



Universidad César Vallejo

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**Eficiencia de *vetiveria zizanioides* para la fitorremediación en  
suelos mineros, Revisión sistemática 2022**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Ambiental

**AUTOR:**

Avendaño Cruzado, Ridley (orcid.org/0000-0002-0803-3574)

**ASESOR:**

Mg. Quijano Pacheco, Wilbert Samuel (orcid.org/0000-0001-7889-7928)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

LIMA – PERÚ

2022

## **Dedicatoria**

A Dios, por ser quien me dio la vida y la salud propia, de poder culminar esta investigación tan anhelada, así lograr una de mis grandes metas trazadas. A mis seres queridos como mi padre Ermes Avendaño campos y mi madre Ángela Cruzado Gámez, quienes fueron los pilares de mi vida, por el apoyo incondicional que me brindaron día a día que gracias a ello logré culminar esta investigación

## **Agradecimiento**

A nuestro creador, por bendecirnos en nuestro camino y brindarnos sabiduría para poder llevar a cabo esta investigación.

A mi familia, por ser parte de este gran logro, por animarnos a seguir adelante en los días que ya no daba para más.

A nuestro asesor, MSc. Quijano Pacheco, Wilbert Samuel, por su apoyo durante todo el proceso que tomó esta investigación, por la enseñanza impartida y sobre todo paciencia.

## Índice de contenidos

Carátula .....	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento .....	iii
Índice de contenidos .....	iii
Índice de tablas .....	iv
Índice de figuras.....	v
Índice de Abreviaturas .....	vi
Resumen .....	vii
Abstract.....	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO .....	5
III. METODOLOGÍA.....	13
3.1. Tipo y diseño de investigación .....	13
3.2. Categorías, sub categorías y matriz de categorización apriorística .....	13
3.3. Escenario de estudio.....	15
3.4. Participantes .....	15
3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	15
3.6. Procedimientos .....	15
3.7. Rigor científico .....	17
3.8. Método de análisis .....	18
3.9. Aspectos éticos .....	18
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	19
V. CONCLUSIONES .....	31
VI. RECOMENDACIONES.....	33
REFERENCIAS .....	35
ANEXOS	

## Índice de tablas

<i>Tabla 1: Matriz de categorización.....</i>	<i>14</i>
<i>Tabla 2: Metales pesados acumulados en los suelos mineros .....</i>	<i>20</i>
<i>Tabla 3: Procesos de fitorremediación por Vetiveria zizanioides. ....</i>	<i>21</i>
<i>Tabla 4: Eficiencia de remoción de contaminantes por Vetiveria zizanioides .....</i>	<i>22</i>

## Índice de figuras

<i>Figura 1: Procesos de eliminación de metales pesados.</i> .....	11
<i>Figura 2: Diagrama de flujos de selección de artículos</i> .....	17
<i>Figura 3: Porcentajes de remoción de Plomo por la Vetiveria zizanioides según autores</i> .....	25
<i>Figura 4: Porcentajes de remoción de Cadmio por la Vetiveria zizanioides según autores</i> .....	26
<i>Figura 5: Porcentajes de remoción de Zinc por la Vetiveria zizanioides según autores</i> .....	27
<i>Figura 6: Tiempo usado en la remoción de metales pesados por Vetiveria zizanioides.</i> .....	30

## Índice de abreviaturas

**Cd:** Cadmio

**Pb:** Plomo

**As:** Arsénico

**Zn:** Zinc

**Hg:** Mercurio

**Cu:** Cobre

**TPH:** Hidrocarburos totales de petróleo

**TOG:** Grasas totales

**CO<sub>2</sub>:** dióxido de carbono

**H<sub>2</sub>O:** Agua

## Resumen

La presente investigación tuvo objetivo evaluar la eficiencia de *Vetiveria zizanioides* para la Fitorremediación en suelos mineros. El tipo fue aplicado, el enfoque fue cualitativo del diseño narrativo de tópicos mediante análisis de recolección de información utilizado análisis documental en las interpretaciones de artículos y revistas indexadas que no sean menor de 5 años que abarca entre el año 2018 y 2022. Los resultados mostraron que los metales acumulados en el suelo fueron cadmio, plomo, zinc, níquel, mercurio, cromo VI, cobre, arsénico removido mediante los procesos de rizofiltración, fitoestabilización, fitoinmovilización, fitodegradación, fitoextracción dada por la planta *Vetiveria Zizanioides* obteniendo una eficiencia de la remoción de los contaminantes sobre el cromo VI en 92%, Zinc un 31%, cadmio un 25%, cobre 43%, níquel 23%, arsénico 82% y manganeso 36% de los suelos contaminados por actividades mineras de acuerdo a los trabajos de investigación. Se concluyó que la especie vegetal *Vetiveria Zizanioides* fue muy eficiente en remover los metales pesados que se encontraron acumulados en los suelos aprovechados por las actividades minera.

**Palabras clave:** Eficiencia, *Vetiveria Zizanioides*, Fitorremediación, suelos mineros.

## **Abstract**

The objective of this research was to evaluate the efficiency of *Vetiveria zizanioides* for Phytoremediation in mining soils. The type was applied, the approach was qualitative of the narrative design of topics through information collection analysis used documentary analysis in the interpretations of articles and indexed journals that are not less than 5 years old, covering between 2018 and 2022. The results showed that the metals accumulated in the soil were cadmium, lead, zinc, nickel, mercury, chromium VI, copper, arsenic removed through the processes of rhizofiltration, phytostabilization, phytoimmobilization, phytodegradation, phytoextraction given by the *Vetiveria Zizanioides* plant, obtaining a removal efficiency of contaminants on chrome VI in 92%, zinc 31%, cadmium 25%, copper 43%, nickel 23%, arsenic 82% and manganese 36% of soils contaminated by mining activities according to research work . It was concluded that the plant species *Vetiveria Zizanioides* was very efficient in removing heavy metals that were found accumulated in the soils used by mining activities.

**Keywords:** Efficiency, *Vetiveria Zizanioides*, Phytoremediation, mining soils.

## **I. INTRODUCCIÓN**

Actualmente nos enfrentamos a problemas de contaminación por liberación de metales pesados al ambiente como efecto de la actividad minera, dando como resultado altas concentraciones de metales pesados en el suelo, los cuales deben ser manejados y prevenidos por métodos o procesos, ya que representan riesgos para los organismos que producen sustancias que alimentan e indirectamente afectan la salud de la población (Soto, 2019).

La minería y las actividades relacionadas generan grandes cantidades de roca estéril y lodos ricos en metales pesados que se depositan en las superficies de los ambientes mineros. Como resultado, el suelo original de la mina se degrada o se pierde de manera irreversible. El “suelo nuevo” se ve fuertemente afectado por el proceso minero, muchas veces es inestable y está conformado por materiales menos aptos para la actividad biológica y las fases de formación del suelo. Incluso la desaparición de la actividad industrial, estas situaciones desfavorables duran mucho tiempo debido a los bajos niveles de nutrientes y materia orgánica, erosión alta y periódica, grandes fluctuaciones en la temperatura superficial, sequía, condiciones de pH, etc., sin olvidar el alto nivel de metales que se encuentran en el sustrato (Becerril et al., 2018).

Las propiedades del suelo cumplen un importante papel en la reducción o el aumento de la toxicidad de los metales en el suelo. Los metales pueden permanecer en el suelo, pero también pueden moverse a través de las soluciones del suelo a través de una variedad de mecanismos químicos y biológicos (Vargas et al., 2018). Los metales se consideran altamente tóxicos porque se absorben fácilmente y pueden cambiar la composición del suelo. En los seres humanos, incluso pequeñas cantidades de estos metales pueden tener graves consecuencias fisiológicas y para la salud. Los metales más extraídos son el cadmio y el plomo cancerígenos, que en altas concentraciones pueden causar enfermedades neurológicas e incluso la muerte. Ante esta situación de degradación ambiental provocada por los efectos de los metales en el suelo, han surgido varios enfoques para abordar este problema (Chinchay y Chamorro, 2020).

Una alternativa para abordar los efectos de los metales en los suelos mineros es la fitorremediación, una alternativa prometedora a los métodos tradicionales que ofrece una gama de técnicas para restaurar ecosistemas degradados utilizando plantas. Contaminantes inorgánicos, se entiende el mecanismo de acción de las propias plantas. Las plantas tienen un impacto más directo en los niveles de contaminación con extractos de plantas que concentran contaminantes ambientales como los metales pesados en los tejidos vegetales, son de alto rendimiento y buenos bioacumuladores que toleran altos niveles de contaminación (Soto, 2019). Es importante saber que la fitorremediación brinda beneficios adicionales al suelo, tales como: poblaciones microbianas en el suelo, también una gran cantidad de carbono orgánico, mejorando la aireación del suelo al liberar oxígeno de las raíces, convirtiendo compuestos tóxicos en compuestos menos tóxicos (Zeng et al., 2019).

Según Vargas et al., 2018, nos dice que, uno de los tipos de plantas tolerantes que suele tener futuro en los proyectos de fitorremediación de suelos contaminados es el vetiver, que es utilizado para el manejo de aguas residuales. Este vegetal tiene un gran desempeño en la extracción de algunos metales contaminantes, por lo que puede tolerarlos y acumularlos, tiene la ventaja de la esterilidad de las semillas, por lo que su uso no introduce semillas extrañas al medio natural. Dado que la minería en algunos lugares se detuvo hace mucho tiempo y los metales están más o menos fijos en el suelo, se han hecho intentos para movilizar y hacer que los metales del suelo estén más biológicamente disponibles con varias enmiendas orgánicas.

Por lo tanto, pese a la problemática frecuente nos propusimos evaluar la eficiencia de *Vetiveria zizanioides* para la Fitorremediación en suelos mineros con la ayuda de una revisión sistemática de diferentes artículos ligados al tema de investigación y así enriquecer los conocimientos de como la planta emplea sus mecanismos para absorber los contaminantes presentes en el suelo y estos se vuelvan menos tóxicos para el ambiente.

Por consiguiente, se formula el problema general: ¿Cuál será la eficiencia de *Vetiveria zizanioides* para la Fitorremediación en suelos mineros? Seguido de los

problemas específicos: ¿Cuál serán los tipos de metales pesados removidos por *Vetiveria Zizanioides* en suelos mineros?; ¿Cuál será los procesos de Fitorremediación de *Vetiveria Zizanioides* en suelos mineros?; ¿Cuál será la eficiencia de remoción de metales pesados por *Vetiveria Zizanioides* en suelos mineros?; ¿Cuál será el tiempo usado por *Vetiveria zizanioides* para fitorremediar suelos mineros?

La Justificación social, se señaló a la sociedad en general la eficiencia de la planta *Vetiveria zizanioides*, en fitorremediar suelos mineros con el fin de desarrollar otras actividades agrícolas, ya que los metales pesados afectan drásticamente el desarrollo de las plantas y la biodiversidad de microorganismos presentes en el suelo. Justificación económica, la baja calidad del suelo por contaminación de metales pesados afecto el desarrollo de otras actividades agrícolas, perjudicando la producción, propagando los bajos rendimientos de las producciones, afectando directamente la economía de la población afectada. Justificación metodológica estuvo basada en la recopilación de información de base de datos como Scopus, Sciencedirect y ebsco. Por ser una investigación cualitativa, se realizó una búsqueda de información literaria existente en las publicaciones de artículos indexados por diferentes autores y que será de suma importancia para enriquecer el conocimiento de cómo la planta *Vetiveria zizanioides* realizó el proceso de Fitorremediación para absorber metales pesados presentes en los suelos. Justificación ambiental, consistió en cómo se realizó los procesos de Fitorremediación a través de la planta *Vetiveria zizanioides* que están en el espacio terrestre, para remover o eliminar metales pesados que se encuentran presentes en el suelo por la actividad minera, perjudicando drásticamente la biodiversidad de especies presentes en la capa terrestre.

Seguidamente se formula el **objetivo general**: Evaluar la eficiencia de *Vetiveria zizanioides* para la Fitorremediación en suelos mineros. **Los objetivos específicos**: Determinar los tipos de metales pesados removidos por *Vetiveria Zizanioides* en suelos mineros, Determinar los procesos de Fitorremediación de *Vetiveria Zizanioides* en suelos mineros, Determinar la eficiencia de remoción de metales pesados por *Vetiveria Zizanioides* en suelos mineros; Determinar el tiempo usado por *Vetiveria zizanioides* para fitorremediar suelos mineros.

## **II. MARCO TEÓRICO**

Liu et al. (2020, p.4), valora los efectos de *Serratia* efecto de K3 en combinación con materia orgánica sobre el transporte de cadmio en suelo de vetiver y comunidades bacterianas en suelos contaminados. Utilizado como método para combinar K3 y SBR/LF. Los resultados mostraron cambios en la eficiencia de la fitorremediación y la comunidad bacteriana del suelo en el suelo de la rizosfera de Vetiver después de la inoculación. Se concluyó que este estudio podría proporcionar un enfoque prometedor para mejorar la fitorremediación de suelos contaminados con Cd.

Siyar et al. (2020), evaluó el potencial de la hierba *Vetiveria zizanioides* L. en la fitorremediación de un suelo real multicontaminado mediante electrocinética. Utilizó tipos de campo eléctrico (AC-DC), gradiente de voltaje (1-2 V/cm), condiciones de saturación y no saturación y variación de Eh-pH como método para determinar el rendimiento de electrofitorremediación de Vetiver. La máxima acumulación de metales extraíbles en vetiver ocurrió a 2DCV/cm, mostrando un aumento de aprox. 50% en comparación con las celdas AC y PR. Se concluyó que la máxima remoción de metales pesados fue en la parte del cátodo de la celda por debajo de 2DCV/cm, mostrando una mejora del 65% en comparación con la celda PR.

Fang et al. (2021), Se evaluó *Herbaspirillum* sp., p5-19 como un suplemento exótico para el mejoramiento de suelos para utilizar el proceso de estabilización de la rizosfera vegetal como método para la fitorremediación de residuos de cobre por *Vetiveria zizanioides* L. En combinación con la inoculación de p5-19, las concentraciones de Mn, Zn y Cd en los brotes (raíces) obtenidas a 10 cm de cobertura fueron 4,44-(2,71-), 4,73-(3,87-) y 5,93- como control. (4.35-) veces. Concluyó que la capacidad de fitorremediación de V. La inoculación suplementaria de zizanioides para la mejora del suelo como una estrategia potencial para mejorar la fitorremediación de relaves.

Festo (2021), La fitorremediación de suelos contaminados con hidrocarburos de petróleo se evaluó con dos especies de plantas: *Jatropha curcas* y vetiver en Ghana Manganese Company Ltd. Utilizando un tratamiento de permutación factorial  $2 \times 2 \times 3$  como un diseño completamente aleatorio con 3 repeticiones. Encontrando que

las enmiendas de compost con *Jatropha curcas* causaron 78.8 y 82.2% y *Vetiveria zizanioides* causaron 51.1 y 39.7% de reducción en las concentraciones de TPH y TOG del suelo, respectivamente, después de 16 semanas. Concluyo que la Fitorremediación, especialmente con JC, es un medio alternativo para disminuir la concentración de hidrocarburos en el suelo. Sin embargo, el suelo debe mejorarse con compost para garantizar una regeneración eficaz y un crecimiento temprano, rápido y vigoroso de las plantas.

Nayak et al. (2018), evaluó la Mejora de la Fitorremediación de Cr (VI), Fe y otros metales pesados tóxicos mediante la combinación sinérgica de la cepa nativa de *Vetiveria zizanioides* L. y *Bacillus cereus*. Uso como método la acumulación de metales por el hiperacumulador de cromo *Vetiveria zizanioides*. Se logró que la inoculación de *V. zizanioides* nativa con la cepa T1B3 mejora su eficiencia de Fitorremediación de HM fue del 82 % para 92% de Fe (100), Cr<sup>+6</sup>(100), 67% de Mn (50), 36% de Zn (50), 25% de Cu (30), 31% de Cd (30) y 43% de Ni (50) durante el ciclo de crecimiento. Se concluyó que la *V. zizanioides* nativa con la cepa T1B3 tuvo una buena eficiencia de Fitorremediación.

Gravend et al. (2020), Investigar la capacidad de *V. zizanioides* en la fitorremediación de suelos contaminados con metales pesados (Pb, Cd, Mn y Ni). Como método utilizó un diseño factorial donde cuatro metales pesados diferentes (plomo, cadmio, manganeso y níquel) tenían tres niveles variables y además cada tratamiento se repetía 3 veces. El mayor nivel de absorción estuvo asociado con el plomo metálico, que fue de 282,45 mg/kg de suelo seco, y la tasa de absorción fue del 83,4%. Entonces, el porcentaje de adsorción promedio y el porcentaje de adsorción de cadmio, níquel y manganeso fueron 63,29 mg/kg (61 %), 248,3 mg/kg (53,2 %), 69,4 mg/kg (65,5 %), respectivamente. Se concluyó que el plomo es un componente importante en la absorción de V por las plantas. *Zizanioides* De manera similar, las raíces de las plantas absorbieron más metales pesados que los brotes.

Vargas y Pérez. (2018), evaluó la Fitorremediación de Cu y Zn por pasto vetiver en suelos mineros enmendados con ácidos húmicos. Uso como método un

experimento en maceta para evaluar el uso combinado de pasto vetiver (*Chrysopogon zizanioides*) y ácido húmico para la Fitorremediación de Cu y Zn en suelos mineros. Se logró las altas dosis de ácido húmico también promovieron el crecimiento de las raíces y aumentaron las concentraciones de Cu en las plantas debido a la formación de complejos metal-orgánicos solubles, lo que mejoró la eliminación de este metal del suelo y su acumulación en las raíces. Aunque el ácido húmico no pudo mejorar la absorción de Zn, logró reducir la translocación de Zn y Cu a las partes aéreas de las plantas. Se concluyó que el vetiver resultó fue muy eficaz y una estrategia efectiva para la fitoestabilización de suelos mineros.

Hesami et al. (2018), Absorción, acumulación y Fitorremediación de plomo, zinc y cadmio por plantas que crecen alrededor de la mina de plomo-zinc Tange Douzan, Irán. Uso como método de la evaluación de los especímenes recolectados, incluidas 69 especies de plantas, se analizaron para Pb, Zn y Cd. Lograron que los análisis de las hojas para metales pesados mostraron hiperacumulación de metales en *Roemeria hybrida* subsp., *dodecandra* con Cd (43 mg/kg) en *Chenopodium foliosum*. Se concluye que las especies son muy eficientes para la fitoestabilización de metales.

Los metales pesados son uno de los grupos de contaminantes que requieren más investigación y atención, principalmente por sus las bajas concentraciones y persistencia en las que pueden tener efectos tóxicos. Su persistencia, acumulación gradual y/o transferencia a otros ambientes naturales, como aguas subterráneas, ingreso a la cadena alimentaria, etc., representan una amenaza para la salud y los ecosistemas. (Bañuelos y Terry, 2019).

Los efectos sobre la salud de los metales pesados ocurren cuando ingresan al ambiente por procesos naturales y, por lo tanto, entran en contacto con los humanos. Además, cómo se ve afectada la salud humana depende del tipo de metal, la vía de exposición y la duración de la exposición al metal pesado. La duración de la exposición a estos metales determinará si la toxicidad es aguda, asociada a un único evento de exposición a corto plazo, normalmente en las últimas 24 horas, o crónica, referida a una exposición a largo plazo, normalmente meses o

años (Xia et al., 2022).

El impacto de los metales pesados en el medio ambiente se produce principalmente a través de la acumulación de agua en las plantas a través del sistema radicular, y la presencia de estos contaminantes se denomina bioacumulación. Por otro lado, afecta a los organismos animales derivados de componentes no biológicos como el agua, que está sujeta a bioacumulación. Además, a medida que los contaminantes se mueven a través de los sucesivos niveles de la cadena alimentaria, su concentración aumenta, lo que se denomina biomagnificación. (Lin et al., 2021)

La fitorremediación es una nueva tecnología sostenible que utiliza plantas para disminuir la concentración o peligro de contaminantes orgánicos e inorgánicos en el suelo, sedimentos, agua y aire en base a procesos bioquímicos llevados a cabo por plantas y microorganismos asociados con sus sistemas y crear varios mecanismos para disminuir los contaminantes (Liu et al., 2020).

La rizofiltración es el uso de plantas para absorber, concentrar y en algunos casos precipitar impurezas como plomo, cadmio, cobre, cromo, zinc y níquel presentes en solución acuosa. Para que la planta sea productiva, debe tener un gran sistema de raíces. (Ali et al., 2021)

La fitoestabilización, Este es el proceso mediante el cual las plantas pueden unir metales en un recurso y convertirlos de un estado tóxico a un estado menos tóxico. Las raíces son esenciales para la estabilidad de las plantas para que puedan crecer en áreas contaminadas y ayudar a que los metales se adhieran al suelo a través de la absorción de raíces o la precipitación/complejación/reducción (Nayak., 2018).

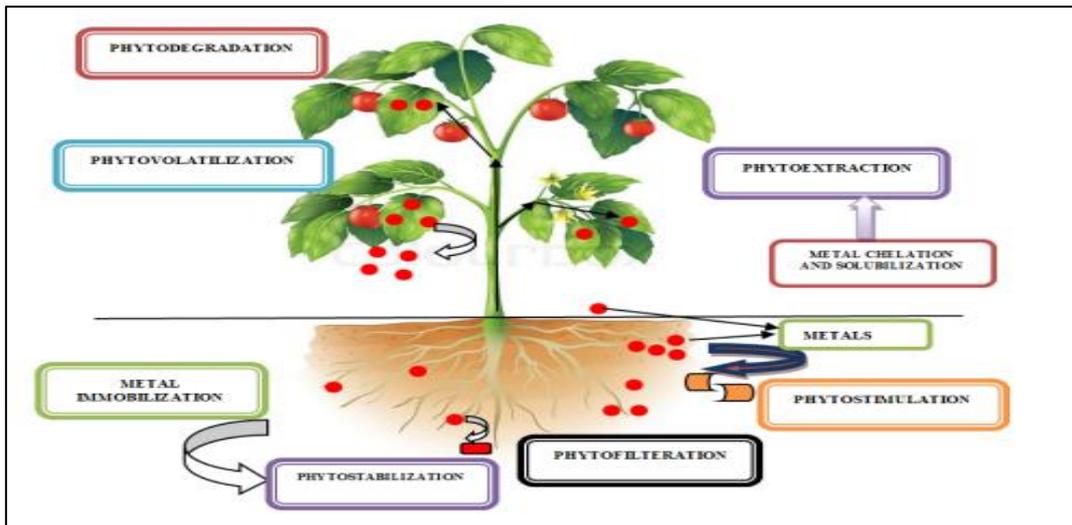
La fitoinmovilización, como resultado de la inmovilización de las plantas, la biodisponibilidad de los contaminantes se mantiene y se reduce al formar compuestos químicos en la interfaz suelo-raíz, que inactivan las sustancias tóxicas durante los procesos de absorción o precipitación (Vargas y Pérez, 2018).

La fitodegradación se utiliza para descomponer los contaminantes orgánicos en productos inocuos utilizando plantas y microorganismos asociados, o para mineralizarlos en CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O. Durante este proceso, los contaminantes se metabolizan en los tejidos vegetales y las plantas producen enzimas como: dehalogenasas y oxigenasas que ayudan a catalizar la descomposición (Awan et al., 2020).

La fitoextracción implica la absorción de metales contaminantes a través de las raíces de las plantas y su acumulación en tallos y hojas, utilizando plantas que almacenan compuestos orgánicos para secuestrar los contaminantes del suelo y concentrarlos en las partes cosechadas antes de que muestren signos de toxicidad. (Vásquez, 2018).

La principal desventaja de la fitoextracción es que es significativa solo para aquellos sitios que tienen una cantidad baja o media de contaminación por metales, ya que los sitios altamente contaminados resultan nocivos para el desarrollo de la planta (Lakra et al., 2020).

La fitovolatilización implica la absorción de contaminantes en el suelo por las raíces de las plantas, convirtiéndolos en formas volátiles y finalmente eliminándolos del cuerpo a través de la transpiración. Este proceso es adecuado para metales altamente volátiles como el Hg y As. Este proceso se ve afectado por condiciones ambientales como la humedad, la velocidad del viento y la temperatura. (Fang et al., 2021).



Fuente: Hejna et al., 2020

Figura 1: Procesos de eliminación de metales pesados.

Contaminantes orgánicos que incluyen HAP, PCB, dioxinas, hidrocarburos de petróleo, solventes clorados utilizados en la producción de colorantes, explosivos, productos farmacéuticos, pesticidas (insecticidas, herbicidas y fungicidas), tensioactivos, compuestos aromáticos como ingredientes activos. En comparación con los compuestos inorgánicos, estos contaminantes son menos tóxicos para las plantas porque son menos reactivos y se acumulan menos (Thani et al., 2020).

Los contaminantes inorgánicos se tratan de metales pesados como el Co, Cr o Cu, elementos no metálicos como el As y el B, y radionúclidos como el  $^{60}\text{Co}$  y el  $^{137}\text{Cs}$ . Algunos oligoelementos son importantes para plantas (B, Mo, Fe, Cu, Mn y Zn) y animales (As, Co, Cu, Fe, Mo, Mn, Zn, Cr, F, Se, Ni y V). La toxicidad de estos elementos depende de la concentración, forma química y persistencia (Cheng et al., 2018).

Los metales se encuentran entre los contaminantes inorgánicos más peligrosos en la composición de los ambientes del agua y el suelo. Los metales pesados no suelen biodegradarse porque persisten en el medio ambiente durante mucho tiempo. Después de un consumo a largo plazo, pequeñas cantidades de contaminación por metales pesados pueden causar graves problemas de salud en los seres humanos (Sriyanthi et al., 2020).

El plomo se puede acumular en algunas plantas principalmente en las raíces y en cantidades muy pequeñas en otras partes u órganos del cultivo. Además, su disponibilidad para las plantas depende del pH del suelo (Soto, 2019).

Los efectos tóxicos del cadmio en las plantas se manifiestan por daños a las estructuras de las plantas tales como clorosis, enrollamiento de las hojas, necrosis, reducción del crecimiento de las plantas y daño oxidativo (Gravend et al., 2021).

Arsénico, el papel principal del arsénico en las plantas es destruir la clorofila en las hojas al inhibir la producción de enzimas. Debido a que el arsénico es tóxico para los humanos, comer partes comestibles de plantas que contienen acumulación de arsénico es dañino (Hesami et al., 2018).

En algunas plantas, el mercurio puede causar graves daños a los cloroplastos y mitocondrias de las hojas, alterando los procesos de fotosíntesis y respiración. En estados más avanzados de alteración, ocurren cambios intensos en el metabolismo y la regulación celular, culminando en la senescencia estimulada por la acumulación crónica de metales pesados, lo que puede conducir a la muerte de la planta (Festo, 2021).

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. Tipo y diseño de investigación

**Tipo de investigación:** Es una investigación aplicada, porque tuvo como objetivo de proporcionar al público el conocimiento para desarrollar hechos específicos, este estudio nuevamente se basará en teorías derivadas de investigaciones relevantes. (Lozada, 2014, p.35).

De esta forma, el estudio exploto el conocimiento científico para la solución de problemas mediante procesos de Fitorremediación por la *Vetiveria zizanioides*, donde se utilizará la teoría de la Fitorremediación para predecir el comportamiento de la planta frente a los suelos mineros.

**Diseño de investigación:** La investigación tuvo un diseño narrativo de tópicos, el cual tuvo como objetivo presentar evidencias a partir de testimonios, hechos, opiniones o experiencias relevantes, se testimonio que la investigación permitió un estudio de comprensión e interpretación del mundo subjetivo a información relevante (Cortez, 2017, p.81).

Sin embargo, la investigación narrativa tiene como finalidad la descripción y análisis de ideas, así como el enriquecimiento del conocimiento que se obtendrá de la recolección de datos de las siguientes fuentes: revistas, documentos, artículos indexados (Baena, 2017, p.17-18).

#### 3.2. Categorías, sub categorías y matriz de categorización apriorística

**Tabla 1:** Matriz de categorización

Matriz de categorización apriorística: Eficiencia de <i>Vetiveria zizanioides</i> para la Fitorremediación en Suelos mineros, Revisión Sistemática 2022					
Objetivo específico	Problema específico	Categoría	subcategoría	Criterios	Referencias
Determinar los tipos de metales pesados removidos por <i>Vetiveria Zizanioides</i> en suelos mineros	¿Cuál serán los tipos de metales pesados removidos por <i>Vetiveria Zizanioides</i> en suelos mineros?	Tipo de metales pesados	<ul style="list-style-type: none"> <li>Metales Metaloides</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Plomo, Cadmio, Mercurio y Cromo</li> <li>Boro, Silicio, Antimonio, Telurio y Arsénico.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bañuelos y Terry., 2019</li> <li>Awan et al., 2020</li> <li>Arthur et al., 2019</li> </ul>
Determinar los procesos de Fitorremediación de <i>Vetiveria Zizanioides</i> en suelos mineros	¿Cuál será los procesos de Fitorremediación de <i>Vetiveria Zizanioides</i> en suelos mineros?	Procesos de Fitorremediación	<ul style="list-style-type: none"> <li>Método de contención</li> <li>Método de eliminación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Rizofiltración, Fitoestabilización, Fitoinmovilización</li> <li>Fitodegradación, Fitoextracción, Fitovolatilización</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Siyar et al., 2020</li> <li>Sharma et al., 2021</li> <li>Xia, 2019</li> </ul>
Determinar la eficiencia de remoción de metales pesados por <i>Vetiveria Zizanioides</i> en suelos mineros	¿Cuál será la eficiencia de remoción de metales pesados por <i>Vetiveria Zizanioides</i> en suelos mineros?	Eficiencia de remoción	% de remoción	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tiempo usado</li> <li>Características de la planta</li> <li>Tipo de contaminante (Metales y metaloides).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ali et al., 2021</li> <li>Antoniadis, 2021</li> <li>Cao et al., 2021</li> <li>Fang et al., 2022</li> </ul>
			Características de la planta del almacenamiento de metales	<ul style="list-style-type: none"> <li>Raíz</li> <li>Tallo</li> <li>Hojas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Hesami et al., 2018</li> <li>Lin et al., 2021</li> <li>Lu et al., 2021</li> </ul>
Determinar el tiempo usado por <i>Vetiveria zizanioides</i> para fitorremediar suelos mineros	¿Cuál será el tiempo usado por <i>Vetiveria zizanioides</i> para fitorremediar suelos mineros?	Tiempo de eficiencia	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tiempo de disminución de metales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1 día – 25 días</li> <li>1 día – 40 días</li> <li>1 día – 65 días</li> <li>1 día – 90 días</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Zeng et al., 2019</li> <li>Festo et al., 2021</li> <li>Fang et al., 2021</li> <li>Chinchay y Chamorro et al., 2020</li> </ul>

### **3.3. Escenario de estudio**

Según Hernández, Fernández y Baptista (2014, p. 514), se mostró como escenario de estudio el lugar o ambiente donde se produjeron los hechos suscitados por la realidad problemática. Por lo tanto, teniendo en cuenta y precisando que la investigación por ser de revisión literaria se relató como escenario de estudio a las fuentes literarias a nivel mundial relacionadas con la Fitorremediación con *Vetiveria zizanioides* en suelos mineros.

### **3.4. Participantes**

Para la investigación los participantes fueron el autor y el asesor, seguido de la recopilación de información que se utilizó como plataformas, las páginas web, bibliotecas virtuales de la Universidad Cesar Vallejo conformadas por: ScienceDirect, Ebsco, Scopus.

### **3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

El análisis que se utilizó en la investigación fue mediante la técnica de análisis de documentos que, según Dulzaides y Molina (2004, p.2), es una técnica para investigar, evaluar y sintetizar toda información de diferentes literaturas científicas de manera estandarizada y sistemática.

Un formulario de análisis de contenido es una herramienta utilizada para recopilar información en un estudio cualitativo de artículos indexados relacionados con un tema de investigación utilizando fuentes narrativas y registros de investigaciones realizadas. (Guerrero, Cortez y Carchi, 2017, 68).

### **3.6. Procedimientos**

El procedimiento de investigación consta de 3 fases, que son la base para la recopilación de información, donde la información se obtiene en una secuencia objetiva, ordenada y sistemática. Se utilizaron las siguientes fuentes: ScienceDirect, Ebsco, Scopus. Para ello se utilizan palabras clave como español e inglés para cada base de datos.

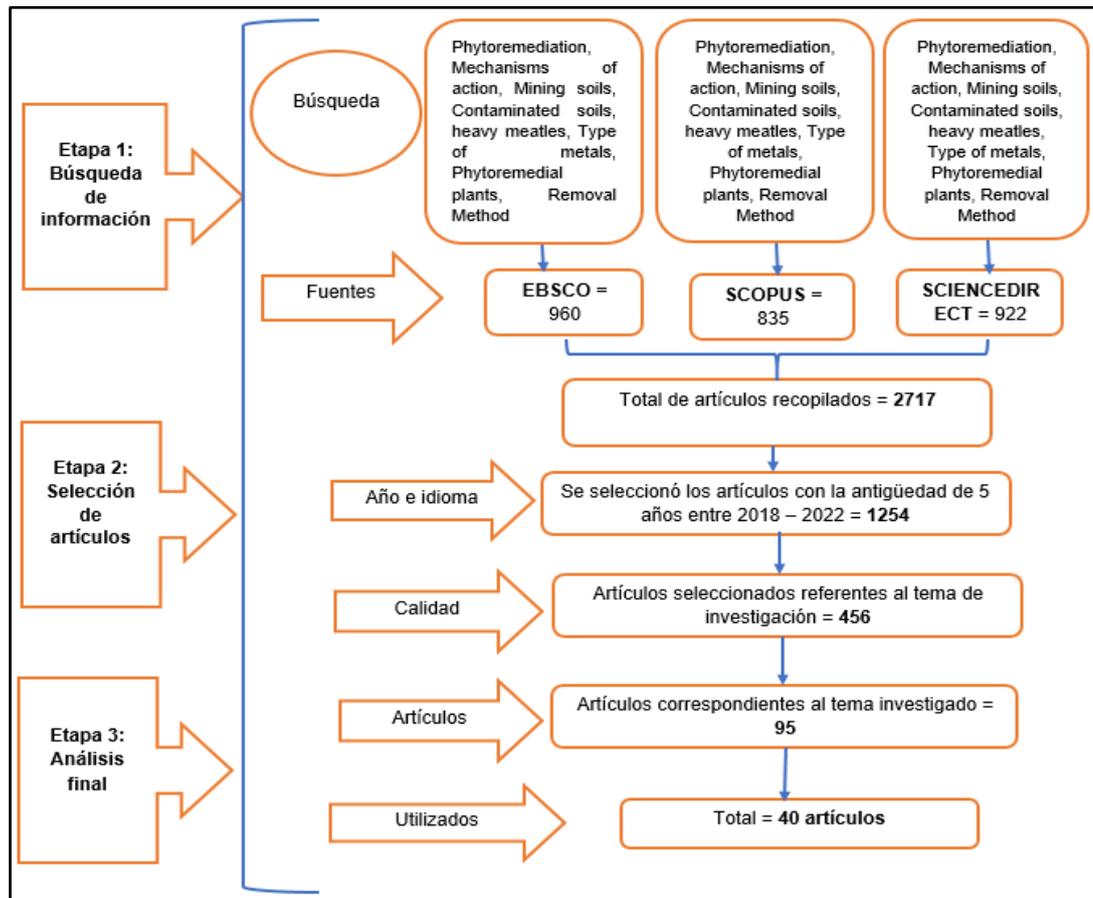
**ScienceDirect:** (palabras claves), a). Fitorremediación (Phytoremediation), b). Mecanismos de acción (Mechanisms of action), c). Suelos mineros (Mining soils), d). Suelos contaminados (Contaminated soils), e), meatles pesados (heavy meatles), f). Tipo de metales (Type of metals), g). Plantas Fitorremediadoras (Phytoremedial plants), h). Método de eliminación (Removal Method). Cuando buscamos en la base de datos con las palabras clave ya especificadas, nos mostró el número de artículos 922, y cuando seleccionamos artículos para el año académico (2018 - 2022) 5 años, obtuvimos 414 artículos correspondientes a la fecha seleccionada. Luego paso el filtro de calidad, que deja 163 artículos

**Ebsco:** (Palabras claves), a). Fitorremediación (Phytoremediation), b). Mecanismos de acción (Mechanisms of action), c). Suelos mineros (Mining soils), d). Suelos contaminados (Contaminated soils), e). Meatles pesados (heavy meatles), f). Tipo de metales (Type of metals), g). Plantas Fitorremediadoras (Phytoremedial plants), h). Método de eliminación (Removal Method). Buscando en la base de datos con las palabras clave ya especificadas nos dio una cantidad de 960 artículos, por lo que seleccionando artículos para el año académico (2018-2022) 5 años arrojó 451 artículos correspondientes a la fecha seleccionada. Paso el filtro de calidad y dejó 142 artículos.

**Scopus:** (Palabras claves), a). Fitorremediación (Phytoremediation), b). Mecanismos de acción (Mechanisms of action), c). Suelos mineros (Mining soils), d). Suelos contaminados (Contaminated soils), e). Meatles pesados (heavy meatles), f). Tipo de metales (Type of metals), g). Plantas Fitorremediadoras (Phytoremedial plants), h). Método de eliminación (Removal Method). La búsqueda en la base de datos con las palabras clave ya especificadas arrojó 835 artículos, luego, la selección de artículos para el año académico (2018 - 2022) 5 años arrojó 389 artículos que coincidían con la fecha seleccionada. Luego pasé el filtro de calidad, quedando 151 artículos.

Luego se seleccionaron artículos relevantes al tema de investigación, de los cuales 28 fueron de Scopus, 34 de Ebsco y 33 de ScienceDirect. Al final, fueron determinados por el único filtro específico relevante al tema,

quedando 13 artículos en Scopus, 15 artículos en Ebsco y 12 artículos en ScienceDirect. Al final del artículo quedan 40 artículos para el desarrollo del periódico.



Fuente: Elaboración propia, 2022

Figura 2: Diagrama de flujos de selección de artículos

### 3.7. Rigor científico

Tuvo un alto grado de rigor científico la cual se demostró la validez y autenticidad al momento que se realizó las evaluaciones de consistencia, confiabilidad de investigación, y se recopiló y analizó información en un orden razonable para compararla con otros autores. (Ash y Guappone., 2007, p.7) afirma: La consistencia es la medida en que diferentes investigadores recopilan datos similares, realizan el mismo análisis y producen resultados similares. Por tanto, estará relacionado con la estabilidad de los datos obtenidos.

### **3.8. Método de análisis**

Se realizó mediante un método de estadística descriptiva, que fue capaz de recopilar, almacenar y organizar tablas o gráficos, se utilizaron para automatizar las mediciones básicas de los conjuntos de datos recopilados mediante la Fitorremediación por la *Vetiveria zizanioides* para remover metales pesados que se encuentran presentes en suelos mineros que se encuentran por acción de muchas actividades.

### **3.9. Aspectos éticos**

Se realizó con citas de fuentes auténticas, como artículos, revistas donde se respetó las referencias de los autores, usando el modelo de ISO 690 de la Universidad Cesar Vallejo. De igual forma los resultados fueron respaldados por estándares científicos rigurosos que serán consistentes y, en última instancia, consistentes con los objetivos del contenido de la investigación, incluidas las categorías y subcategorías relacionadas con la investigación.

#### **IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

En cuanto al cuarto objetivo específico 1 se determinaron los tipos de metales pesados acumulados en los suelos mineros que fueron removidos por *Vetiveria Zizanioides*, En tal sentido se detalla en la siguiente tabla 2.

**Tabla 2:** Metales pesados acumulados en los suelos mineros

Metales pesados removidos por <i>Vetiveria zizanioides</i>		
Metales	Especie utilizada	Fuente
Cromo, Cadmio y Níquel	<i>Vetiveria zizanioides</i>	Nayak et al., 2018 Antoniadis et al., 2021
Níquel, Zinc y plomo	<i>Vetiveria zizanioides</i>	Nayak et al., 2018
Cromo VI, y Hierro	<i>Vetiveria zizanioides</i>	Anning et al., 2018
Cadmio, Plomo, mercurio, Níquel	<i>Vetiveria zizanioides</i>	Fang et al., 2021
Cadmio	<i>Vetiveria zizanioides</i>	Sricoth et al., 2018
Plomo, Mercurio, Níquel y cadmio	<i>Vetiveria zizanioides</i>	Neron, 2020
Cadmio, Plomo, Cobre y Zinc	<i>Vetiveria zizanioides</i>	Chuan et al., 2020
Boro, cromo, plomo y cadmio	<i>Vetiveria zizanioides</i>	Hejina et al., 2020 Cheng et al., 2018 Festo, 2021
Plomo, cromo y Cadmio	<i>Vetiveria zizanioides</i>	Abbas et al., 2021 Becerril et al., 2018
Cromo	<i>Vetiveria zizanioides</i>	Nugroho et al., 2021
Plomo, cadmio y mercurio	<i>Vetiveria zizanioides</i>	Vargas et al., 2018
Arsénico, cadmio, zinc y mercurio	<i>Vetiveria zizanioides</i>	Ali et al., 2021
Hierro, Zinc, Cobre, Manganeso	<i>Vetiveria zizanioides</i>	Borrvalho et al., 2020
Plomo, cobre, Níquel, cadmio y arsénico.	<i>Vetiveria zizanioides</i>	Opoku et al., 2020

De acuerdo a la tabla 2 se determinaron los metales pesados que fueron acumulados y removidos por la especie vegetal *Vetiveria Zizanioides* de los suelos mineros, entre ellos estuvieron el cromo, plomo, cadmio estudiado según Nayak et al., 2018, Antoniadis et al., 2021, Anning et al., 2018, Hejina et al., 2020, Cheng et al., 2018, Festo, 2021; además del Níquel, zinc, fierro y boro de acuerdo a los trabajos de investigación Opoku et al., 2020, Borralho et al., 2020, Ali et al., 2021 y Chuan et al., 2020; asimismo del mercurio mineral altamente peligroso removido por *Vetiveria Zizanioides* demostrado por las investigaciones de Fang et al., 2021, Vargas et al., 2018, Ali et al., 2021.

En cuanto al segundo objetivo específico 2 de los procesos de fitorremediación por *Vetiveria Zizanioides* en suelos mineros se especificó en la tabla 3 los principales procesos que la planta realizó al absorber los minerales del suelo.

**Tabla 3:** Procesos de fitorremediación por *Vetiveria zizanioides*.

<b>Tipo de procesos</b>	<b>Tipo de método</b>	<b>Fuente</b>
El proceso que utilizaron fue Fitodegradación	Eliminación	Nayak et al., 2018
El proceso usado por la planta fue la Rizofiltración	Contención	Kiamarsi et al., 2021
El método usado fue Fitorremediación	Eliminación	Anning et al., 2018
El método usado por la planta fue la fitoextracción	eliminación	Dudai et al., 2018
El método usado fue la Rizofiltración	Contención	Nerón Bertrand, 2020
El método usado fue Bioacumulación	Contención	Sricoth et al., 2018

De acuerdo a la tabla 3 según la investigación de Kiamarsi et al., (2021), determinaron el proceso de Rizofiltración por *Vetiveria zizanioides* removiendo el 12% de plomo y 45%de cadmio en los suelos contaminados por minería. Además, Anning et al., (2018), en el proceso de fitorremediación por *Vetiveria zizanioides*

removieron al Hg en 35%, As en 45%, Pb un 67%, Cu en 56% y Zn en 85% del total de los contaminantes encontrados en los suelos. Asimismo, Nerón (2020), en el proceso de Rizofiltración por la especie vegetal *Vetiveria zizanioides* removió el 51.1% del plomo y 39.7% de cadmio de los suelos contaminados por actividades mineras.

Seguidamente según Sricoth et al., (2018), mediante el proceso de Bioacumulación en hojas y raíces de la planta *Vetiveria zizanioides* removió al Zn en 56,9% y Cd el 76,4% resultados igualados con los trabajos de investigación de Dudai et al., 2018 y Nerón 2020, quienes lograron remover dichos minerales de los suelos contaminados por actividades mineras.

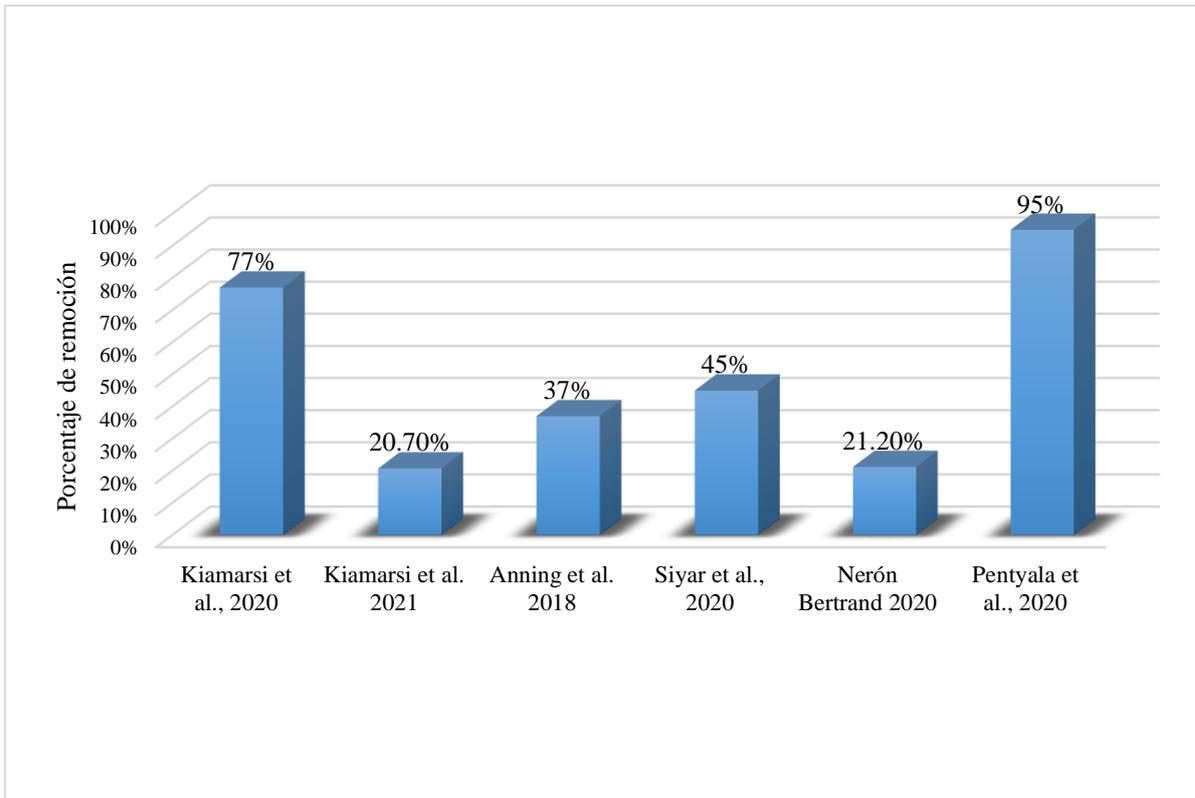
Posteriormente al objetivo específico 3 sobre la eficiencia de remoción de metales pesados por *Vetiveria Zizanioides* en suelos mineros. El cual se detallo en la tabla 4.

**Tabla 4:** Eficiencia de remoción de contaminantes por *Vetiveria zizanioides*

<b>Eficiencia de remoción de metales pesados</b>				
<b>Características de la planta</b>	<b>Tipo del contaminante</b>	<b>Temperatura</b>	<b>% eficiencia</b>	<b>Fuente</b>
Las hojas de plantas fueron angostas alargadas, la planta fue formadas por macollos y llegaron a una altura de 1.3m.	Los contaminantes presentes en el suelo fueron el cromo VI, Fe, Mn, Zn, Cd, Cu y Ni	En los tratamientos fue evaluado la temperatura a 37°C	Cr VI= 92% Fe= 67% Mn= 36% Zn= 31% Cd= 25% Cu= 43% Ni= 23%.	Nayak et al., 2018
La <i>Vetiveria zizanioides</i> tuvo una coloración verdosa y hojas alargadas.	Evaluaron los metales pesados como plomo, cromo VI y níquel.	La temperatura fue 38°C	Plomo= 77% Cromo VI= 84,6% Níquel= 87.4%.	Kiamarsi et al., 2020

Las características de la <i>Vetiveria zizanioides</i> tuvo una coloración verdosa, las hojas alargadas en un tamaño de 1m.	Los contaminantes presentes en el suelo fueron el cadmio y plomo	La temperatura promedio fue 30°C en los tratamientos	Cadmio= 70,0% Plomo= 20,7%	Kiamarsi et al., 2021
Las características de la <i>Vetiveria zizanioides</i> mostradas en la planta durante el tratamiento las hojas mostraron colores amarillos claros, el tamaño de la planta logró alcanzar los 1,3m.	Los metales pesados evaluados fueron el Hg, As, Pb, Cu y Zn	La temperatura fue de 26°C	Hg= 45% As= 64% Pb= 37% Cu= 56% Zn= 42%	Anning et al., 2018
La <i>Vetiveria zizanioides</i> durante el tratamiento mostró un potencial de deshidratación de hoja, sistema fotosintético, y perdida de coloración en las hojas.	El metal evaluado fue el cadmio (Cd).	La temperatura usada fue de 40°C	Cadmio= 96 %	Dudai et al., 2018
La <i>Vetiveria zizanioides</i> durante el tratamiento mostró un potencial de	Los metales acumulados en los suelos fueron Cromo	La temperatura fue 37°C	Cromo VI= 65% Plomo= 45% Cadmio= 24%.	Siyar et al., 2020

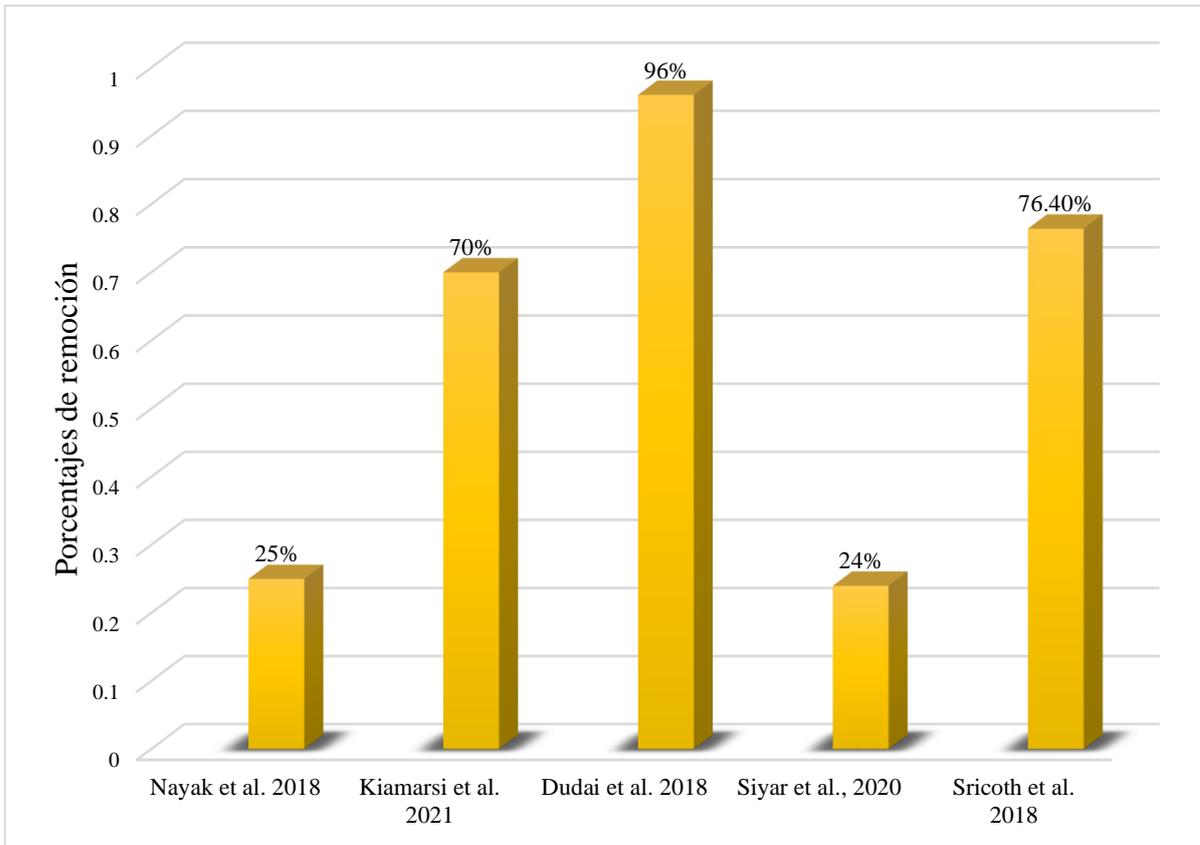
desabastecimiento de agua y las hojas color verdes claras.	VI, plomo y cadmio			
La especie <i>Vetiveria zizanioides</i> durante el tratamiento presento características físicas, cambio de coloración, las hojas tuvieron un promedio de tamaño de 60 cm.	Los contaminantes evaluados fueron el plomo y arsénico.	Se tuvo una temperatura promedio durante el tratamiento de 30°C	Plomo= 21.2% Arsénico= 16.2%	Nerón Bertrand, 2020
La especie <i>Vetiveria zizanioides</i> durante el tratamiento logró una altura de 1,3m, la coloración de las hojas fueron color verde claro.	Los metales pesados evaluados fueron cadmio y zinc	La temperatura donde se realizó el tratamiento tuvo un promedio de 29°C	Zn= 56,9% Cd= 76,4%	Sricoth et al., 2018
La <i>Vetiveria zizanioides</i> tuvo una altura de 1,3m y las raíces alcanzaron 45 cm	Los metales pesados encontrados fueron el arsénico y zinc y plomo	La temperatura fue 34°C	Arsénico= 82% Zinc= 35% Plomo 95%	Pentyala et al., 2020



*Figura 3: Porcentajes de remoción de Plomo por la Vetiveria zizanioides según autores*

En la figura 3 se muestra de acuerdo a los análisis bibliográficos los porcentajes de remoción por la capacidad degradadora de la especie vegetal *Vetiveria zizanioides* de acuerdo a cada resultado de los investigadores.

Según los análisis de eficiencia de remoción de los porcentajes de los metales pesados acumulados en los suelos de acuerdo a los diferentes autores para Kiamarsi et al., 2020 logró un 77%, Kiamarsi et al. 2021 un 20.70%, Anning et al. 2018 un 37%, Siyar et al., 2020 45%, Nerón Bertrand 2020 un 21.20% y Pentyala et al., 2020 un total de 95% de plomo acumulados en los diferentes suelos contaminados.



*Figura 4: Porcentajes de remoción de Cadmio por la Vetiveria zizanioides según autores*

En la figura 4 los porcentajes de remoción del metal pesado cadmio acumulados en los distintos suelos de acuerdo a los diferentes autores, en cuanto a Nayak et al., 2018 un 25%, Kiamarsi et al., 2021 logró un 70%, Dudai et al., 2018 un 96%, Siyar et al., 2020 24%, y scricoth et al., 2018 un total de 76.40% de cadmio depositados en los diferentes suelos contaminados evaluados por los investigadores.

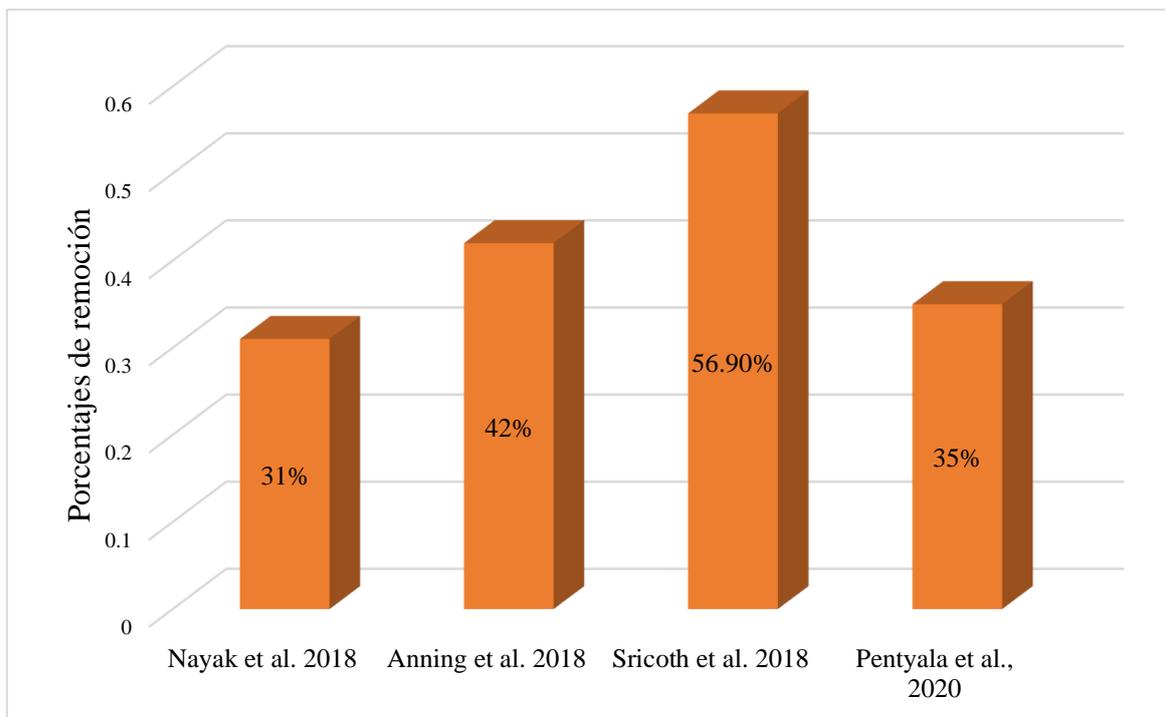


Figura 5: Porcentajes de remoción de Zinc por la *Vetiveria zizanioides* según autores

Mediante la figura 5 la eficiencia de remoción de los porcentajes del metal pesado zinc acumulado en los distintos suelos de acuerdo a los diferentes autores, en cuanto a Nayak et al., 2018 un 31%, Anning et al., 2018 logró un 42%, scricoth et al., 2018 un total de 56.90% y Pentyala et al., 2020 un 35% de zinc depositados en los diferentes suelos contaminados evaluados por los investigadores.

Según Angassa et al., (2018), evaluaron la eficiencia de remoción de los contaminantes  $\text{NH}_4$ ,  $\text{NO}_3$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$   $\text{SO}_4^{2-}$  por la adecuación de la especie vegetal *Vetiveria zizanioides* en condiciones ambientales de una temperatura que oscilaron durante el tratamiento en  $25^\circ\text{C}$  -  $35^\circ\text{C}$ . Logrando remover los contaminantes presentes en los suelos en cuanto al  $\text{PO}_4^{3-}$  un 86,7%,  $\text{NH}_4^+$  un 83%;  $\text{NO}_3^-$  un 81,3% y  $\text{SO}_4^{2-}$  un 90,5%. En el cual lograron disminuir el grado de afectación de los suelos, que fueron afectados por actividades industriales para fines agrícolas. Donde al igual con otra investigación según Festo (2021), evaluó la fitorremediación de suelos contaminados con hidrocarburos de petróleo con la especie *Vetiveria zizanioides*. Logrando conocer que la planta causó una disminución de los contaminantes en 51.1 y 39.7% en las concentraciones de TPH y TOG del suelo

durante un periodo de 16 semanas. Convirtiendo al suelo para usos agrícolas evitando el riesgo de afectar la salud de las personas con la producción de los cultivos.

Seguidamente según su investigación Nayak et al., (2018), determinaron la eficiencia de *Vetiveria zizanioides* en remoción de los contaminantes presentes en el suelo como el cromo VI, fierro, manganeso, zinc, cadmio, cobre y níquel. Para ello estimaron altos porcentajes de absorción por la planta sobre los metales pesados, removiendo en cuanto al cromo VI en un 92%, fierro 67%, para manganeso 36%, zinc 31%, cadmio 25%, cobre 43% y para Níquel 23%. Logrando recuperar el estado fisicoquímico del suelo para futuras actividades. Que al comparar con su investigación según Gravend et al., (2020), evaluaron la capacidad de la *Vetiveria zizanioides* en la fitorremediación de suelos contaminados con metales pesados como el plomo, cadmio, manganeso y níquel). Donde esta planta tuvo la capacidad de actuar frente a estos contaminantes en la cual disminuyó una mayor tasa de absorción relacionada con el plomo metálico con 282,45 mg/kg de suelo seco en 83,4% de porcentaje de absorción. Luego, la media y porcentaje de adsorción para cadmio, níquel y manganeso fueron 248,3 mg/kg (53,2%), 69,4 mg/kg (65,5%) y 63,29 mg/kg (61%), recuperando el estado fisicoquímico del suelo para posteriores actividades que se puedan desarrollar entre ellas la agricultura.

Por lo tanto, según Dudai et al., (2018), evaluaron la eficiencia de remoción del cadmio (Cd) mediante la aplicación de la *Vetiveria zizanioides*. Logrando estimar un poder de remoción de la especie vegetal *Vetiveria zizanioides* sobre el cadmio con un 96% del total del agente tóxico acumulado en el suelo. Al igual que en su investigación de Siyar et al., (2020), plantaron a la *Vetiveria zizanioides* en la evaluación de remoción de cromo VI, plomo y cadmio. En cual lograron conocer que se removió los porcentajes de metales pesados acumulados en el suelo como el cromo VI un 65%, plomo un 45% y para cadmio un 24%, disminuyendo la toxicidad del suelo por los metales pesados precipitados.

Asimismo, en cuanto al objetivo específico 4 el tiempo usado por *Vetiveria zizanioides* para fitorremediar suelos mineros se detalla en la tabla 5.

*Tabla 5: Tiempo usado por la Vetiveria zizanioides para remover contaminantes en suelos mineros*

<b>Tipo de procesos de Fitorremediación</b>			
<b>Tiempo usado</b>	<b>Tipo de contaminante</b>	<b>Eficiencia <i>Vetiveria zizanioides</i></b>	<b>Fuente</b>
3 meses	Metales pesados	Se obtuvo una eficiencia por la planta <i>Vetiveria zizanioides</i> un 82 % para Cr <sup>6+</sup> (100), 25% de Cu (30) 67% de Mn (50), 92% de Fe (100), 36% de Zn (50), 31% de Cd (30) y 43% de Ni de los metales acumulados en los suelos.	Nayak et al., 2018
4 meses	Plomo y cadmio	La eficiencia de la especie <i>Vetiveria zizanioides</i> en la disipación de los metales de los tratamientos aplicados disminuyó al 12,0% de plomo y un 45% para cadmio en los suelos contaminados.	Kiamarsi et al. 2021
3 meses	Hg, As, Pb, Cu y Zn	El efecto de la <i>Vetiveria zizanioides</i> sobre los metales fueron para Hg un 35%, As un 45%, Pb un 67%, Cu un 56% y Zn un 85% de remoción de los contaminantes acumulados en los suelos.	Anning et al., 2018
15 meses	Plomo	Lograron disminuir con la especie <i>Vetiveria zizanioides</i> un 96% de plomo acumulado en suelo.	Dudai et al., 2018
4 meses	Contaminantes por Hidrocarburos (Plomo, Cadmio).	Lograron fitorremediar con la <i>Vetiveria zizanioides</i> los suelos contaminados por hidrocarburos un 51.1% para plomo y 39.7% para cadmio en los suelos mineros.	Nerón Bertrand et al., 2020

2 meses	Cd, Pb, Cu y Zn	Con el uso de la planta <i>Vetiveria zizanioides</i> Acumuló la mayor cantidad de Zn ( $3322 \pm 21,6$ mg/kg), Cu ( $430 \pm 11,4$ mg/kg), Pb ( $197 \pm 13,5$ mg/kg) y Cd ( $100 \pm 0,7$ mg/kg).	Chuan et al., 2020
1 mes	Cr y Ni	Mediante la evaluación lograron determinar la eficiencia de remover contaminantes con la especie <i>Vetiveria zizanioides</i> , eliminando un 61,10% de Cr y 95,65 % de Ni del total de los metales asociados al suelo.	Nugroho et al., 2021

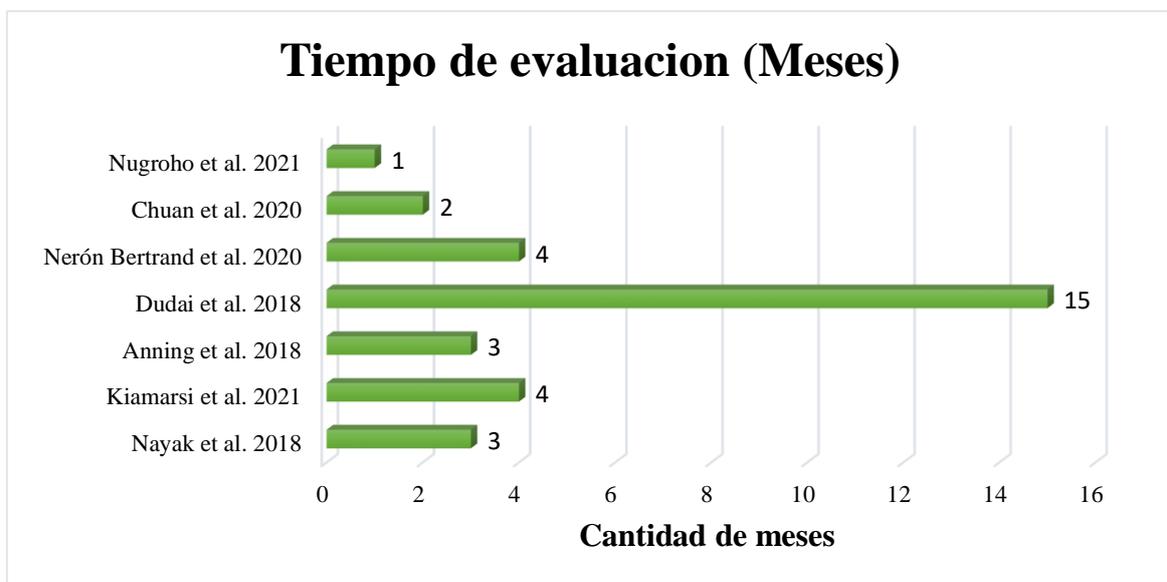


Figura 6: Tiempo usado en la remoción de metales pesados por *Vetiveria zizanioides*.

En la figura 6 se observa que mediante las evaluaciones correspondientes a los diferentes artículos de investigación Nayak et al., 2018 determinaron el tiempo requerido por la *Vetiveria zizanioides* en 3 meses, Kiamarsi et al., 2021 en 4 meses, Anning et al., 2018 en 3 meses, Dudai et al., 2018 en 15 meses, Nerón Bertrand et al., 2020 en 4 meses, Chuan et al., 2020 en 2 meses y Nugroho et al., 2021 en 1 mes para lograr la cantidad de metales pesados que estuvieron acumulados en los suelos.

## **V. CONCLUSIONES**

Mediante los análisis bibliográficos se conoció la eficiencia de *Vetiveria zizanioides* para Fitorremediar suelos mineros con metales pesados, donde se obtuvo un rango de degradación en porcentajes altos de cadmio, plomo, zinc, níquel, mercurio, cromo VI, cobre, arsénico en 23% a 92%.

Los metales pesados removidos por *Vetiveria Zizanioides* en suelos mineros fueron el cadmio, plomo, zinc, níquel, mercurio, cromo VI, cobre, arsénico, que fueron usados en los procesos de producción en las industrias mineras poniendo en riesgo a los parámetros fisicoquímicos del suelo.

Los procesos evaluados de la fitorremediación por la especie vegetal *Vetiveria Zizanioides* en suelos contaminados por actividades mineras fueron determinados la rizofiltración, fitoestabilización, fitoinmovilización, fitodegradación, fitoextracción y Fitovolatilización los más usados por las plantas.

Mediante los análisis correspondientes de la eficiencia de remoción de los metales pesados por *Vetiveria Zizanioides* en los suelos contaminados se removi6 los contaminantes en cuanto a cromo VI un 92%, Zinc un 31%, cadmio un 25%, cobre 43%, níquel 23%, arsénico 82% y manganeso 36% de los suelos contaminados por actividades mineras.

El tiempo 6ptimo usado por *Vetiveria zizanioides* durante la fitorremediación de los suelos mineros de acuerdo a las evaluaciones fueron de 3 meses quien tuvo porcentajes m6s altos de remoci6n de los suelos contaminados.

## **VI. RECOMENDACIONES**

Profundizar trabajos de investigación mediante los procesos de fitorremediación con *Vetiveria Zizanioides* en remover mejores niveles de los contaminantes acumulados en otros tipos de suelos.

Desarrollar más investigaciones mediante el uso de *Vetiveria zizanioides* para tener mejores niveles de remoción de los metales pesados acumulados en los suelos por actividades industriales.

Seguir desarrollando procesos de fitorremediación sobre los metales pesados en la recuperación de los suelos contaminados por actividades mineras.

## REFERENCIAS

- ABBAS, Naeem et al., Phytoremediation potential of *Typha latifolia* and water hyacinth for removal of heavy metals from industrial wastewater [En Línea] *Chemistry International* 7(2) (2021) 103-111 [Fecha de consulta: 13 de marzo de 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.5281/zenodo.4559406>
- ALI, Aqib et al. Ornamental plants for the phytoremediation of heavy metals: Present knowledge and future perspectives [En Línea] *Environmental Research* Volume 195, April 2021, 110780, [Fecha de consulta: 10 de marzo de 2022] Disponible: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.110780>
- ANGASSA, Kenatu et al. Organic Matter and Nutrient Removal Performance of Horizontal Subsurface Flow Constructed Wetlands Planted with *Phragmites karka* and *Vetiveria zizanioides* for Treating Municipal Wastewater [En línea] *Environmental Processes – volume 5* [Fecha de consulta: 04 de mayo del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s40710-017-0276-1>
- ANNING, Alexander et al. Assisted phytoremediation of heavy metal contaminated soil from a mined site with *Typha latifolia* and *Chrysopogon zizanioides* [En línea] *Ecotoxicology and Environmental Safety-* volume 148 [Fecha de consulta: 04 de mayo del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2017.10.014>
- ANTONIADIS Vasileios et al. Phytoremediation potential of twelve wild plant species for toxic elements in a contaminated soil [En Línea] *Environment International* Volume 146, January 2021, 106233, [Fecha de consulta: 10 de marzo de 2022] Disponible: <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.106233>
- ARTHUR, Ellen et al. Phytoremediation—An Overview [En Línea] *Critical Reviews in Plant Sciences* Volume 24, 2019 - Issue 2, [Fecha de consulta: 10 de marzo de 2022] Disponible: <https://doi.org/10.1080/07352680590952496>
- AWAN, Bushra et al. Phytoremediation of zinc contaminated water by marigold (*Tagetes Minuta* L) [En Línea] *Central Asian Journal of Environmental Science and Technology Innovation* 3 (2020) 150-158 [Fecha de consulta: 28 de marzo de 2022] Disponible: DOI 10.22034/CAJESTI.2020.03.04
- BAÑUELOS, G & TERRY N. Phytoremediation of Contaminated Soil and Water [En Línea] Published June 19, 2019 by CRC Press, [Fecha de consulta: 10 de

- marzo de 2022] Disponible: [www.routledge.com/Phytoremediation-of-Contaminated-Soil-and-Water/Terry-Banuelos/p/book/9780367399436](http://www.routledge.com/Phytoremediation-of-Contaminated-Soil-and-Water/Terry-Banuelos/p/book/9780367399436)
- BECERRIL, J.M et al. Especies nativas de suelos contaminados por metales: aspectos ecofisiológicos y su uso en fitorremediación [En Línea] Asociación Española de Ecología Terrestre, 2018 [Fecha de consulta: 15 de Marzo del 2022] Disponible: <http://www.revistaecosistemas.net/articulo.asp?id=481>
- BORRALHO, Teresa et al. Study on the Application of Floating Beds of Macrophytes (*Vetiveria zizanioides* and *Phragmites australis*), in Pilot Scale, for the Removal of Heavy Metals from Água Forte Stream (Alentejo-Portugal) [En línea] Journal of Ecological Engineering [Fecha de consulta: 04 de mayo del 2022] Disponible en: 10.12911/22998993/118285
- CAO, Xuerui et al. Phytoremediation of Cd-contaminated farmland soil via various *Sedum alfredii*-oilseed rape cropping systems: Efficiency comparison and cost-benefit analysis [En Línea] Journal of Hazardous Materials Volume 419, 5 October 2021, 126489, Fecha de consulta: 13 de marzo de 2022] Disponible: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.126489>
- CASTILLO, Will. Eficiencia de *Lemna* sp y *Eichhornia crassipes*, en la remoción de nutrientes del efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales en Celendín [En Línea] Universidad Nacional de Cajamarca, 2018 [Fecha de consulta: 16 de marzo de 2022] Disponible: <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/1735>
- CHENG, Shuiping et al. Metales pesados en plantas y fitorremediación [En Línea] Investigación en Ciencias Ambientales y Contaminación volumen 10, paginas 335–340 (2018) [Fecha de consulta: 14 de marzo de 2022] Disponible: <https://link.springer.com/article/10.1065/espr2002.11.141.3>.
- CHINCHAY Y CHAMORRO. Fitorremediación de suelos contaminados por metales (Plomo y Cadmio) mediante planta nativa Maiz “*Zea mays*. L” en la minería [En Línea] Universidad Peruana Unión, 2020 [Fecha de consulta: 15 de Marzo del 2022] Disponible: <http://hdl.handle.net/20.500.12840/3195>
- CHUAN, Chuck et al. Evaluation of Vetiver Grass Uptake Efficiency in Single and Mixed Heavy Metal Contaminated Soil [En línea] Environmental Processes – volume 7 [Fecha de consulta: 04 de mayo 2022] Disponible: <https://doi.org/10.1007/s40710-019-00418-2>

- CUI, Xiaoying et al. Phytoremediation of cadmium contaminated soils by *Amaranthus Hypochondriacus* L.: The effects of soil properties highlighting cation exchange capacity [En Línea] *Chemosphere* Volume 283, November 2021, 131067, Fecha de consulta: 15 de marzo de 2022] Disponible: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.131067>
- DUDAI et al. 2018. Agronomic and economic evaluation of Vetiver grass (*Vetiveria zizanioides* L.) as means for phytoremediation of diesel polluted soils in Israel [En línea] *Journal of Environmental Management* [Fecha de consulta : 04 de mayo del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.01.013>
- FANG, Quing et al. Effects of *Herbaspirillum* sp. p5-19 assisted with alien soil improvement on the phytoremediation of copper tailings by *Vetiveria zizanioides* L. [En Línea] *Environmental Science and Pollution Research* volume 28, pages64757–64768 (2021) [Fecha de consulta: 15 de Marzo del 2022] Disponible: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-021-15091-y>
- FESTO, Bertrand. Fitorremediación de suelos contaminados con hidrocarburos de petróleo con dos especies de plantas: *Jatropha curcas* y *Vetiveria zizanioides* en Ghana Manganese Company Ltd [En Línea] *Revista Internacional de Fitorremediación*, Volumen 23, Número 2 (2021) [Fecha de consulta: 15 de Marzo del 2022] Disponible: <https://doi.org/10.1080/15226514.2020.1803204>
- FONSECA, Kalina. Phytoremediation of arsenic-contaminated waters by artificial floating island: Literature review [En Línea] *Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC)*, 2021 [Fecha de consulta: 10 de marzo de 2022] Disponible: DOI:10.47280/RevFacAgron(LUZ).v38.n1.10
- GRAVEND, Fourud et al. Investigation of Vetiver Grass Capability in Phytoremediation of Contaminated Soils with Heavy Metals (Pb, Cd, Mn, and Ni) [En Línea] *Soil and Sediment Contamination: An International Journal* Volume 30, 2021 - Issue 2 [Fecha de consulta: 15 de Marzo del 2022] Disponible: <https://doi.org/10.1080/15320383.2020.1819959>
- HEJNA, Monika et al., Bioaccumulation of heavy metals from wastewater through a *Typha latifolia* and *Thelypteris palustris* phytoremediation system [En Línea] *Chemosphere* Volume 241, February 2020, 125018 [Fecha de consulta: 13 de

- marzo de 2022] Disponible en:  
<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.125018>
- HESAMI, Reza et al. Lead, zinc, and cadmium uptake, accumulation, and phytoremediation by plants growing around Tang-e Douzan lead–zinc mine, Iran [En Línea] *Environmental Science and Pollution Research* volume 25, pages 8701–8714 (2018) [Fecha de consulta: 15 de Marzo del 2022] Disponible: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-017-1156-y>
- KIAMARSI, Z et al. Conjunction of *Vetiveria zizanioides* L. and oil-degrading bacteria as a promising technique for remediation of crude oil-contaminated soils [En línea] *Journal of Cleaner Production* Volume 253, 20 April 2020, 119719 [Fecha de consulta: 03 de mayo del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119719>
- KIAMARSI, Zahra et al. Evaluating the bio-removal of crude oil by vetiver grass (*Vetiveria zizanioides* L.) in interaction with bacterial consortium exposed to contaminated artificial soils [En línea] *International Journal of Phytoremediation – volume 24* [Fecha de consulta: 03 de mayo del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1080/15226514.2021.1954876>
- LAKRA, Kalpana et al. Application of phytoremediation technology in decontamination of a fish culture pond fed with coal mine effluent using three aquatic macrophytes [En Línea] *International Journal of Phytoremediation* Volume 21, 2019 - Issue 9 [Fecha de consulta: 28 de marzo de 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1080/15226514.2019.1568384>
- LIN, Hai et al. *Trifolium repens* L. regulated phytoremediation of heavy metal contaminated soil by promoting soil enzyme activities and beneficial rhizosphere associated microorganisms [En Línea] *Journal of Hazardous Materials* Volume 402, 15 January 2021, 123829 [Fecha de consulta: 14 de marzo de 2022] Disponible: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.123829>
- LIU, Huakang. Effect of *Serratia* sp. K3 combined with organic materials on cadmium migration in soil-*Vetiveria zizanioides* L. system and bacterial community in contaminated soil [En Línea] *Chemosphere* Volume 242, March 2020, 125164 [Fecha de consulta: 15 de Marzo del 2022] Disponible: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.125164>

- LU, Nan et al. Phytoremediation Potential of Four Native Plants in Soils Contaminated with Lead in a Mining Area [En Línea] Land 2021, 10(11), 1129, [Fecha de consulta: 17 de marzo de 2022] Disponible: <https://doi.org/10.3390/land10111129>
- NAYAK, A. et al. Enhancement of toxic Cr (VI), Fe, and other heavy metals phytoremediation by the synergistic combination of native *Bacillus cereus* strain and *Vetiveria zizanioides* L [En Línea] International Journal of Phytoremediation Volume 20, 2018 - Issue 7 [Fecha de consulta: 15 de Marzo del 2022] Disponible: <https://doi.org/10.1080/15226514.2017.1413332>
- NERÓN, Bertrand. Phytoremediation of petroleum hydrocarbon-contaminated soils with two plant species: *Jatropha curcas* and *Vetiveria zizanioides* at Ghana Manganese Company Ltd [En línea] International Journal of Phytoremediation – volume 23 [Fecha de consulta: 04 de mayo del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1080/15226514.2020.1803204>
- OPOKU, Felipe et al. Removal of selected heavy metals and metalloids from an artisanal gold mining site in Ghana using indigenous plant species [En línea] Cogent Environmental Science – volume 6 [Fecha de consulta: 04 de mayo del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1080/23311843.2020.1840863>
- SHARMA, Pooja et al. Bioremediation of heavy metals from industrial effluents by endophytes and their metabolic activity: Recent advances [En Línea] Bioresource Technology Volume 339, November 2021, 125589 [Fecha de consulta: 14 de marzo de 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2021.125589>
- SIYAR, Raheleh et al. Potential of Vetiver grass for the phytoremediation of a real multi-contaminated soil, assisted by electrokinetic [En Línea] Chemosphere Volume 246, May 2020, 125802 [Fecha de consulta: 15 de Marzo del 2022] Disponible: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.125802>
- SOTO, Katerine. Eficiencia de la *CAIOPHORA CIRSIIFOLIA* C. PRESL en la fitorremediación y la acumulación de plomo en suelos contaminados por actividad minera [En Línea] Universidad Peruana Unión, 2019. [Fecha de consulta: 15 de Marzo del 2022] Disponible: <http://hdl.handle.net/20.500.12840/2460>

- SRIYANTHI, Sumudu et al. Comparative phytoremediation potentials of *Impatiens balsamina* L. and *Crotalaria retusa* L. for soil contaminated with used lubricating oil [En Línea] *Environmental Advances* Volume 5, October 2021, 100095, 9516 [Fecha de consulta: 17 de marzo de 2022] Disponible: <https://doi.org/10.1016/j.envadv.2021.100095>
- THANI, R. Phytoremediation of polluted soils and waters by native Qatari plants: Future perspectives [En Línea] *Environmental Pollution* Volume 259, April 2020, 113694 [Fecha de consulta: 14 de enero de 2022] Disponible: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.113694>
- VARGAS C. et al. Comportamiento de la vetiveria (*Chrysopogon zizanioides* L. Roberty) como extractora de metales pesados en suelos contaminados [En Línea] Universidad Politécnica de Madrid, 2018 [Fecha de consulta: 15 de Marzo del 2022] Disponible: [https://www.researchgate.net/profile/Javier-PerezEsteban/publication/259444112\\_Comportamiento\\_de\\_la\\_vetiveria\\_Chrysopogon\\_zizanioides\\_L\\_Roberty\\_como\\_extractora\\_de\\_metales\\_pesados\\_en\\_suelos\\_contaminados/links/02e7e52b9d2f19c4fa000000/Comportamiento-de-la-vetiveria-Chrysopogon-zizanioides-L-Roberty-como-extractora-de-metales-pesados-en-suelos-contaminados.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Javier-PerezEsteban/publication/259444112_Comportamiento_de_la_vetiveria_Chrysopogon_zizanioides_L_Roberty_como_extractora_de_metales_pesados_en_suelos_contaminados/links/02e7e52b9d2f19c4fa000000/Comportamiento-de-la-vetiveria-Chrysopogon-zizanioides-L-Roberty-como-extractora-de-metales-pesados-en-suelos-contaminados.pdf)
- VARGAS, Carmen Y PEREZ, Javier. Phytoremediation of Cu and Zn by vetiver grass in mine soils amended with humic acids [En Línea] *Environmental Science and Pollution Research* volume 23, pages13521–13530 (2018) [Fecha de consulta: 15 de Marzo del 2022] Disponible: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-016-6430-x>
- XIA, Z. et al. Remediation of cadmium, lead and zinc in contaminated soil with CETSA and MA/AA [En Línea] *Journal of Hazardous Materials* Volume 366, 15 March 2019 [Fecha de consulta: 15 de Marzo del 2022] Disponible: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2018.11.109>
- ZENG, S. et al. Spatial assessment of farmland soil pollution and its potential human health risks in China [En Línea] *Science of the Total Environment*, 687, 642–653, 2019 [Fecha de consulta: 15 de Marzo del 2022] Disponible: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.05.291>

## **ANEXOS**

### Anexo 1: Matriz de consistencia

Problema general	Problemas específicos	Objetivo	Objetivos específicos	Categorías	Subcategorías	Criterios
¿Cuál será la eficiencia de <i>Vetiveria zizanioides</i> para la Fitorremediación en suelos mineros?	¿Cuál serán los tipos de metales pesados removidos por <i>Vetiveria Zizanioides</i> en suelos mineros?	Evaluar la eficiencia de <i>Vetiveria zizanioides</i> para la Fitorremediación en suelos mineros	Determinar los tipos de metales pesados removidos por <i>Vetiveria Zizanioides</i> en suelos mineros	Tipo de metales pesados	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Metales Metaloides</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Plomo, Cadmio, Mercurio y Cromo</li> <li>• Boro, Silicio, Antimonio, Telurio y Arsénico.</li> </ul>
	¿Cuál será los procesos de Fitorremediación de <i>Vetiveria Zizanioides</i> en suelos mineros?		Determinar los procesos de Fitorremediación de <i>Vetiveria Zizanioides</i> en suelos mineros	Procesos de Fitorremediación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Método de contención</li> <li>• Método de eliminación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rizofiltración, Fitoestabilización, Fitoimmobilización</li> <li>• Fitodegradación, Fitoextracción, Fitovolatilización</li> </ul>
	¿Cuál será la eficiencia de remoción de metales pesados por <i>Vetiveria Zizanioides</i> en suelos mineros?		Determinar la eficiencia de remoción de metales pesados por <i>Vetiveria Zizanioides</i> en suelos mineros	Eficiencia de remoción	<ul style="list-style-type: none"> <li>• % de remoción</li> <li>• Características de la planta del acumulamiento de metales.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tiempo usado, Características de la planta, Tipo de contaminante (Metales y metaloides).</li> <li>• Raíz, Tallo y Hojas</li> </ul>
	¿Cuál será el tiempo usado por <i>Vetiveria zizanioides</i> para fitorremediar suelos mineros?		Determinar el tiempo usado por <i>Vetiveria zizanioides</i> para fitorremediar suelos mineros	Tiempo de eficiencia	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tiempo de disminución de metales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 día – 25 días</li> <li>• 1 día – 40 días</li> <li>• 1 día – 65 días</li> <li>• 1 día – 90 días</li> </ul>

## Anexo 2: Validación de instrumentos



### INFORME DE OPINIÓN SOBRE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

#### I. DATOS GENERALES

Apellidos y nombres del experto: \_\_\_\_\_ ORDOÑEZ GALVEZ, JUAN JULIO \_\_\_\_\_  
 Institución donde labora : \_\_\_\_\_ DOCENTE DE LA UCV \_\_\_\_\_  
 Especialidad : \_\_\_\_\_ HIDROLOGO AMBIENTAL \_\_\_\_\_  
 Instrumento de evaluación : \_\_\_\_\_  
 Autor (s) del instrumento (s): \_\_\_\_\_

#### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

MUY DEFICIENTE (1) DEFICIENTE (2) ACEPTABLE (3) BUENA (4) EXCELENTE (5)

CRITERIOS	INDICADORES	1	2	3	4	5
CLARIDAD	Los ítems están redactados con lenguaje apropiado y libre de ambigüedades acorde con los sujetos muestrales.					X
OBJETIVIDAD	Las instrucciones y los ítems del instrumento permiten recoger la información objetiva sobre la variable: Evaluación y monitoreo de impacto ambiental en todas sus dimensiones en indicadores conceptuales y operacionales.				X	
ACTUALIDAD	El instrumento demuestra vigencia acorde con el conocimiento científico, tecnológico, innovación y legal inherente a la variable: Evaluación y monitoreo de impacto ambiental				X	
ORGANIZACIÓN	Los ítems del instrumento reflejan organicidad lógica entre la definición operacional y conceptual respecto a la variable: Evaluación y monitoreo de impacto ambiental de manera que permiten hacer inferencias en función a las hipótesis, problema y objetivos de la investigación.				X	
SUFICIENCIA	Los ítems del instrumento son suficientes en cantidad y calidad acorde con la variable, dimensiones e indicadores.				X	
INTENCIONALIDAD	Los ítems del instrumento son coherentes con el tipo de investigación y responden a los objetivos, hipótesis y variable de estudio.				X	
CONSISTENCIA	La información que se recoja a través de los ítems del instrumento, permitirá analizar, describir y explicar la realidad, motivo de la investigación.				X	
COHERENCIA	Los ítems del instrumento expresan relación con los indicadores de cada dimensión de la variable: Evaluación y monitoreo de impacto ambiental				X	
METODOLOGÍA	La relación entre la técnica y el instrumento propuestos responden al propósito de la investigación, desarrollo tecnológico e innovación.				X	
PERTINENCIA	La redacción de los ítems concuerda con la escala valorativa del instrumento.				X	
<b>PUNTAJE TOTAL</b>						

(Nota: Tener en cuenta que el instrumento es válido cuando se tiene un puntaje mínimo de 41 "Excelente"; sin embargo, un puntaje menor al anterior se considera al instrumento no válido ni aplicable)

#### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

Acceptable

PROMEDIO DE VALORACIÓN:

41

Alcance

Lima, 25 de setiembre 2022

Juan Julio Ordoñez Galvez

DNI 06447308

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS – CATEGORÍA 3: EFICIENCIA DE REMOCIÓN							
Autores	Año	País	Tiempo de disminución de metales	% de remediación	Nivel de eficiencia	Conclusiones	Observaciones

<p>Montenegro</p>  <p>José Julio Pacheco Galvez DNI: 0647308</p>		
---	--	--

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS – CATEGORÍA 3: TIEMPO DE EFICIENCIA							
Autores	Año	País	Metales	Metaloides	% de remediación	Conclusiones	Observaciones

<p>Montenegro</p>  <p>José Julio Pacheco Galvez DNI: 0647308</p>		
---	--	--

Anexo 3: Ficha de recolección de datos

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS – CATEGORÍA 1: TIPOS DE METALES PESADOS								
Autores	Año	País	Características de la planta	Tipo de Metal	Tiempo empleado	% remoción	Conclusiones	Observaciones

<p>Atentamente,</p>  <p>Jesús Julio Pacheco Galvez DNI: 08447308</p>		
---	--	--

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS – CATEGORÍA 2: PROCESOS DE FITORREMEDIACIÓN								
Autores	Año	País	Método de Contención	Método de Eliminación	Tipos de Fitorremediación	Temperatura	% remediación	Conclusiones

<p>Atentamente,</p>  <p>Jesús Julio Pacheco Galvez DNI: 08447308</p>		
---	--	--

**INFORME DE OPINIÓN SOBRE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA**

**I. DATOS GENERALES**

Apellidos y nombres del experto: José Máximo Díaz Pinto.  
 Institución donde labora : Gerente Titular de FUCOMA IES.  
 Especialidad : Estudio de Impacto Ambiental.  
 Instrumento de evaluación : Ficha de Recolección de datos.  
 Autor (s) del instrumento (s) : Ridley Avendaño Cruzado.

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

**MUY DEFICIENTE (1) DEFICIENTE (2) ACEPTABLE (3) BUENA (4) EXCELENTE (5)**

CRITERIOS	INDICADORES	1	2	3	4	5
CLARIDAD	Los ítems están redactados con lenguaje apropiado y libre de ambigüedades acorde con los sujetos muestrales.					X
OBJETIVIDAD	Las instrucciones y los ítems del instrumento permiten recoger la información objetiva sobre la variable: Evaluación y monitoreo de impacto ambiental en todas sus dimensiones en indicadores conceptuales y operacionales.					X
ACTUALIDAD	El instrumento demuestra vigencia acorde con el conocimiento científico, tecnológico, innovación y legal inherente a la variable: Evaluación y monitoreo de impacto ambiental					X
ORGANIZACIÓN	Los ítems del instrumento reflejan organicidad lógica entre la definición operacional y conceptual respecto a la variable: Evaluación y monitoreo de impacto ambiental de manera que permiten hacer inferencias en función a las hipótesis, problema y objetivos de la investigación.					X
SUFICIENCIA	Los ítems del instrumento son suficientes en cantidad y calidad acorde con la variable, dimensiones e indicadores.					X
INTENCIONALIDAD	Los ítems del instrumento son coherentes con el tipo de investigación y responden a los objetivos, hipótesis y variable de estudio.					X
CONSISTENCIA	La información que se recoja a través de los ítems del instrumento, permitirá analizar, describir y explicar la realidad, motivo de la investigación.					X
COHERENCIA	Los ítems del instrumento expresan relación con los indicadores de cada dimensión de la variable: Evaluación y monitoreo de impacto ambiental				X	
METODOLOGÍA	La relación entre la técnica y el instrumento propuestos responden al propósito de la investigación, desarrollo tecnológico e innovación.					X
PERTINENCIA	La redacción de los ítems concuerda con la escala valorativa del instrumento.				X	
<b>PUNTAJE TOTAL</b>						

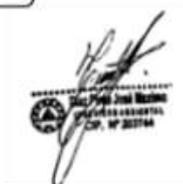
(Nota: Tener en cuenta que el instrumento es válido cuando se tiene un puntaje mínimo de 41 "Excelente"; sin embargo, un puntaje menor al anterior se considera al instrumento no válido ni aplicable)

**III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD**

*Instrumento Apto para ser aplicado.*

PROMEDIO DE VALORACIÓN: 48

Lima, 22 de setiembre de 2022



FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS – CATEGORÍA 3: EFICIENCIA DE REMOCIÓN							
Autores	Año	País	Tiempo de disminución de metales	% de remediación	Nivel de eficiencia	Conclusiones	Observaciones

		
---	--	--

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS – CATEGORÍA 3: TIEMPO DE EFICIENCIA							
Autores	Año	País	Metales	Metaloides	% de remediación	Conclusiones	Observaciones

		
---	--	--

Anexo 3: Ficha de recolección de datos

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS – CATEGORÍA 1: TIPOS DE METALES PESADOS								
Autores	Año	País	Características de la planta	Tipo de Metal	Tiempo empleado	% remoción	Conclusiones	Observaciones

		
---	--	--

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS – CATEGORÍA 2: PROCESOS DE FITORREMEDIACIÓN								
Autores	Año	País	Método de Contención	Método de Eliminación	Tipos de Fitorremediación	Temperatura	% remediación	Conclusiones

		
---	--	--



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

### **Declaratoria de Autenticidad del Asesor**

Yo, QUIJANO PACHECO WILBER SAMUEL, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA ESTE, asesor de Tesis titulada: "Eficiencia de Vetiveria zizanioides para la Fitorremediación en Suelos Mineros, Revisión Sistemática 2022", cuyo autor es AVENDAÑO CRUZADO RIDLEY, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 17.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

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

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

LIMA, 04 de Setiembre del 2022

<b>Apellidos y Nombres del Asesor:</b>	<b>Firma</b>
QUIJANO PACHECO WILBER SAMUEL <b>DNI:</b> 06082600 <b>ORCID:</b> 0000-0001-7889 -7928	Firmado electrónicamente por: WLSAMUELQUP el 07-09-2022 15:28:20

Código documento Trilce: TRI - 0426504