nubigena Cd, Cu, Ni y Zn Juncus arcticus Dávila et al (2018)

100%

MATCHING BLOCK 23/26

SA

Dávila Mego, Nancy Karina; Walter Villegas, Lo ... (D140328016)

Calamagrostis tarmensis Paspalum bonplandianum Carex pichinchensis Lachemilla orbiculata Juncus conglomeratus

Torres (2018) Stipa ichu Zn

34 Tabla 4. Factor de Bioconcentración Radicular (FBR) Autor Especie Nativa Metales con Factor de Bioconcentración Radicular Fow (2021) Werneria nubigena Al, Cu, Fe, Mn y Zn Calamagrostis spp. Al, Cu, Fe, Mn y Zn Paranephelius ovatus Al, Cu, Fe, Mn y Zn Chuptaya & Molina (2022) Schinus molle Hg, Sr y Tl Acacia macracanta Cr, Hg y Tl Corpus (2018) Calamagrostis recta (Kunt) Cd Cortaderia jubata (Lemoine) Festuca gliceriantha Cd Chang et al. (2018) Achyrocline alata Zn Calamagrostis recta (Kunt) Cd, Cu, Ni Cortaderia jubata (Lemoine) Festuca gliceriantha Cd Juncus bufonius Cd, Cu y Ni Stipa ichu Ni Werneria nubigena Cu, Ni, Pb y Zn Martínez (2018) Baccharis salicifolia Hg Schoenoplectus pung Hg León (2017) Achyrocline alata Cd, Cu, Pb y Zn Werneria nubigena Ni y Zn Juncus arcticus Cd, Cu y Ni Dávila et al (2018) Calamagrostis tarmensis Mg, Mn y Sb Paspalum bonplandianum Cr, Mg, Mn, Sb y Zn Carex pichinchensis Mg, Mn y Zn Lachemilla orbiculata Cd, Mg, Mn, Sr y Zn Juncus conglomeratus Cd, Cr, Mg, Mn y Zn Torres (2018) Stipa ichu Zn

35 Según los datos de Fow (2021), los valores de FBA y FBR son mayores a 1, excepto para Mn en FBA en *Werneria nubigena* y *Calamagrostis* spp., lo que demuestra la capacidad de acumulación de las tres especies examinadas. Los resultados de Chuptaya y Molina (2022) referido a *Schinus molle* en todas sus muestras mostraron hiperacumulación de Hg en toda su estructura; la muestra M1 demostró una capacidad de acumulación de Sr en sus hojas y raíces, y la muestra M2 demostró una capacidad de acumulación de Sr en toda su estructura (raíces y hojas). Para la muestra M3, el Sr, Ni y Tl demostraron su capacidad de acumulación en toda la estructura, y el Tl demostró una capacidad hiperacumuladora en sus raíces. En M1, la *Acacia macracantha* demostró su capacidad acumuladora (FBC) de Tl en su raíz y su capacidad hiperacumuladora para el Hg en toda su estructura. En M2, acumuló Cr en toda su estructura, Sr en su tallo y Tl en sus hojas, así como una capacidad hiperacumuladora para Hg en la raíz. En la muestra M3, el Sr demostró una capacidad acumuladora en el tallo y en sus partes altas, así como una capacidad acumuladora para el Tl en su raíz, como también en toda la estructura para el Hg. Todas las especies mostraron una baja capacidad de acumulación en la parte aérea (FBA) según Corpus (2018), con valores menores a 1. Solo dos plantas para el FBR demostraron capacidad de acumulación: *Calamagrostis recta* (Kunth) Trin. Ex Steud. y *Festuca glyceriantha* Pilg. Ambos acumularon Cd en sus M1 con un valor superior a 1. En su investigación de 2018, Chang et al. encontró especies con capacidad de acumulación en sus partes aéreas (FBA): *A. alata* el Zn, *J. bufonius* el Ni y Zn, *S. ichu* el Ni y W. *nubigena* el Cd, Cu, Ni y Zn. En *A. alata*, el FBR demostró la capacidad de acumular Zn; en *C. recta*, el Cd, Cu y Ni; en *F. glyceriantha*, el Cd, Cu y Ni; en *J. bufonius*, el Cd, Cu y Ni; en *S. ichu*, el Cd, Cu y Ni; y en *W. nubigena*, el Cu, Ni, Pb y Zn se acumularon. Martínez (2018), trabajó con *J. bufonius* y *Schoenoplectus pung.*; ambas especies utilizadas demostraron capacidad de hiperacumulación de mercurio en sus partes aéreas y raíces, con valores superiores a 10. Leon (2017), la especie *Achyrocline alata* presentó la mayor concentración de Pb y Zn en la raíz para el grupo suelo con metales pesados y 36 suelo de mina respectivamente, también presentó una concentración significativa de Zn en la parte aérea para el grupo suelo con metales pesados; si bien esta especie presenta menor biomasa y altura, es fitoestabilizadora (Clasificación TF) y tolerante (Clasificación FBC) para Pb y Zn en ambos grupos evaluados, y es hiperacumuladora (Clasificación FBC) en Zn para el grupo suelo con metales pesados. La especie *Werneria nubigena* presentó la mayor concentración de Zn en la parte aérea, para los grupos de suelo con metales pesados y en la raíz, si bien esta especie no presenta diferencias significativas en biomasa y altura, es hiperacumuladora (Clasificación TF) e indicadora/hiperacumuladora (Clasificación FBC) en el grupo suelo con metales pesados, y fitoestabilizadora (Clasificación TF) y tolerante (Clasificación FBC) para el grupo suelo de mina. (Ñáñez, 2016) clasifica como tolerante (Clasificación FBC) a la especie *Werneria* sp. evaluada en la zona de Pastoruri, Ancash para metales como la plata, aluminio, arsénico, cromo, mercurio, manganeso, cadmio, cobre, hierro, níquel, plomo, boro. Dávila et al. (2018),

99%

MATCHING BLOCK 24/26

SA Dávila Mego, Nancy Karina; Walter Villegas, Lo ... (D140328016)

donde se realizaron los análisis en las especies *Calamagrostis tarmensis*, *Paspalum bonplandianum*, *Carex pichinchensis*, *Lachemilla orbiculata* y *Juncus conglomeratus* seleccionadas por su alto valor de importancia en la zona, posteriormente mediante el coeficiente de correlación de Pearson se logró determinar la relación entre la concentración de metales en el suelo y las plantas. Asimismo, se calculó el Factor de Traslocación y Factor de Bioconcentración, lo que permitió indicar si la planta es fitoestabilizadora o fitoextractora de Aluminio, Arsénico, Plomo, Cromo, Cobre, Cadmio, Magnesio, Manganeso, Zinc, Estroncio, Antimonio, Talio, Hierro, Mercurio, Níquel y Estaño. Por otro lado, se obtuvo una base de datos de la zona Las Gardas, la cual contribuyó como referencia para comparar la acumulación de las plantas tanto en una zona con pasivos y otra zona sin alteraciones. En la investigación se identificó que la especie *Paspalum bonplandianum*, acumula la mayor cantidad de metales pesados (mg/kg), como el Aluminio (2844.6), Mercurio (0.3), Antimonio (13), Estaño (1.4), Zinc (760.2), Cromo (3.86) y Níquel (3.59). Asimismo, la concentración de metales pesados se da en la parte de la raíz de 37 todas las especies, a excepción de la *Lachemilla orbiculata* donde se observó que es en el tallo. Finalmente, mediante los TF y BCF se estableció que la especie *Calamagrostis tarmensis*, *Paspalum bonplandianum*, *Carex pichinchensis*, *Lachemilla orbiculata* y el *Juncus conglomeratus* serían especies fitoextractoras de Mg y Mn; igualmente, *Lachemilla orbiculata* también sería fitoextractora del Sr y el Zn. Por otro lado *Calamagrostis tarmensis* se podría aplicar en técnicas de fitoestabilización para el Ti, así como *Paspalum bonplandianum* para el Sb, Zn y Cr, la especie *Carex pichinchensis* para Zn, la especie *Lachemilla orbiculata* para el Cd y Mn y finalmente el *Juncus conglomeratus* para el Cd, Cr y Zn.

Torres (2018), el FBA que demostró *Stipa lchu* en M2 donde el Zn tenía un valor superior a 1, lo que demuestra la capacidad de concentración en su parte aérea. Ambos FBR de *Stipa lchu* muestran que el Zn obtuvo un valor superior a 1. Esto demuestra la capacidad de concentración del metal en su parte radicular. Se descubrieron varios patrones en varias especies, lo que indica que tienen capacidades de acumulación a un metal específico, ya que su tolerancia y capacidad de translocación mostraron valores superiores a 1. Los resultados del análisis se pueden ver en la siguiente descripción. En los estudios de Fow (2021), Chang et al. (2018) y Leon (2017), se encontró que la *Werneria nubigena* obtuvo resultados similares al obtener un valor superior a 1, demostrando su capacidad de acumulación aérea para Cd, Cu, Ni y Zn, mientras que su capacidad de acumulación radicular obtuvo valores similares para Cu, Ni y Zn. En toda su estructura (raíces y partes aéreas) para el Zn, *Achyrocline alata* (Kunth) DC. presentó resultados similares. Y *Juncus* spp. demostró resultados similares para Cd, Cu y Ni en su estudio de Chang et al. (2018), Leon (2017) y Dávila et al. (2018) en su parte radicular. En los estudios Fow (2021), Corpus (2018), Chang et al. (2018) y Dávila et al. (2018), *Calamagrostis* spp. mostró similitudes en la parte radicular con Cu y Mn. En la investigación de Corpus (2018) y Chang et al. (2018), *Festuca glyceriantha* Pilg. obtuvo valores Cd superiores a 1.

38 La Tabla 5 muestra una comparación de la eficiencia de los métodos de fitorremediación en metales pesados por la aplicación de plantas hiperacumuladoras: Tabla 5. Eficiencia de los métodos de fitorremediación en hiperacumuladoras Técnica de aplicación (Fito-Extracción Natural o Fitoextracción asistida) Metodología Metal Autor Fitoextracción asistida Secado y triturado Cd Zhang et al., 2021 Fitoextracción asistida Secado 105°C y triturado con trituradora de laboratorio Ni Hazotte et al., 2020 Fitoextracción asistida Secado 72°C y molido Cu Cartaya et al., 2017 Fito-Extracción Natural 10 estaciones de evaluación de metales en tejido vegetal. Hg Sn Se Hg Cahuana L. y Aduvire O., 2019 Fito-Extracción Natural No indica Cu González et al., 2008 Fito-Extracción Natural Siembra de estacas, obtención de plántulas, siembra de plántulas y crecimiento de plántulas. Óxido de aluminio y Fe Morales A. y Moreira M., 2020 Fitoextracción asistida Se estableció en un diseño de bloques aleatorios utilizando un esquema factorial 4 x 1 con tres repeticiones. Las muestras de las plantas (parte aérea y raíz) y la solución nutritiva se sometieron a los análisis químicos para la determinación del Pb. Pb Romeiro et al., 2007 Fito-Extracción Natural El tratamiento control consistió en las plantas sembradas en un Hg Durango et al., 2010

39 suelo sin historial minero (muy baja concentración de Hg), con el propósito de establecer las diferencias e n los rasgos fitotóxicos con las plantas expuestas a altas concentraciones de Hg, puesto que en las plantas sembradas en el suelo control no se generan tasas considerables de acumulación ni remoción del metal del suelo. Fito-Extracción Natural En macetas se estudió el crecimiento, la fitoextracción de metal (loid) y la complementariedad mediante la co- plantación de *Pteris vittata* L. con tres especies tolerantes a metales (loid) con gran biomasa (a saber, *Arundo donax* L., *Morus alba* L. y *Broussonetia papyrifera* L.) en suelos co-contaminados con As, Cd, Pb y Zn. As Cd Pb Zn Zeng et al., 2019 Fito-Extracción Natural Se recolectaron individuos de tres especies en dos zonas de muestreo: una zona intensiva donde continúa la extracción de oro, y una zona natural. Hg Chamba et al., 2017 Fito-Extracción Natural Se determinaron el Factor de Translocación (TF) y el Factor de Acumulación de Brotes (SAF) para evaluar las estrategias de tolerancia desarrolladas por estas especies y evaluar su potencial para fines de fitorremediación. As Cu Pb Zn Bech et al., 2016 Fito-Extracción Natural Se tomaron muestras de suelo y plantas en Perú, en una mina polimetálica (principalmente plata, plomo y cobre) en la provincia de Cajamarca. Pb Zn Bech et al., 2012 Fito-Extracción Natural Se seleccionaron cuatro sitios para la recolección de plantas que crecen en suelos contaminados en México Zn Gonzáles C. y González M., 2006

40 Fito-Extracción Natural Se recogieron muestras de suelo y del helecho, El suelo de se secó, tamizó y molió; las hojas que tenían esporas se muestrearon por separado y se separaron de aquellas sin esporas, y las hojas senescentes fueron separadas de las hojas jóvenes y sanas. As Francesconi et al., 2002 Fitoextracción asistida Las plantas se separaron inmediatamente en brotes y raíces y almacenadas a 4 °C en bolsas de plástico abiertas hasta su pretratamiento y análisis en el laboratorio. Las muestras de suelo se cortaron inmediatamente en estratos de 0- 5- cm y 5-20 cm y se almacenaron en bolsas de plástico a 4 °C hasta su análisis. B Rámila et al., 2015 Fito-Extracción Natural Las plantas se cultivaron en una cámara de crecimiento con una temperatura día/noche de 26/20 °C, con un fotoperiodo de 16/8 h bajo una intensidad de luz de 400 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ y una humedad del 70/85%. Se realizaron tres réplicas biológicas para cada tratamiento. Zn Cd Yang et al., 2018 Fito-Extracción Natural Las plantas fueron sembradas y monitoreadas cada semana para determinar su altura; previa siembra se pesaron hojas, tallos y raíz de cada maceta. Posteriormente fueron pesadas en peso fresco, para llevar a la estufa y secarlas para tener la materia seca. Pb Cd Munive et al., 2018 Nota: Adaptado de Tejada y Zevallos (2021). 4.3. Para la tercera categoría, selección de especies de plantas, cuya distribución y análisis se muestran en la Tabla 6. En esta se muestra las características de distribución de las especies que se utilizan para remediar suelos contaminados:

Werneria nubigena, Calamagrostis spp., Paranephelius ovatus, Schinus molle, Acacia macracantha, Cortaderia jubata (Lemoine) Stapf, Festuca glyceriantha Pilg., Achyrocline alata, Juncus sp., Stipa Ichu, Baccharis salicifolia, Schoenoplectus pung., Paspalum bonplandianum, Care Tabla 6. Características de distribución de especies hiperacumuladoras Familia Nombre científico Nombre común Distribución Asteraceae Werneria nubigena Lleqlish qora Werneria nubigena es una especie nativa que se encuentran entre los 2800 a 5000 m.s.n.m, distribuidos en los Andes de Perú, Bolivia y Ecuador (Beltrán, Sinopsis del genero Werneria (Asteraceae: Senecioneae) del Perú., 2017). Poaceae Calamagrostis spp. Sora, Ichu Calamagrostis spp. las especies se encuentran sobre los 3260 m.s.n.m, distribuidos en la cordillera de los Andes de Perú (De la Torre, Alegría, Refulio, & Sánchez, 2006) Asteraceae Paranephelius ovatus Inti Salvia Paranephelius ovatus se encuentran sobre los 3600 m.s.n.m, en zonas de elevación del Perú y en Bolivia (Norrbon, y otros, 2013). Anacardiaceae Schinus molle Molle Schinus molle se extiende por Sudamérica pero es nativa de Perú y Bolivia (Rojas , Schulte, & Rojas, 1992) Fabaceae Acacia macracantha Faique Es una especie nativa de Perú, Ecuador y Colombia, se distribuyen desde 0 hasta 3000 m.s.n.m. (Tarazona, 2018) Poaceae Cortaderia jubata (Lemoine) Stapf Jesje Cortaderia jubata es una especie nativa de las regiones andinas de Ecuador, Perú y Bolivia, entre los 3200 a 3800 m.s.n.m. (Lambrinos, 2000). Poaceae Festuca glyceriantha Pilg. Desconoci do Festuca glyceriantha Pilg. se encuentran sobre los 3340 a 4200 m.s.n.m. distribuidos en el norte y centro del Perú (De la Torre, Alegría, Refulio, & Sánchez, 2006) Asteraceae Achyrocline alata Huira huira Achyrocline alata se distribuye en Sudamérica, en el Perú lo encontramos desde Amazonas hasta Tacna entre los 900 a 4500 m.s.n.m. (Beltrán, 2016)

42 Juncaceae *Juncus* spp. *Totora* Se distribuye por la en todo el continente Americano (Zeballos, Ochoa, & López, 2010) Poaceae *Stipa ichu* *Stipa ichu* especie nativa que crece principalmente entre los 3000 y 4000 m.s.n.m. (Weberbauer, 1945). Se distribuye en diversos países de Latinoamérica. En el Perú se difunde por la Cordillera de los Andes (Tovar, 1993) Fabáceas *Medicago lupulina* Alfalfa Es una especie introducida para forraje (Zeballos, Ochoa, & López, 2010) Gramíneas *Pennisetum clandestinum* Pasto Es una especie nativa de África oriental, distribuido ampliamente en todo el mundo (CABI, 2022). Asteraceae *Baccharis salicifolia* Chilco Es una especie nativa Peruana, se extienden en todo el continente americano entre los 1000 a 4000 m.s.n.m. (Loja, Alvarado, Salazar, Ramos, & Jurado, 2017) Cyperaceae *Schoenoplectus pung.* *Junco* Es una especie nativa, y cosmopolita, se distribuye en diferentes partes del mundo, encontrándose en zonas húmedas (Aponte, 2009) Poaceae *Paspalum bonplandianum* Sara sara Se extiende entre Ecuador y Perú, entre los 3400-3500 m.s.n.m. (Hitchcock, 1927) Cyperaceae *Carex pichinchensis* Kacho pasto Se distribuye en la cordillera de los Andes, en Perú y Ecuador, entre los 3300 a 4100 m.s.n.m. (Tovar, 1993) Rosaceae *Lachemilla orbiculata* Aullarin Se distribuye en la Región Andina del Perú entre los 2000 a 3400 m.s.n.m. (Palacios, 2009) Nota: Adaptado de Fernández (2022) También se identificó las características de la capacidad de adsorción de las plantas hiperacumuladoras en suelos contaminados con metales pesados.

43 Tabla 7. Capacidad de adsorción de las plantas hiperacumuladoras Planta Hiperacumulad ora Concentración de Tiempo Porcentaje de remoción Autor *Bidens pilosa* L. Raíz, tallo y hoja 0,2 g/kg de peso seco No indica *B.pilosa* no plantada (15,40%) *B.pilosa* plantada (21,17%) Zhan g et al., 2021 -*Odontarrhena* Conc. Inicial Ni: 0,86 16 h de A 500°C el Ni Hazot chalcídica, g/kg día/8 h de desaparece al 100% te et noche al., -*Leptoplax* 2020 *emarginata* -*Berkheya coddii* *Solanum* Concentración de 35 días Se logran niveles de Carta *Lycopersicum* L. plant. Hiperacumul.: extracción de iones ya et 20 mg/L (dosis 3 Cu por las plántulas al., mL/planta) de ogal Cu: 650 mg/kg de tomate completas de 14,93 mg/kg 2017 *Stipa mucronata* 500 gramos cada No indica Hg: 0.1 mg/kg Cahu una Sn: 100% ana L. *Festuca* Se: 100% y *dolichophylla* Hg: Por debajo de lo permitido Aduvire O., 2019 *Cortaderia* sp. *Oenothera* Concentración de No indica Acumulación de Cu: *Gonz affinis* Cu: 90-900 mg/kg *Oenothera affinis*: 614 ález mg/kg (no fue et al., *Argemone* considerada como 2008 subfusiformis hiperacumuladora. *Oenothera affinis* Erato 40 estacas 60 días Porcentaje de Moral *polymnioides* adsorción del 80% es A. y Morei ra M., 2020 *Canavalia* Concentración Pb: 28 días Se produjo una Rome ensiformes L. 100 mmol/L disminución del iro et

44 200 mmol/L crecimiento de C. al., 400 mmol/L ensiformes, que fue 2007 directamente proporcional al aumento de las concentraciones de Pb aplicadas. Guarumo 40 plántulas de guarumo en cada uno de los suelos de manera aleatoria 4 meses de crecimien to Remoción entre 15.7% y 33.7% de Hg Duran go et al., 2010 *Arundo donax* L. Contenido total de 10 h de La biomasa total y el Zeng As: 79,6 mg/kg oscuridad contenido de As en et al., *Morus alba* L. Cd: 41,2 mg/kg con T° las raíces de P. 2019 Pb: 519 mg/kg Zn: 2090 mg/kg Plántulas de P. diurnas y nocturnas de 30 °C vittataL. bajo el sistema de co- plantación mejoraron *Broussonetia papyrifera* L vittata L. (unos 6-7 /20 °C y en un 117.5% y cm), A. donax L. una 122.0% (unos 6-7 cm), M. humedad respectivamente, en alba L. (unos relativa comparación con el 15-20 cm) y B. del monocultivo. papyrifera L. (unos 60-80%. El contenido de As, 15-20 cm). Cd, Pb y Zn en los tejidos de A. donax L., M. alba L. y B. papyrifera L. se incrementó ligeramente. *Axonopus compressus* Zona intensiva 4.8 mg Hg/kg de suelo Zona natural 0.19 mg Hg/kg del suelo No indica E. *polymnioides* aumentó la acumulación de Hg cuando creció con una mayor colonización de hongos micorrízicos Cham ba et al., 2017 Erato *polymnioides* *Miconia zamorensis* *Cortaderia hapalotricha*

83%

MATCHING BLOCK 25/26

SA

TESIS_FITOREMEDIACIÓN_CHIRINOS Y FERNANDEZ.docx (D147611226)

As 280–1029 mg/kg Cu 256-2070 mg/kg Pb 3992-16,060 mg/kg Zn 11,550-28,059 mg/kg

No indica C. *hapalotricha*, T. *repens* y E. *denticulatum* son hiperacumuladores de Pb debido a su Bech et al., 2016 *Ageratina* sp.

45 *Epilobium denticulatum* capacidad de acumular más de 1500 mg Pb/kg en los brotes. A. *alata*, *Ageratina* sp. y E. *denticulatum* podrían ser las especies más prometedoras para fitoextracción de Zn, porque fueron capaces de acumular más de 12.000 mg/kg de Zn. *Bidens triplinervia* Pb: 13,105 mg Pb/Kg Zn: 28,393 ± 3458 mg Zn/kg No indica Adsorción de *Bidens triplinervia* L.: 5180 mg Pb/kg y 9900 mg Zn/kg en un 80% *Senecio* sp.: acumuló más metales pesados en los brotes; 4250 mg Pb/kg y 3870 mg Zn/kg en un 90% Bech et al., 2012 *Senecio*sp *Polygonum aviculare*

69%

MATCHING BLOCK 26/26

SA

TESIS_FITOREMEDIACIÓN_CHIRINOS Y FERNANDEZ.docx (D147611226)

Cd 11–47 mg/kg Ni 19–26 mg/kg Pb 232–695 mg/kg Mn1132–2400mg/kg Cu 134–186 mg/kg Zn116–827 mg/kg

No indica Acumulación de *Polygonum aviculare* para Zn del 9236 mg/kg *Jatropha dioica* acumuló altas concentraciones de Zn, en un 6249 mg/kg en un porcentaje de 95%. Gonz áles C. y Gonz ález M., 2006 *Jatropha dioica* *Pityrogramma calomelanos* 8350 µg As/g de masa seca No indica Porcentaje de extracción: 86–93% en las hojas de helecho Franc escon i et al., 2002 *Puccinellia frigida* Porcentaje de arcilla en el suelo 7-19% Sodio en el suelo: 52- 63% K: 800mg/Kg P: 40mg/kg No indica Los brotes de *Puccinellia frigida* presentan concentraciones de boro extremadamente altas en un 99.9%. Rámil a et al., 2015

46 *Sedum alfredii* ZnSO: 4 50 μM CdCl₂: 10 μM 3 h, 24 h, 72 h y 8 d. Las concentraciones de Zn o Cd tanto en las raíces como en los brotes bajo 50 μM ZnSO₄ o 10 μM CdCl₂ fueron aumentando a medida que pasaba el tiempo. Yang et al., 2018 *Zea mays* L. No indica No indica Porcentaje de acumulación en raíces (80 %) hojas (15 %) tallos (5%) como promedio de todos los tratamientos. Munive et al., 2018 Nota: Adaptado de Tejada y Zevallos (2021) Las 31 plantas hiperacumuladoras estudiadas, 8 son pertenecen a la familia Poaceae, 7 pertenecen a la familia Asteraceae y las restantes a Solanáceas, Papaveraceae, Fabáceas, Urticaceae, Moraceae, entre otros. La familia Asteraceae es una especie herbácea perenne con un tallo subterráneo vertical acortado que produce hojas simples largas (10-40 cm) anchas (hasta 40 cm) y relativamente carnosas. Se ha demostrado que las poblaciones de Asteraceae acumulan más metales pesados como el Ni, y su mayor concentración se encuentra en la epidermis de las hojas (Boyd et al., 2008, p. 3). Esto es respaldado por Zhang et al., 2021; Morales A. y Moreira M., 2020; Chamba et al., 2017; Bech et al., 2016; y Bech et al., 2012. quienes estudiaron a *Bidens pilosa* L., *Berkheya coddii*, *Erato polymnioides*, *Erato polymnioides*, *Ageratina* sp., *Bidens triplinervia* y *Seneciosp.* Así pues, las plantas más utilizadas de la familia Poaceae incluyen *Cahuana* L. y *Adivire* O. en 2019, utilizando las plantas hiperacumuladoras *Stipa mucronata*, *Festuca dolichophylla* y *Cortaderia* sp.; Zeng et al., 2019 utilizando la planta *Arundo donax* L.; Chamba et al., 2017 utilizando la planta *Axonopus compressus*; Bech et al., 2016 utilizando la planta *Cortaderia hapalotricha*; Rámila et al., 2015 utilizando la planta *Puccinelli*, Munive et al., 2018 empleo en su investigación a *Zea mays* L.

47 V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS Según la revisión de los artículos de investigación y la literatura revisada, las plantas con el mayor potencial de hiperacumulación son las que pertenecen a las familias Poaceae y Asteraceae. Pires et al. (2020, p.1) en su investigación utilizaron la planta *P. aquaticum* de la familia Poaceae para la adsorción de Pb en diferentes concentraciones, descubriendo que las raíces de *P. aquaticum* presentaron una mayor absorción de Pb en un 2 279 $\mu\text{g/g}$. Patra et al. (2020) también respalda esto recomendando que la familia de gramíneas Poaceae se utilice para restaurar tierras contaminadas de manera sostenible. El 85% de las plantas hiperacumuladoras en suelos contaminados por metales pesados utilizaron Fito extracción y el 15% utilizaron digestión por vía seca. Como investigadores que utilizaron la extracción de plantas naturales tenemos a: *Cahuana* L. y *Adivire* O., 2019. En 2020, Durango et al.; Zheng et al. (2019); Chamba et al. (2017); Francesconi et al., (2018), Yang y col. (2018) y Munive y col. (2018). En menor medida, Zhang et al., 2021, Hazotte et al., 2020, Cartaya et al., 2017. Los estudios de Baker y Brooks (2018), Rascio y Navari-Izzo, y Reeves (2018), en conjunto han proporcionado una comprensión integral de las plantas hiperacumuladoras y su potencial para la fitoextracción de metales pesados. La investigación de Baker y Brooks estableció las bases para identificar estas plantas y comprender sus mecanismos de tolerancia. Rascio y Navari-Izzo profundizaron en la fisiología y la bioquímica detrás de la acumulación de metales pesados, lo que es esencial para diseñar estrategias de fitoextracción efectivas. Reeves y Baker llevaron este conocimiento a la práctica, explorando cómo las plantas hiperacumuladoras podrían utilizarse en la remediación ambiental. Estos estudios demuestran que la fitoextracción a través de plantas hiperacumuladoras es una técnica prometedora para remediar suelos contaminados con metales pesados. Sin embargo, también resalta la importancia de considerar factores como las especies de plantas adecuadas, las condiciones del suelo y la implementación práctica para lograr resultados

48 exitosos en la fitoextracción. Los estudios realizados por Ma et al. (2018), Shahid et al. (2019) y Lv et al. (2020) destacan la capacidad de las plantas hiperacumuladoras para acumular metales pesados como cadmio, zinc y arsénico en sus tejidos. Estos hallazgos subrayan el potencial de estas plantas para ser utilizadas en la fitoextracción de metales pesados en suelos contaminados, lo que puede ayudar a reducir la concentración de contaminantes y mejorar la calidad del suelo. Estos estudios resaltan la importancia de comprender las interacciones entre las plantas, los metales y los microorganismos en el suelo para optimizar los procesos de fitoextracción y mejorar la eficacia de la remediación. Zeng et al. (2019) demostraron que la co-plantación mejoró los resultados; de igual manera Zeng et al. (2019) y Munive et al. (2018) utilizaron agentes como enmiendas orgánicas para obtener un mayor porcentaje de adsorción por plantas hiperacumuladoras, como el compost o vermicompost para ayudar a la adsorción de metales en las plantas. Los estudios de Pilon-Smits, (2018), Rafiq et al. (2019) y Sarwar et al. (2020), resaltan la capacidad de ciertas plantas hiperacumuladoras para la fitoextracción de cadmio en suelos contaminados. Estos autores han demostrado que las plantas hiperacumuladoras pueden acumular cadmio en concentraciones significativas en sus tejidos, lo que puede contribuir a reducir la concentración de cadmio en el suelo y mejorar su calidad. Sin embargo, también subrayan la importancia de considerar las diferencias entre especies vegetales y las condiciones del suelo al diseñar estrategias de fitoextracción de cadmio. Según el tercer objetivo de determinar las características de las plantas usadas, las plantas hiperacumuladoras deben tener la capacidad de adsorción en suelos contaminados con metales pesados. Se encontró que los porcentajes promedio de adsorción oscilaron entre el 75 % y el 95 %, y se encontraron en una subcategoría alta (Hazotte et al., 2020, *Cahuana* L. y *Adivire* O., 2019, Morales A. y Moreira M., 2019), así como Zeng et al., 2019, Yang et al., 2018 y Munive et al., 2018. Según Hazotte et al. (2020), el metal pudo desaparecer completamente del suelo minero con una concentración inicial de Ni de 0,86 g/kg;

49 esto se apoya en Bech et al. (2012), que afirman que cuando se presentó contaminación del metal en el suelo con Pb de 13,105 mg Pb/kg o Zn de 28,393 mg Zn/kg, se obtuvieron porcentajes altos de adsorción del 80% y 90%. Se puede afirmar que *Zea mays* L. como hiperacumulador pudo obtener porcentajes altos de adsorción en un 80% en las raíces, independientemente del tiempo. Zeng et al. (2019) demuestran que la biomasa total y el contenido de As en las raíces de *P. vittata* L aumentaron en un 117.5% y 122.0% bajo el sistema de coplantación, respaldando esta afirmación.

50 VI. CONCLUSIONES - La eficiencia de las técnicas de fitorremediación en metales pesados está condicionado a la especie vegetal utilizada, siendo las especies nativas con mayor capacidad de fitorremediación y acumulación de metales pesados para la remediación de suelos contaminados. - La fitoextracción y la fitoestabilización, que eliminan metales pesados como el cobre y el plomo, fueron los tratamientos botánicos más comunes utilizados para la extracción de metales pesados. Esto se debe a la amplia gama de técnicas que permiten la creación de mecanismos más eficientes y, por lo tanto, la extracción de mayores cantidades de metales más pesados. - Especies como Brassica juncea, Acacia farnesiana, Amaranthus hybridus, Brassica rapa, Acacia saligna, Acacia parviflora, Brachiaria spp y Brassica napus L., remueven entre un 50% y un 60 %, de metales pesados. - Se descubrió que el 85% de las técnicas de fitoextracción y el 15% de la técnica de digestión por vía seca se utilizan para aplicar plantas hiperacumuladoras en suelos contaminados. La fitorremediación se considera una tecnología emergente que puede utilizarse el mismo que implica un bajo costo. - Se concluye que las características de distribución de las especies se encuentran en Bolivia, Perú, Ecuador, Colombia y en la zona andina por encima de los 2500 m.s.n.m. - De esto las especies nativas cuentan con capacidad hiperacumuladora, como lo son la Schinus molle, Acacia macracantha, Juncus bufonius, Baccharis salicifolia, Schoenoplectus pung., Juncus arcticus y la Paspalum bonplandianum, estas especies mostraron concentraciones mayores a 10 mg/kg, en función al tipo de metal.

51 VII. RECOMENDACIONES - Se recomienda seguir identificando especies nativas de nuestro país, que cuenten con la capacidad de remediación de suelos contaminados, para así evitar el uso de especies introducidas. - Profundizar los estudios identificando las condiciones específicas en las cuales estas técnicas han mostrado mejores resultados, como la presencia de ciertos tipos de suelos, pH, contenido de materia orgánica, textura, capacidad de retención de metales, así como las condiciones ambientales (temperatura, humedad, luz solar). - Usar la fitorremediación para la extracción de metales pesados en suelos contaminados por minería artesanal, ya que su aplicación es de bajo costo, permitiendo mejorar la calidad de los suelos. - Crear una base de datos, para una adecuada transferencia de información a usuarios e investigadores de la academia, lo que permitirá identificar las especies más prometedoras y potencialmente útiles en futuros proyectos de fitorremediación.

Hit and source - focused comparison, Side by Side

Submitted text As student entered the text in the submitted document.
Matching text As the text appears in the source.

1/26	SUBMITTED TEXT	32 WORDS	66% MATCHING TEXT	32 WORDS
<p>Santoyo (2020), en su estudio "Eco toxicológico sobre la bioacumulación de metales pesados en dos especies vegetales asociadas a los jales de Huautla, Morelos", buscó evaluar la capacidad de bioacumulación y</p> <p>SA 4_MerilynYolandayGloriaRosa - copia.docx (D119677661)</p>				
2/26	SUBMITTED TEXT	46 WORDS	71% MATCHING TEXT	46 WORDS
<p>Los resultados arrojaron que Vachellia campechiana es una especie con potencial para fitorremediar suelos contaminados, por tener capacidad de bioacumulación para Cr, Cu y Pb en tejido de raíz (0,83 mg/kg; 0,37 mg/kg; 4,23 mg/kg, respectivamente) y tejido foliar (2,75 mg/kg; 0,38 mg/kg; 4,75 mg/kg,</p> <p>SA 4_MerilynYolandayGloriaRosa - copia.docx (D119677661)</p>				
3/26	SUBMITTED TEXT	26 WORDS	82% MATCHING TEXT	26 WORDS
<p>Reátegui de la Cruz (2018), en su investigación "Efecto de la dosificación de Pleurotus ostreatus en la absorción de metales pesados en suelos contaminados, Shahuindo"</p> <p>SA TESIS_FITORREMIACIÓN_CHIRINOS Y FERNANDEZ.docx (D147611226)</p>				

4/26	SUBMITTED TEXT	20 WORDS	90% MATCHING TEXT	20 WORDS		
<p>Evaluación del estado de conservación de suelos contaminados por la relavera el Madrigal - Arequipa y propuesta de fitorremediación”</p> <p>SA 11_EF_TT2_MillaHuesaLeonardoClaver.docx (D141769458)</p>						
5/26	SUBMITTED TEXT	18 WORDS	96% MATCHING TEXT	18 WORDS		
<p>Jara (2018), en su investigación “Capacidad fitorremediadora de cinco especies altoandinas de suelos contaminados con metales pesados”.</p> <p>SA TESIS_FITORREMIACIÓN_CHIRINOS Y FERNANDEZ.docx (D147611226)</p>						
6/26	SUBMITTED TEXT	195 WORDS	96% MATCHING TEXT	195 WORDS		
<table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> <p>invernadero en el distrito de Lachaqui, provincia de Canta, región de Lima. Fueron evaluados veinte tratamientos con un diseño factorial completo 5 x 4: 5 especies altoandinas y 4 sustratos con 30%, 60%,100% de relave de mina (RM) y suelo sin RM. La producción de biomasa disminuyó significativamente en Solanum nitidum, Brassica rapa, Fuertesimalva echinata y Lupinus ballianus, con el tratamiento de 100% de relave de mina. La mayor eficiencia de acumulación de plomo y zinc fue obtenida en las raíces de Fuertesimalva echinata con el tratamiento de 100% de relave de mina, obteniendo 2015.1 mg de plomo kg -1 MS y 1024.2 mg de zinc kg -1 MS. En las raíces de L. ballianus fue obtenida la más alta acumulación de cadmio, con una concentración de 287.3 mg kg -1 MS con el tratamiento de 100% de relave de mina. Fuertesimalva echinata presentó el mayor índice de tolerancia (IT) al tratamiento de 100% de relave de mina, con un IT de 41.5%, pero, S. nitidum y L. ballianus presentaron el mayor IT al tratamiento de 60% de relave de mina con IT de 68.5% y 67.9.</p> <p>W http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/457/1/TESIS%20KARITO.pdf</p> </td> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> <p>invernadero en el distrito de Lachaqui, provincia de Canta, región Lima, de octubre de 2011 octubre de 2012. Fueron veinte tratamientos con un diseño factorial completo 5 x 4: 5 alto andinas, y 4 sustratos con 30%, 60%,100% de relave de mina (RM) y suelo sin RM. La producción de biomasa disminuyó significativamente en Solanum nitidum, Brassica rapa, Fuertesimalva echinata y Urtica urens y Lupinus con el tratamiento de 100% de relave de mina. La mayor eficiencia de acumulación plomo y zinc fue obtenida en las raíces de Fuertesimalva echinata con el tratamiento de 100% de relave de mina, obteniendo 2015.1 mg de plomo kg -1 MS y 1024.2 mg de zinc kg -1 MS. En las raíces de L. ballianus fue obtenida la más alta acumulación de cadmio, con una concentración de 287.3 mg kg-1 MS con el tratamiento de 100% de relave de mina. Fuertesimalva echinata presentó el mayor índice de tolerancia (IT) al tratamiento de 100% de relave de mina, con un IT de 11 41.5%, pero, S. nitidum y L. ballianus presentaron el mayor IT al tratamiento de 60% de relave de mina con IT de 68.5% y 67.9.</p> <p>2.2</p> </td> </tr> </table>					<p>invernadero en el distrito de Lachaqui, provincia de Canta, región de Lima. Fueron evaluados veinte tratamientos con un diseño factorial completo 5 x 4: 5 especies altoandinas y 4 sustratos con 30%, 60%,100% de relave de mina (RM) y suelo sin RM. La producción de biomasa disminuyó significativamente en Solanum nitidum, Brassica rapa, Fuertesimalva echinata y Lupinus ballianus, con el tratamiento de 100% de relave de mina. La mayor eficiencia de acumulación de plomo y zinc fue obtenida en las raíces de Fuertesimalva echinata con el tratamiento de 100% de relave de mina, obteniendo 2015.1 mg de plomo kg -1 MS y 1024.2 mg de zinc kg -1 MS. En las raíces de L. ballianus fue obtenida la más alta acumulación de cadmio, con una concentración de 287.3 mg kg -1 MS con el tratamiento de 100% de relave de mina. Fuertesimalva echinata presentó el mayor índice de tolerancia (IT) al tratamiento de 100% de relave de mina, con un IT de 41.5%, pero, S. nitidum y L. ballianus presentaron el mayor IT al tratamiento de 60% de relave de mina con IT de 68.5% y 67.9.</p> <p>W http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/457/1/TESIS%20KARITO.pdf</p>	<p>invernadero en el distrito de Lachaqui, provincia de Canta, región Lima, de octubre de 2011 octubre de 2012. Fueron veinte tratamientos con un diseño factorial completo 5 x 4: 5 alto andinas, y 4 sustratos con 30%, 60%,100% de relave de mina (RM) y suelo sin RM. La producción de biomasa disminuyó significativamente en Solanum nitidum, Brassica rapa, Fuertesimalva echinata y Urtica urens y Lupinus con el tratamiento de 100% de relave de mina. La mayor eficiencia de acumulación plomo y zinc fue obtenida en las raíces de Fuertesimalva echinata con el tratamiento de 100% de relave de mina, obteniendo 2015.1 mg de plomo kg -1 MS y 1024.2 mg de zinc kg -1 MS. En las raíces de L. ballianus fue obtenida la más alta acumulación de cadmio, con una concentración de 287.3 mg kg-1 MS con el tratamiento de 100% de relave de mina. Fuertesimalva echinata presentó el mayor índice de tolerancia (IT) al tratamiento de 100% de relave de mina, con un IT de 11 41.5%, pero, S. nitidum y L. ballianus presentaron el mayor IT al tratamiento de 60% de relave de mina con IT de 68.5% y 67.9.</p> <p>2.2</p>
<p>invernadero en el distrito de Lachaqui, provincia de Canta, región de Lima. Fueron evaluados veinte tratamientos con un diseño factorial completo 5 x 4: 5 especies altoandinas y 4 sustratos con 30%, 60%,100% de relave de mina (RM) y suelo sin RM. La producción de biomasa disminuyó significativamente en Solanum nitidum, Brassica rapa, Fuertesimalva echinata y Lupinus ballianus, con el tratamiento de 100% de relave de mina. La mayor eficiencia de acumulación de plomo y zinc fue obtenida en las raíces de Fuertesimalva echinata con el tratamiento de 100% de relave de mina, obteniendo 2015.1 mg de plomo kg -1 MS y 1024.2 mg de zinc kg -1 MS. En las raíces de L. ballianus fue obtenida la más alta acumulación de cadmio, con una concentración de 287.3 mg kg -1 MS con el tratamiento de 100% de relave de mina. Fuertesimalva echinata presentó el mayor índice de tolerancia (IT) al tratamiento de 100% de relave de mina, con un IT de 41.5%, pero, S. nitidum y L. ballianus presentaron el mayor IT al tratamiento de 60% de relave de mina con IT de 68.5% y 67.9.</p> <p>W http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/457/1/TESIS%20KARITO.pdf</p>	<p>invernadero en el distrito de Lachaqui, provincia de Canta, región Lima, de octubre de 2011 octubre de 2012. Fueron veinte tratamientos con un diseño factorial completo 5 x 4: 5 alto andinas, y 4 sustratos con 30%, 60%,100% de relave de mina (RM) y suelo sin RM. La producción de biomasa disminuyó significativamente en Solanum nitidum, Brassica rapa, Fuertesimalva echinata y Urtica urens y Lupinus con el tratamiento de 100% de relave de mina. La mayor eficiencia de acumulación plomo y zinc fue obtenida en las raíces de Fuertesimalva echinata con el tratamiento de 100% de relave de mina, obteniendo 2015.1 mg de plomo kg -1 MS y 1024.2 mg de zinc kg -1 MS. En las raíces de L. ballianus fue obtenida la más alta acumulación de cadmio, con una concentración de 287.3 mg kg-1 MS con el tratamiento de 100% de relave de mina. Fuertesimalva echinata presentó el mayor índice de tolerancia (IT) al tratamiento de 100% de relave de mina, con un IT de 11 41.5%, pero, S. nitidum y L. ballianus presentaron el mayor IT al tratamiento de 60% de relave de mina con IT de 68.5% y 67.9.</p> <p>2.2</p>					
7/26	SUBMITTED TEXT	44 WORDS	60% MATCHING TEXT	44 WORDS		
<table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> <p>acumulación de plomo, zinc 9 y cadmio fueron obtenidos en las raíces con el tratamiento de 100% de relave de mina. Acumularon 854.5 mg de plomo kg -1 MS, 452.8 mg de zinc kg -1 MS)</p> <p>W http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/457/1/TESIS%20KARITO.pdf</p> </td> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> <p>acumulación de plomo y zinc fue obtenida en las raíces de Fuertesimalva echinata con el tratamiento de 100% de relave de mina, mg de plomo kg -1 MS y 1024.2 mg de zinc kg -1 MS.</p> </td> </tr> </table>					<p>acumulación de plomo, zinc 9 y cadmio fueron obtenidos en las raíces con el tratamiento de 100% de relave de mina. Acumularon 854.5 mg de plomo kg -1 MS, 452.8 mg de zinc kg -1 MS)</p> <p>W http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/457/1/TESIS%20KARITO.pdf</p>	<p>acumulación de plomo y zinc fue obtenida en las raíces de Fuertesimalva echinata con el tratamiento de 100% de relave de mina, mg de plomo kg -1 MS y 1024.2 mg de zinc kg -1 MS.</p>
<p>acumulación de plomo, zinc 9 y cadmio fueron obtenidos en las raíces con el tratamiento de 100% de relave de mina. Acumularon 854.5 mg de plomo kg -1 MS, 452.8 mg de zinc kg -1 MS)</p> <p>W http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/457/1/TESIS%20KARITO.pdf</p>	<p>acumulación de plomo y zinc fue obtenida en las raíces de Fuertesimalva echinata con el tratamiento de 100% de relave de mina, mg de plomo kg -1 MS y 1024.2 mg de zinc kg -1 MS.</p>					
8/26	SUBMITTED TEXT	20 WORDS	97% MATCHING TEXT	20 WORDS		
<p>investigación, “Fitorremediación con Maíz (Zea mays L.) y compost de Stevia en suelos degradados por contaminación con metales pesados”</p> <p>SA CONTRERAS_02.docx (D137743067)</p>						

9/26	SUBMITTED TEXT	22 WORDS	61% MATCHING TEXT	22 WORDS
<p>rendimiento de materia seca de hojas, tallos y raíces del maíz, además, de un desarrollo más lento. La planta de maíz</p> <p>SA T1_DiazEspinozalsabel_LoveraMaylleCesar.docx (D144414740)</p>				
10/26	SUBMITTED TEXT	21 WORDS	100% MATCHING TEXT	21 WORDS
<p>compost y vermicompost de Stevia contribuyen a la solubilización de los metales pesados (Pb y Cd) para una mejor absorción,</p> <p>SA T2_TALLERDETESIS1_MALLQUICHICMANASIXTOANTONIO_VALENZUELALARAPAJANIT.docx (D138381453)</p>				
11/26	SUBMITTED TEXT	21 WORDS	97% MATCHING TEXT	21 WORDS
<p>su investigación "Remoción de metales pesados con Urtica Urens l. en suelos contaminados del Distrito de Huamachuco, Provincia Sánchez Carrión",</p> <p>SA Saldaña, V. y Quincho, C..docx (D160442196)</p>				
12/26	SUBMITTED TEXT	62 WORDS	100% MATCHING TEXT	62 WORDS
<p>realizó pruebas experimentales con tres tratamientos, los cuales se diferencian en el contenido de abono y suelo contaminado, el primer tratamiento consta de 600 gr y 900 gr de abono y suelo respectivamente, el segundo tratamiento de 450 gr y 1050 gr, y el tercer tratamiento de 300 gr y 1200 gr; cada tratamiento cuenta con tres plantas de Urtica urens</p> <p>SA TESIS - ORTIZ;J Y ROJAS; M REVISION FINAL.docx (D142942660)</p>				
13/26	SUBMITTED TEXT	112 WORDS	93% MATCHING TEXT	112 WORDS
<p>además contraste los resultados con la normativa ambiental (ECA). Mediante el análisis estadístico se determinó que el tratamiento 1 (40% de abono Cavia Porcellus + 60% de suelo contaminado) fue el más eficaz para la remoción de ARSÉNICO, MERCURIO y PLOMO con valores porcentuales de 65, 98 y 64 respectivamente, donde el análisis de varianza indica que el grupo de datos no presentan homogeneidad en sus varianzas, siendo el valor $p > 0,05$; mientras que para el BARIO, CADMIO y CROMO, su remoción no tiene diferencia significativa entre un tratamiento del otro, pues el análisis de varianza indica que el grupo de datos sí presentan homogeneidad en sus varianzas, siendo el valor $p < 0,05$.</p> <p>SA TESIS - ORTIZ;J Y ROJAS; M REVISION FINAL.docx (D142942660)</p>				

14/26	SUBMITTED TEXT	175 WORDS	99% MATCHING TEXT	175 WORDS
<p>su estructura se encuentran metales que causan daños graves. El objetivo fue demostrar la capacidad fitorremediadora de las plantas <i>Alopecurus magellanicus</i> var. <i>bracteatus</i> y <i>Muhlenbergia angustata</i> en suelos adulterados por plomo y cadmio. Se hizo una búsqueda en EBSCOhost, LILACS, SciELO, ScienceDirect, Redalyc, PubMed, Scopus y Web of Science, usando los descriptores "Fitorremediación", "<i>Alopecurus magellanicus</i> var. <i>Bracteatus</i>", "<i>Muhlenbergia angustata</i>", "Contaminación de suelo" y "metales pesados", seleccionando 60 artículos para analizar la capacidad fitorremediadora del <i>Alopecurus magellanicus</i> var. <i>bracteatus</i> y <i>Muhlenbergia angustata</i>, determinando la efectividad de dichas plantas para remover los 11 metales en mención, de suelos contaminados por las diversas actividades vinculadas al sector minero. Los tratamientos obtuvieron óptimos resultados al analizar la capacidad fitorremediadora y al valorar los suelos después del tratamiento, encontrándose que el <i>Alopecurus magellanicus</i> var. <i>Bracteatus</i>, es la más efectiva para remover plomo y cadmio. Concluyendo que el <i>Alopecurus magellanicus</i> var. <i>bracteatus</i> acumula mayor cantidad de plomo y cadmio en sus raíces y tallos, y a la vez es una planta estabilizadora más eficiente para estos metales.</p>		<p>su estructura se encuentran metales que causan daños graves al ambiente. El objetivo fue demostrar la capacidad fitorremediadora de las plantas <i>Alopecurus magellanicus</i> var. <i>bracteatus</i> y <i>Muhlenbergia angustata</i> en suelos adulterados por plomo y cadmio. Se hizo una búsqueda en EBSCOhost, LILACS, SciELO, ScienceDirect, Redalyc, PubMed, Scopus y Web of Science, usando los descriptores "Fitorremediación", "<i>Alopecurus magellanicus</i> var. <i>Bracteatus</i>", "<i>Muhlenbergia angustata</i>", "Contaminación de suelo" y "metales pesados", seleccionando 60 artículos para analizar la capacidad fitorremediadora del <i>Alopecurus magellanicus</i> var. <i>bracteatus</i> y <i>Muhlenbergia angustata</i>, determinando la efectividad de dichas plantas para remover los metales en mención, de suelos contaminados por las diversas actividades vinculadas al sector minero. Los tratamientos obtuvieron óptimos resultados al analizar la capacidad fitorremediadora y al valorar los suelos después del tratamiento, encontrándose que el <i>Alopecurus magellanicus</i> var. <i>Bracteatus</i>, es la más efectiva para remover plomo y cadmio. Concluyendo que el <i>Alopecurus magellanicus</i> var. <i>bracteatus</i> acumula mayor cantidad de plomo y cadmio en sus raíces y tallos, y a la vez es una planta estabilizadora más eficiente para estos metales.</p>		
<p>W https://srjournalcidi.org/index.php/ojs/article/download/43/27/170</p>				
15/26	SUBMITTED TEXT	26 WORDS	76% MATCHING TEXT	26 WORDS
<p>contaminantes en el suelo a través de su adsorción y acumulación en las raíces de las plantas por precipitación en la zona de la rizosfera;</p>				
<p>SA Dávila Mego, Nancy Karina; Walter Villegas, Lorena Chabeli.pdf (D140328016)</p>				
16/26	SUBMITTED TEXT	36 WORDS	58% MATCHING TEXT	36 WORDS
<p>Las plantas absorben metales del suelo en diferentes grados, dependiendo de la especie, las características y el contenido de metales en el suelo. Las plantas pueden responder a la presencia de metales en su entorno</p>		<p>las plantas absorben metales del suelo donde se encuentran, pero en distinto grado, dependiendo de la especie vegetal, y de las características y contenido en metales del suelo. Las plantas pueden adoptar distintas estrategias frente a la presencia de metales en su entorno</p>		
<p>SA TESIS URKUND Karelys Hidalgo mayo 2023.docx (D166025842)</p>				
17/26	SUBMITTED TEXT	28 WORDS	77% MATCHING TEXT	28 WORDS
<p>concentración acumulada en el ambiente o en los tejidos de organismos como resultado de la incorporación, distribución y eliminación de contaminantes de todas las rutas de exposición,</p>		<p>Concentración resultante acumulada en el ambiente o en los tejidos de organismos a partir de la incorporación, distribución y eliminación de contaminantes obtenidos por todas las rutas de exposición</p>		
<p>W http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/457/1/TESIS%20KARITO.pdf</p>				

18/26	SUBMITTED TEXT	16 WORDS	76% MATCHING TEXT	16 WORDS
<p>Suelo agrícola. Suelo destinado a cultivar cultivos, forrajes y pastos cultivados. Es también aquel suelo</p> <p>SA TESIS - ORTIZ;J Y ROJAS; M REVISION FINAL.docx (D142942660)</p>				
19/26	SUBMITTED TEXT	18 WORDS	78% MATCHING TEXT	18 WORDS
<p>el crecimiento de cultivos. Esto incluye tierras agrícolas que mantienen un hábitat para especies permanentes y transitorias,</p> <p>SA TESIS - ORTIZ;J Y ROJAS; M REVISION FINAL.docx (D142942660)</p>				
20/26	SUBMITTED TEXT	11 WORDS	100% MATCHING TEXT	11 WORDS
<p>Calamagrostis recta (Kunth) Trin. Ex Steud., Cortaderia jubata (Lemoine) Stapf</p> <p>SA TESIS_FITORREMIACIÓN_CHIRINOS Y FERNANDEZ.docx (D147611226)</p>				
21/26	SUBMITTED TEXT	14 WORDS	76% MATCHING TEXT	14 WORDS
<p>Calamagrostis recta (Kunth) Trin. Ex Steud., Cortaderia jubata (Lemione) Stapf, Festuca gliceriantha Pilg.,</p> <p>SA TESIS_FITORREMIACIÓN_CHIRINOS Y FERNANDEZ.docx (D147611226)</p>				
22/26	SUBMITTED TEXT	12 WORDS	100% MATCHING TEXT	12 WORDS
<p>Calamagrostis tarmensis, Paspalum bonplandianum, Carex pichinchensis, Lachemilla orbiculata y Juncus conglomeratus.</p> <p>SA Dávila Mego, Nancy Karina; Walter Villegas, Lorena Chabeli.pdf (D140328016)</p>				
23/26	SUBMITTED TEXT	26 WORDS	100% MATCHING TEXT	26 WORDS
<p>Calamagrostis tarmensis Paspalum bonplandianum Carex pichinchensis Lachemilla orbiculata Juncus conglomeratus</p> <p>SA Dávila Mego, Nancy Karina; Walter Villegas, Lorena Chabeli.pdf (D140328016)</p>				

24/26	SUBMITTED TEXT	295 WORDS	99% MATCHING TEXT	295 WORDS
<p>donde se realizaron los análisis en las especies Calamagrostis tarmensis, Paspalum bonplandianum, Carex pichinchensis, Lachemilla orbiculata y Juncus conglomeratus seleccionadas por su alto valor de importancia en la zona, posteriormente mediante el coeficiente de correlación de Pearson se logró determinar la relación entre la concentración de metales en el suelo y las plantas. Asimismo, se calculó el Factor de Traslocación y Factor de Bioconcentración, lo que permitió indicar si la planta es fitoestabilizadora o fitoextractora de Aluminio, Arsénico, Plomo, Cromo, Cobre, Cadmio, Magnesio, Manganeso, Zinc, Estroncio, Antimonio, Talio, Hierro, Mercurio, Níquel y Estaño. Por otro lado, se obtuvo una base de datos de la zona Las Gardas, la cual contribuyó como referencia para comparar la acumulación de las plantas tanto en una zona con pasivos y otra zona sin alteraciones. En la investigación se identificó que la especie Paspalum bonplandianum, acumula la mayor cantidad de metales pesados (mg/kg), como el Aluminio (2844.6), Mercurio (0.3), Antimonio (13), Estaño (1.4), Zinc (760.2), Cromo (3.86) y Níquel (3.59). Asimismo, la concentración de metales pesados se da en la parte de la raíz de 37 todas las especies, a excepción de la Lachemilla orbiculata donde se observó que es en el tallo. Finalmente, mediante los TF y BCF se estableció que la especie Calamagrostis tarmensis, Paspalum bonplandianum, Carex pichinchensis, Lachemilla orbiculata y el Juncus conglomeratus serían especies fitoextractoras de Mg y Mn; igualmente, Lachemilla orbicula también sería fitoextractora del Sr y el Zn. Por otro lado Calamagrostis tarmensis se podría aplicar en técnicas de fitoestabilización para el Ti, así como Paspalum bonplandianum para el Sb, Zn y Cr, la especie Carex pichinchensis para Zn, la especie Lachemilla orbiculada para el Cd y Mn y finalmente el Juncus conglomeratus para el Cd, Cr y Zn.</p> <p>SA Dávila Mego, Nancy Karina; Walter Villegas, Lorena Chabeli.pdf (D140328016)</p>				
25/26	SUBMITTED TEXT	17 WORDS	83% MATCHING TEXT	17 WORDS
<p>As 280–1029 mg/kg Cu 256-2070 mg/kg Pb 3992-16,060 mg/kg Zn 11,550-28,059 mg/kg</p> <p>SA TESIS_FITORREMEDIACIÓN_CHIRINOS Y FERNANDEZ.docx (D147611226)</p>				
26/26	SUBMITTED TEXT	18 WORDS	69% MATCHING TEXT	18 WORDS
<p>Cd 11–47 mg/kg Ni 19–26 mg/kg Pb 232–695 mg/kg Mn1132–2400mg/kg Cu 134–186 mg/kg Zn116–827 mg/kg</p> <p>SA TESIS_FITORREMEDIACIÓN_CHIRINOS Y FERNANDEZ.docx (D147611226)</p>				