

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental

Tesis

**Evaluación del potencial de bioacumulación de metales pesados en *Scirpus americanus* (junco) presente en suelos contaminados con relaves mineros, Arequipa - 2022**

Brian Alonso Ramos Vizcarra

Para optar el Título Profesional de  
Ingeniero Ambiental

Arequipa 2023

## INFORME DE CONFORMIDAD DE ORIGINALIDAD DE TESIS

**A** : Néstor Felipe Gutarra Meza  
Decano de la Facultad de Ingeniería

**DE** : José Vladimir Corjeno Tueros  
Asesor de tesis

**ASUNTO** : Remito resultado de evaluación de originalidad de tesis

**FECHA** : 20 de Octubre de 2023

---

Con sumo agrado me dirijo a vuestro despacho para saludarlo y en vista de haber sido designado asesor de la tesis titulada: **“Evaluación del potencial de bioacumulación de metales pesados en *Scirpus americanus* (junco) presente en suelos contaminados con relaves mineros, Arequipa - 2022”**, perteneciente al/la/los/las estudiante(s) Brian Alonso Ramos Vizcarra, de la E.A.P. de Ingeniería Ambiental; se procedió con la carga del documento a la plataforma “Turnitin” y se realizó la verificación completa de las coincidencias resaltadas por el software dando por resultado 19 % de similitud (informe adjunto) sin encontrarse hallazgos relacionados a plagio. Se utilizaron los siguientes filtros:

- Filtro de exclusión de bibliografía SI  NO
- Filtro de exclusión de grupos de palabras menores (Nº de palabras excluidas: ) SI  NO
- Exclusión de fuente por trabajo anterior del mismo estudiante SI  NO

En consecuencia, se determina que la tesis constituye un documento original al presentar similitud de otros autores (citas) por debajo del porcentaje establecido por la Universidad.

Recae toda responsabilidad del contenido de la tesis sobre el autor y asesor, en concordancia a los principios de legalidad, presunción de veracidad y simplicidad, expresados en el Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales – RENATI y en la Directiva 003-2016-R/UC.

Esperando la atención a la presente, me despido sin otro particular y sea propicia la ocasión para renovar las muestras de mi especial consideración.

Atentamente,

**La firma del asesor obra en el archivo original**  
(No se muestra en este documento por estar expuesto a publicación)

Por cada autor:

## **DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD**

Yo, Brian Alonso Ramos Vizcarra, identificado(a) con Documento Nacional de Identidad No. 70022954, de la E.A.P. de Ingeniería Ambiental de la Facultad de Ingeniería la Universidad Continental, declaro bajo juramento lo siguiente:

1. La tesis titulada: **“Evaluación del potencial de bioacumulación de metales pesados en *Scirpus americanus* (junco) presente en suelos contaminados con relaves mineros, Arequipa - 2022”**”, es de mi autoría, la misma que presento para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental.
2. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas, por lo que no atenta contra derechos de terceros.
3. La tesis es original e inédita, y no ha sido realizado, desarrollado o publicado, parcial ni totalmente, por terceras personas naturales o jurídicas. No incurre en autoplagio; es decir, no fue publicado ni presentado de manera previa para conseguir algún grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados son reales, pues no son falsos, duplicados, ni copiados, por consiguiente, constituyen un aporte significativo para la realidad estudiada.

De identificarse fraude, falsificación de datos, plagio, información sin cita de autores, uso ilegal de información ajena, asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a las acciones legales pertinentes.

21 de Octubre de 2023.

**La firma del autor y del asesor obra en el archivo original**

(No se muestra en este documento por estar expuesto a publicación)

# Evaluación del potencial de bioacumulación de metales pesados en *Scirpus americanus* (Junco) presente en suelos contaminados con relaves mineros, Arequipa - 2022

## INFORME DE ORIGINALIDAD

19%

INDICE DE SIMILITUD

18%

FUENTES DE INTERNET

3%

PUBLICACIONES

10%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1	<b>Submitted to Universidad Continental</b> Trabajo del estudiante	2%
2	<b>repositorio.unasam.edu.pe</b> Fuente de Internet	2%
3	<b>repositorio.unsa.edu.pe</b> Fuente de Internet	1%
4	<b>hdl.handle.net</b> Fuente de Internet	1%
5	<b>vsip.info</b> Fuente de Internet	1%
6	<b>tesis.ucsm.edu.pe</b> Fuente de Internet	1%
7	<b>repositorio.undac.edu.pe</b> Fuente de Internet	1%
8	<b>repositorio.continental.edu.pe</b> Fuente de Internet	1%

9	Submitted to Universidad Católica de Santa María Trabajo del estudiante	1 %
10	<a href="http://www.cemadpanama.org">www.cemadpanama.org</a> Fuente de Internet	<1 %
11	<a href="http://repositorio.uap.edu.pe">repositorio.uap.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
12	<a href="http://repositorio.unfv.edu.pe">repositorio.unfv.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
13	<a href="http://dspace.unitru.edu.pe">dspace.unitru.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
14	<a href="http://redi.unjbg.edu.pe">redi.unjbg.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
15	<a href="http://repositorio.unjfsc.edu.pe">repositorio.unjfsc.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
16	<a href="http://repositorio.unap.edu.pe">repositorio.unap.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
17	<a href="http://docplayer.es">docplayer.es</a> Fuente de Internet	<1 %
18	<a href="http://www.osinergmin.gob.pe">www.osinergmin.gob.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
19	<a href="http://aplicaciones.cientifica.edu.pe">aplicaciones.cientifica.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
20	<a href="http://renati.sunedu.gob.pe">renati.sunedu.gob.pe</a>	

Fuente de Internet

<1 %

21

[www.scielo.org.mx](http://www.scielo.org.mx)

Fuente de Internet

<1 %

22

[search.scielo.org](http://search.scielo.org)

Fuente de Internet

<1 %

23

[es.scribd.com](http://es.scribd.com)

Fuente de Internet

<1 %

24

Submitted to Universidad Cesar Vallejo

Trabajo del estudiante

<1 %

25

[repositorio.uancv.edu.pe](http://repositorio.uancv.edu.pe)

Fuente de Internet

<1 %

26

[www.uco.es](http://www.uco.es)

Fuente de Internet

<1 %

27

[www.slideshare.net](http://www.slideshare.net)

Fuente de Internet

<1 %

28

[dspace.esPOCH.edu.ec](http://dspace.esPOCH.edu.ec)

Fuente de Internet

<1 %

29

[repositorio.udh.edu.pe](http://repositorio.udh.edu.pe)

Fuente de Internet

<1 %

30

[www.coursehero.com](http://www.coursehero.com)

Fuente de Internet

<1 %

31

[tesis.pucp.edu.pe](http://tesis.pucp.edu.pe)

Fuente de Internet

<1 %

32	<a href="http://www.dpd.kz">www.dpd.kz</a> Fuente de Internet	<1 %
33	Submitted to Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo Trabajo del estudiante	<1 %
34	Submitted to Universidad Nacional Abierta y a Distancia, UNAD,UNAD Trabajo del estudiante	<1 %
35	<a href="http://www.medigraphic.com">www.medigraphic.com</a> Fuente de Internet	<1 %
36	<a href="http://www.redalyc.org">www.redalyc.org</a> Fuente de Internet	<1 %
37	<a href="http://archive.org">archive.org</a> Fuente de Internet	<1 %
38	<a href="http://repositorio.upct.es">repositorio.upct.es</a> Fuente de Internet	<1 %
39	SEGECO S.A. CONTRATISTAS GENERALES. "DIA del Proyecto de Exploración Alpacocha-Antilla-IGA0010786", C.A.A. N° 037-2010-MEM-AAM, 2020 Publicación	<1 %
40	Jose M. Saavedra, Antonio García-Hermoso, Yolanda Escalante, Ana M. Domínguez. "Self-determined motivation, physical exercise and diet in obese children: A three-year follow-up	<1 %

# study", International Journal of Clinical and Health Psychology, 2014

Publicación

---

41	<b>Submitted to Universidad Católica San Pablo</b> Trabajo del estudiante	<1 %
42	<b>repositorio.unapiquitos.edu.pe</b> Fuente de Internet	<1 %
43	<b>documentop.com</b> Fuente de Internet	<1 %
44	<b>es.unionpedia.org</b> Fuente de Internet	<1 %
45	<b>revistas.ulcb.edu.pe</b> Fuente de Internet	<1 %
46	<b>www3.ir.kyushu-u.ac.jp</b> Fuente de Internet	<1 %
47	<b>docstore.entsoe.eu</b> Fuente de Internet	<1 %
48	<b>repositorio.unh.edu.pe</b> Fuente de Internet	<1 %
49	<b>Cristina Bretischwerdt, Luis Rivas, Luis Palomeque, Francisco Alburquerque. "Efectos inmediatos del estiramiento de los músculos isquiosurales en el sistema estomatognático en la cervicalgia mecánica", Osteopatía Científica, 2009</b> Publicación	<1 %



---

50	<a href="http://bolsa-trabajo.upads.edu.pe">bolsa-trabajo.upads.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
51	<a href="http://qdoc.tips">qdoc.tips</a> Fuente de Internet	<1 %
52	<a href="http://www.invemar.org.co">www.invemar.org.co</a> Fuente de Internet	<1 %
53	<a href="http://www.seguridad-laboral.es">www.seguridad-laboral.es</a> Fuente de Internet	<1 %
54	"Inter-American Yearbook on Human Rights / Anuario Interamericano de Derechos Humanos, Volume 9 (1993)", Brill, 1996 Publicación	<1 %
55	<a href="http://catalonica.bnc.cat">catalonica.bnc.cat</a> Fuente de Internet	<1 %
56	<a href="http://core.ac.uk">core.ac.uk</a> Fuente de Internet	<1 %
57	<a href="http://repositorio.unac.edu.pe">repositorio.unac.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
58	<a href="http://repository.javeriana.edu.co">repository.javeriana.edu.co</a> Fuente de Internet	<1 %
59	<a href="http://www.mgpa.uchile.cl">www.mgpa.uchile.cl</a> Fuente de Internet	<1 %
60	<a href="http://www.scielo.org.pe">www.scielo.org.pe</a> Fuente de Internet	<1 %

---

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 10 words

Excluir bibliografía

Activo

## ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN .....	20
1. CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO .....	21
1.1. Planteamiento del Planteamiento y formulación del problema .....	21
1.1.1. Planteamiento del problema.....	21
1.1.2. Formulación del problema.....	22
1.1.2.1. Problema general .....	22
1.1.1. Problemas específicos.....	22
1.2. Objetivos .....	22
1.2.1. Objetivo General .....	22
1.2.2. Objetivos Específicos .....	22
1.3. Justificación e Importancia.....	23
1.3.1. Aspecto Ambiental .....	23
1.3.2. Aspecto social.....	23
1.3.3. Aspecto Tecnológico .....	24
1.3.4. Delimitación del Proyecto .....	24
1.4. Hipótesis y Variables.....	24
1.4.1. Hipótesis.....	24
1.4.1.1. Hipótesis general .....	24
1.4.2. Hipótesis específicas .....	24
1.5. Variables .....	25
1.5.1. Variable independiente .....	25
1.5.2. Variable dependiente .....	25
2. CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	27
2.1. Antecedentes del problema.....	27
2.1.1. Antecedentes Internacionales .....	27
2.1.2. Antecedentes Nacionales .....	27
2.2. Bases Teóricas.....	30
2.2.1. Actividad Minera en el Perú .....	30
2.2.2. Residuos de la Minería .....	32
2.2.3. Relave minero.....	32
2.2.4. Contaminación por la Industria Minera .....	33
2.2.5. Pasivos ambientales mineros en Perú .....	36
2.2.6. Mitigación y remediación de impactos .....	37
2.2.6.1. Fitorremediación.....	39

2.2.7.	<i>Scirpus americanus</i> Pers. “Junco” .....	44
2.3.	Definición de términos básicos.....	44
3.	CAPÍTULO III: METODOLOGÍA.....	46
3.1.	Método, Tipo y Alcance de la Investigación .....	46
3.1.1.	Método de la Investigación.....	46
3.2.	Diseño de Investigación .....	46
3.2.1.	Tipo de Investigación .....	46
3.3.	Población y muestra .....	47
3.3.1.	Población.....	47
3.3.2.	Muestra.....	47
3.4.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	48
3.4.1.	Técnicas.....	48
3.4.2.	Instrumentos .....	48
1.2.	Metodología de experimentación.....	49
1.2.1.	Reactivos, materiales y equipos utilizados.....	49
3.4.3.	Análisis y evaluación.....	50
4.	CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	58
4.1.	Resultados y análisis de la información.....	58
4.2.	Prueba de Hipótesis .....	67
4.3.	Discusión de Resultados.....	69
	CONCLUSIONES .....	71
	RECOMENDACIONES .....	72
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	73
	ANEXOS .....	78

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de Variables. ....	26
Tabla 2. Características del suelo con cercanía a material de relave. Adaptado de (23) .....	35
Tabla 3 Concentraciones de los diferentes metales en el suelo respecto a la cercanía con material de relave. Adaptado de (23) .....	36
Tabla 4. Materiales y equipos.....	49
Tabla 5. Detalle de los Grupos experimentales. ....	52
Tabla 6. Clasificación del nivel de Absorción en base al Factor de Absorción. ....	57
Tabla 7. Respuesta fisiológica reproductiva en las plántulas de Junco respecto a los grupos experimentales. ....	58
Tabla 8. Resumen de observaciones físicas a las plántulas en experimentación. ....	59
Tabla 9. Registro de valores de pH en cada grupo experimental y control. ....	60
Tabla 10. Registro de condiciones ambientales: Temperatura y Humedad relativa dentro del vivero de cultivo.....	61
Tabla 11. Caracterización del material de relave empleado en las pruebas experimentales. Resultados de laboratorio para metales pesados. ....	62
Tabla 12. Proporcionalidad de relave en los grupos experimentales. ....	64
Tabla 13. Contenido neto de metales en los tejidos vegetales del Junco por cada grupo experimental.....	65
Tabla 14. Factor de acumulación y nivel de absorción de metales de <i>Scirpus americanus</i> en cada grupo experimental.....	66
Tabla 15. Homogeneidad de las varianzas.....	67
Tabla 16. Prueba ANOVA de una vía. ....	67
Tabla 17. Análisis Post Hoc. Prueba de Tukey.....	68

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Cadena de Valor de la minería desde el lado de la oferta. ....	31
Figura 2. Esquema general de los procesos de descontaminación de los iones metálicos en procesos naturales de fitorremediación. ....	42
Figura 3. Efecto del pH en la absorción los metales. ....	43
Figura 4. Ubicación referencial de las zonas de recolección de material de relave con potencial presencia del mismo. ....	48
Figura 5. Homogenización del material de relave colectado. ....	50
Figura 6. Adaptación climática del Junco a las condiciones climáticas del lugar de experimentación. ....	51
Figura 7. Implementación y adaptación del vivero de cultivo. ....	51
Figura 8. Diseño experimental y su esquematización. ....	52
Figura 9. Distribución del suelo orgánico comercial en las respectivas macetas para la evaluación según la concentración. ....	53
Figura 10. Preparación re materiales para la realización de la fase experimental. ....	53
Figura 11 . Recuperación de infiltración, retorno a los envases alimentadores. ....	54
Figura 12. Registro de pH como parámetro fisicoquímico considerado para cada grupo experimental. ....	55
Figura 13. Registro de características morfológicas y manejo cultural de <i>Scirpus americanus</i> “Junco” ....	55
Figura 14. Extracción de parte aérea de las plantas para análisis de metales pesados. ....	56
Figura 15. Cambios fisiológicos en las plántulas de Junco tras 45 días de evaluación. ....	59
Figura 16. Detalle de respuesta fisiológica en Junco en cada tratamiento. ....	60

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Tendencia del parámetro fisicoquímico pH en los grupos de evaluación por semana de evaluación. ....	61
Gráfico 2. Representación de tendencia de las variables ambientales en el vivero de cultivo (Temperatura y Humedad Relativa) por semana de evaluación. ....	62
Gráfico 3. Representación de los principales elementos hallados durante la caracterización del material de relave, respecto a normas nacionales (ECA Suelo) e internacionales como referencia (Guía Canadiense). ....	64
Gráfico 4. Contenido estimado de principales metales (Cobre – Arsénico) en los sustratos experimentales. ....	64
Gráfico 5. Representación de la concentración de metales (Cobre y Arsénico) detectada en los tallos o partes aéreas de <i>Scirpus americanus</i> (Junco). ....	65
Gráfico 6. Representación de los Factores de Acumulación hallados para cada grupo evaluado respecto al Cobre y Arsénico. ....	66

## RESUMEN

El presente trabajo, evaluó la tasa de absorción de metales pesados en la parte aérea de la especie *Scirpus americanus* (Junco), cuando se instala en suelos con presencia de relaves mineros, ya que existe el antecedente de su presencia en humedales artificiales conformados sobre antiguos depósitos de relave minero en la región de Tacna. Para ello, se preparó un diseño experimental en condiciones de invernadero, sometiendo a individuos de la especie vegetal a suelo con las siguientes proporciones de relave: 20 y 80%, siendo los grupos experimentales 1 (G1) y 2 (G2), respectivamente, y un grupo de control al que se le instaló en suelo orgánico libre de contaminantes. Se tomó los datos de los sujetos experimentales antes de la instalación en las macetas de los respectivos grupos, tomando en cuenta la talla y longitud de las raíces, ello para observar los posibles cambios morfológicos por efecto del relave. La fase experimental tendrá una duración de 75 días calendario, donde se tomó control de los datos ambientales dentro del vivero como la humedad y temperatura; adicionalmente los cambios en el pH del sustrato para cada grupo. Al finalizar la fase de exposición a relave, se analizó por medio de un laboratorio tanto el material de relave empleado para determinar su composición, así como las muestras de los tejidos vegetales de la planta evaluada; de lo cual se obtuvo que el material de relave tiene presencia importante de metales como Hierro, Arsénico y Cobre, entre otros; y que las plantas de Junco absorben Cobre y Arsénico, siendo el primero el más representativo, estando ello influenciado posiblemente por su mayor presencia respecto al Arsénico. La absorción estimada fue de 17% para el caso del cobre en los 2 grupos (G1 y G2); y, 5 % y 17% para el arsénico en los grupos G1 y G2; respectivamente, lo que es considerado una baja tasa de absorción-acumulación por lo que se le clasifica dentro de las plantas excluyentes; no obstante, no se descarta que la mayor acumulación de los metales pueda presentarse en la parte radicular; para lo cual haría falta más estudios.

**Palabras clave:** bioacumulación, absorción, metales pesados, relave minero.

## ABSTRACT

The present work evaluated the absorption rate of heavy metals in the aerial part of the species *Scirpus americanus* (Junco), when it is installed in soils with the presence of mining tailings, since there is a history of its presence in artificial wetlands formed on old mining tailings deposits in the Tacna region. For this, an experimental design was prepared under greenhouse conditions, subjecting individuals of the plant species to soil with the following proportions of tailings: 20 and 80%, being the experimental groups 1 (G1) and 2 (G2), respectively, and a control group that was installed in organic soil free of contaminants. The data of the experimental subjects was taken before the installation in the pots of the respective groups, taking into account the size and length of the roots, this to observe the possible morphological changes due to the effect of the tailings. The experimental phase will last 75 calendar days, where control of the environmental data within the nursery such as humidity and temperature was taken; additionally the changes in the pH of the substrate for each group. At the end of the tailings exposure phase, both the tailings material used was analyzed by means of a laboratory to determine its composition, as well as the samples of the plant tissues of the evaluated plant; from which it was obtained that the tailings material has an important presence of metals such as Iron, Arsenic and Copper, among others; and that the Junco plants absorb Copper and Arsenic, the first being the most representative, possibly influenced by its greater presence with respect to Arsenic. The estimated absorption was 17% for the case of copper in the 2 groups (G1 and G2); and, 5% and 17% for arsenic in groups G1 and G2; respectively, which is considered a low absorption-accumulation rate, which is why it is classified within the exclusive plants; However, it is not ruled out that the greatest accumulation of metals may occur in the root part; for which more studies would be needed.

**Keywords:** bioaccumulation, absorption, heavy metals, mine tailings