



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**Revisión Sistemática: Tecnologías Biológicas para el
Tratamiento de Aguas Contaminadas por Cadmio (II) y
Plomo (II)**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AMBIENTAL

AUTORAS:

Barrera Juárez, Vanitza Idalia (ORCID: 0000-0002-2044-8174)

Cornejo Cruz, Zulema Olenka (ORCID: 0000-0002-9745-4476)

ASESOR:

Dr. Túllume Chavesta, Milton César (ORCID: 0000-0002-0432-2459)

LINEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

LIMA – PERÚ

2021

Dedicatoria

Dedicamos el presente trabajo a nuestros familiares, que han sido nuestras motivaciones para poder cumplir nuestras metas, siendo nuestros pilares fundamentales para poder culminar exitosamente nuestra carrera profesional y la realización de esta tesis de investigación.

Agradecimiento

Le agradecemos a Dios, por protegernos y guiarnos en nuestro camino, a nuestros familiares por el apoyo constante. De igual manera, al Dr. Milton Túllume por su asesoramiento y recomendaciones durante el periodo del desarrollo de la tesis.

Índice de contenidos

Carátula.....	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice de contenidos.....	iv
Índice de tablas.....	v
Resumen.....	vi
Abstract.....	vii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	4
III. METODOLOGÍA.....	12
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	12
3.2. Categorías, subcategorías y matriz de caracterización aprionistica.....	12
3.3. Escenario de estudio.....	14
3.4. Participantes.....	14
3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	14
3.6. Procedimiento.....	15
3.7. Rigor científico.....	16
3.8. Método de análisis de datos.....	17
3.9. Aspectos éticos.....	18
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	19
V. CONCLUSIONES.....	43
VI. RECOMENDACIONES.....	45
REFERENCIAS.....	46
ANEXOS	

Índice de tablas

Tabla 1. <i>Matriz de categorización apriorística</i>	13
Tabla 2. <i>Participantes de información</i>	14
Tabla 3. <i>Criterios de rigor en la investigación cualitativa</i>	17
Tabla 4. <i>Especie, familia, tipo y parte de la planta, que inciden en el tratamiento de aguas contaminadas por Cadmio y Plomo.</i>	19
Tabla 5. <i>Microorganismos que inciden en el tratamiento de Cd y Pb</i>	21
Tabla 6. <i>Tecnologías biológicas empleadas en el tratamiento de aguas contaminadas por Cadmio (II) y Plomo (II)</i>	22

Resumen

La presente investigación tiene como objetivo determinar las tecnologías biológicas que inciden en el tratamiento de aguas contaminadas por Cadmio (II) y Plomo (II). Para ello, se determinó la capacidad de erradicación de las especies vegetales y microorganismos y se identificó los parámetros fisicoquímicos que inciden en el tratamiento de aguas contaminadas por Cadmio (II) y Plomo (II). Este proyecto se realizó con la finalidad de recopilar las informaciones de las tecnologías biológicas que se vienen aplicando para la eliminación de estos metales. Para lo cual, se seleccionó artículos de diferentes autores que utilizaron alguna tecnología biológica para la eliminación de Cadmio (II) y Plomo (II). En esta revisión sistemática analizo 40 artículos científicos, de los cuales el 58% son provenientes de la base de datos de Scopus. Dentro de ello, se tomó de referencia 26 especies vegetales con una capacidad de erradicación de metales pesados como el Cadmio y Plomo en un rango de 52% a 99% y 11 microorganismos del reino fungí y monera alcanzando un rango de remoción entre 14.4% hasta 95.66%.

Palabras Claves: Cadmio, Plomo, especies vegetales, microorganismos, tratamiento.

Abstract

The present research aims to determine the biological technologies that affect the treatment of waters contaminated by Cadmium (II) and Lead (II). For this, the eradication capacity of plant species and microorganisms was determined and the physicochemical parameters that affect the treatment of waters contaminated by Cadmium (II) and Lead (II) were identified. This project was carried out in order to compile information on the biological technologies that have been applied to eliminate these metals. For which, articles by different authors who used some biological technology for the elimination of Cadmium (II) and Lead (II) were selected. In this systematic review, I analyze 40 scientific articles, of which 58% come from the Scopus database. Within this, 26 plant species with a capacity to eradicate heavy metals such as Cadmium and Lead in a range of 52% to 99% and 11 microorganisms from the kingdom fungi and monera were taken as a reference, reaching a removal range between 14.4 % up to 95.66%.

Key Words: Cadmium, Lead, plant species, microorganisms, treatment.

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la contaminación ambiental se ubica como uno de los mayores problemas a los que se enfrenta la sociedad en el siglo XXI. El deterioro de la calidad del agua, aire y de los suelos ha aumentado de manera exponencial; particularmente, la contaminación del agua por metales pesados provocados antropogénicamente y por vía natural, ha afectado gravemente la salud pública y los ecosistemas involucrados (Reyes *et al.*, 2016, p. 66-67).

En contraste, la calidad del agua es un valor ecológico primordial de la salud y del incremento económico (Villena, 2018, p.304). La contaminación del agua por metales pesados es un problema crítico en países desarrollados y en vías de desarrollo, teniendo un impacto negativo en los seres humanos, plantas y animales. Como todos sabemos, la contaminación por metales pesados de los ecosistemas acuáticos es una de las dificultades más críticas de controlar debido a su toxicidad, abundancia, persistencia y bioacumulación de metales en los tejidos de las especies acuáticas (Peña *et al.*, 2017, p. 585-586). El mismo autor indica que los metales pesados son aquellos elementos que no poseen funciones biológicas conocidas, y su presencia en ciertas cantidades afecta los signos vitales del organismo de los seres vivos.

Los principales factores que afectan al ecosistema debido a la contaminación por metales pesados se encuentra las actividades realizadas por los seres humanos, donde destacan la minería, la fundición y otras actividades industriales y urbanas. Este hecho ha causado problemas tanto para la vida vegetal como para los seres humanos, donde algunos de los efectos pueden ser problemas respiratorios, debilitación del sistema inmunológico, daño renal y hepático, cáncer de pulmón, enfermedades cardíacas, entre otros; e inclusive llegando a ser mortal (Pabón *et al.*, 2020, p. 10).

El plomo es un elemento químico tóxico que tiene la característica de juntarse y afectar muchas partes del cuerpo, como el sistema nervioso, sangre, digestivo, cardiovascular y renal. Los niños son muy sensibles a los efectos neurotóxicos de dicho metal e incluso en niveles mínimos de exposición al plomo ocasionan daños graves al sistema nervioso y, casos irreparables, no hay un nivel de exposición

seguro para la salud. Por otro lado, el cadmio es tóxico para los riñones, huesos, articulaciones y el sistema respiratorio, además tiene la categorización de cancerígeno para el ser humano (Cayetano, 2019, p. 4).

Ante ello, se vienen utilizando tecnologías biológicas, que incluyen el uso de microorganismos y plantas tolerantes o resistentes a la acumulación de metales pesados (Beltrán y Gómez, 2015, p. 2-3).

Entre las tecnologías biológicas para el tratamiento de aguas contaminadas por metales pesados tenemos: el tratamiento biológico empleando microorganismos, se basa en aprovechar los mecanismos biológicos y bioquímicos que tienen los hongos y bacterias para modificar las propiedades de los contaminantes. Del mismo modo, está el tratamiento biológico usando plantas remediadoras, las cuales al ser expuestas a metales pesados pueden presentar cambios fisiológicos que se pueden clasificar como indicadoras y acumuladoras; entre las especies utilizadas para el tratamiento están las algas, microalgas, macrófitas acuáticas, humedales, entre otros; donde tienen la capacidad de absorber contaminantes presentes en el agua (Cayetano, 2019, p. 5-22).

El problema general es ¿En qué medida las tecnologías biológicas inciden en el tratamiento de aguas contaminadas por cadmio (II) y plomo (II)? Y como problemas específicos los siguientes: PE1: ¿Cuál es la capacidad de erradicación de las tecnologías biológicas que incide en el tratamiento de aguas contaminadas por cadmio (II) y plomo (II)? PE2: ¿Cuáles son los parámetros fisicoquímicos que inciden en el tratamiento de aguas contaminadas por cadmio (II) y plomo (II)?

Al respecto, se tiene como objetivo general el siguiente: Determinar las tecnologías biológicas que inciden en el tratamiento de aguas contaminadas por cadmio (II) y plomo (II). Del mismo modo, los objetivos específicos son los siguientes: OE1: Establecer la capacidad de erradicación de las tecnologías biológicas que incide en el tratamiento de aguas contaminadas por cadmio (II) y plomo (II). OE2: Identificar los parámetros fisicoquímicos que inciden en el tratamiento de aguas contaminadas por cadmio (II) y plomo (II).

La investigación se justifica a la existencia de una necesidad de compilar y sintetizar la información publicada en la base de información de acceso directo. En relación

a las tecnologías biológicas empleadas en el tratamiento de aguas contaminadas por cadmio y plomo, estas tecnologías biológicas son importantes porque se basan en procesos naturales presentes en plantas y microorganismos, ya sea para reducir la movilidad de los contaminantes o extraerlos, por lo que su impacto ambiental es bajo; además, que es menos costoso que otras alternativas fisicoquímicas (González *et al.*, 2017 p.10).

Por ello, recae en la necesidad de contar con una adecuada gestión sobre la contaminación de agua por cadmio y plomo mediante la aplicación de tecnologías biológicas que contribuyan a reducir y corregir el recurso impactado, buscando así, la calidad de vida para los seres humanos y ecosistemas acuáticos (Garzón, Rodríguez y Hernández, 2017, p. 310-316). Del mismo modo, mediante el presente trabajo de revisión sistemática se pretende realizar un aporte técnico científico de los investigadores y actualizar el sistema de información de las tecnologías biológicas utilizadas en el tratamiento de aguas contaminadas por cadmio y plomo que contribuya a futuras pesquisas o trabajos de investigación.

II. MARCO TEÓRICO

Como parte de los antecedentes vinculados al tema, se tiene las investigaciones siguientes:

Para Ayangbenro y Babalola (2017) en su investigación sobre una nueva estrategia para entornos contaminados por metales pesados, presento información sobre el uso de biosorbentes microbianos para eliminar metales pesados de desechos industriales y ambientes contaminados, donde precisa que los biosorbentes presentan atractivas oportunidades como medios de bajo costo para resguardar el medio ambiente de la contaminación, asimismo con la finalidad de eliminar metales pesados de aguas residuales utilizan las algas, bacterias, hongos y plantas, debido a su alta capacidad de sorción. La capacidad de biosorción de cada biosorbente depende de su prehistoria y pretratamiento, así como de las condiciones experimentales (p. 2-10).

Alcázar-Medina *et al.* (2020) en su estudio de remoción de plomo en solución acuosa por la técnica de aglomeración esférica usando extracto de *Agave lechuguilla* como biosurfactante, precisa que el extracto de lechuguilla es capaz de cubrir adecuadamente las partículas de los precipitados de plomo, confiriendo así un carácter totalmente hidrofóbico. Concluyendo que el agente de aglomeración (1M de CaCl_2) facilita la formación de aglomerados con el contaminante en solución acuosa (plomo), alcanzando un diámetro de 0,5-1 mm. Asimismo, la eliminación de plomo fue mejor en la proporción de 10:1 que en la proporción de dosis de calcio de 20:1. Finalmente precisa que si bien existe una amplia variedad de técnicas y procesos para la remoción de metales pesados en el agua, es necesario profundizar en un proceso económico y amigable con el medio ambiente (p. 80).

En su trabajo de investigación Córdoba, Vega y Muñoz (2019) menciona que la remoción de plomo y cadmio en solución acuosa empleando *Typha latifolia* inerte evalúa el desempeño de la macrófita como bioadsorbente de Pb^{2+} y Cd^{2+} ; como resultados lograron una remoción por arriba del 90 % para Pb^{2+} y de 60 a 75% para Cd^{2+} a un pH de 6, con una dosis de 0.075g y en 5 mL de solución un tiempo de 60 minutos. Concluyendo que la biomasa es capaz de remover Pb^{2+} y Cd^{2+} por debajo de los límites establecidos por la normativa (p. 20-24).

Para Gupta, Nayak y Agarwal (2015) en su estudio de bioadsorbentes para la remediación de metales pesados, manifiesta que el potencial prometedor de la tecnología de biosorción sin duda se basa en la eficiencia de las diversas biomasas microbianas y vegetales. Se han identificado varias biomasas que están disponibles en abundancia y que presentan buenas características de unión a metales (p. 12).

Kim *et al.* (2015) en su estudio de desarrollo de un portador microbio-zeolita para la eliminación efectiva de metales pesados del agua de mar, investiga el potencial de las bacterias reductoras de sulfato (SRB) soportadas por zeolitas para mejorar la eliminación de Cu^{2+} , Ni^{2+} y Cr^{6+} en agua de mar contaminada. Los resultados muestran que los portadores de zeolita inmovilizados con Bacterias Reductora de Sulfato (SRB) pueden mejorar la eliminación de metales pesados. Además, los metales pesados se eliminaron mejor en condiciones de 37°C , Cu^{2+} , Ni^{2+} y Cr^{6+} con una eficacia de 98,2%, 90,1% y 99,8% a una concentración de 100 partes por millón de metales pesados, respectivamente. Estos resultados indican que los portadores de zeolita SRB tienen un gran potencial para su uso en la eliminación de especies de metales pesados catiónicos del medio marino (p. 1544).

En el trabajo de investigación de Flores *et al.* (2021) sobre Biosorción de metales pesados en fibras de *Opuntia fuliginosa* y *Agave angustifolia* para su eliminación del agua; cuyo objetivo central del estudio fue evaluar la eficiencia de eliminación de Pb^{2+} , Zn^{2+} , Cd^{2+} , Cu^{2+} , Fe^{2+} , y Cr^{3+} del agua, a través de procesos de adsorción en *Opuntia fuliginosa* (nopal) y *Agave angustifolia* (agave). Los resultados indican que las especies antes mencionadas, son adecuadas para eliminar Zn^{2+} , Cd^{2+} , Pb^{2+} , Cu^{2+} , Fe^{2+} , y Cr^{3+} de forma eficaz, de un medio acuoso. En los estudios de biosorción, se observó que al usar *Opuntia fuliginosa* con tamaño de partícula pequeño hubo una mayor adsorción de Pb, Cr, Fe, Cu y Zn (por encima del 70%). Para *Agave angustifolia*, se observó que la dimensión de la partícula no influye el porcentaje de retención de Pb, Cr y Cd, y resulta en un porcentaje superior al 60%. Además, fue posible obtener el equilibrio de ambas fibras, permitiendo observar que *Fuliginosa* adsorbe en forma de multicapa y *Agave angustifolia* realiza su adsorción en ambas formas (monocapa y multicapa) (p. 13).

Para Srivastava, Agrawal y Mondal (2015) en su estudio sobre el progreso de la eliminación de metales pesados utilizando absorbentes de origen microbiano y

vegetal, manifiesta que la contribución significativa de varios adsorbentes, como las cepas bacterianas, algas, hongos endófitos, plantas acuáticas y desechos agrícolas presentan muchas características atractivas, especialmente su contribución en la reducción de costos y eliminación de desechos, lo que lleva a la protección del medio ambiente. Además, el proceso de adsorción debe llevarse a cabo en la dirección del modelado, la inmovilización del material de desecho para mejorar la eficiencia de eliminación de iones metálicos, la recuperación y regeneración del biosorbente para su reutilización (p. 24).

Li *et al.* (2021) presento una investigación de la microalga *Chlamydomonas Reinhardtii* que presenta una resistencia a los metales; sin embargo, pocos estudios han comparado sistemáticamente los procesos intracelulares y extracelulares implicados en la desintoxicación del Cd y Pb por esta microalga. Encontramos que *Chlamydomonas Reinhardtii* fue más tolerante al Pb (concentración para el 50% del efecto máximo; $29,48 \pm 8,83$ mg L⁻¹) que al Cd (Concentración para el 50% del efecto máximo; $12,48 \pm 1,30$ mg L⁻¹) después de 96 horas de exposición. Finalmente, el estudio demuestra la mayor tolerancia de *Chlamydomonas Reinhardtii* al Pb que al Cd. La tasa de eliminación de Pb (60,46 a 78,27%) por *Chlamydomonas Reinhardtii* fue más alta que la de Cd (50,61 a 59,38%), y las células de microalgas con las sustancias poliméricas extracelulares (EPS) intacto unieron más metales que aquellas sin EPS. La adsorción representó el 79,62% de la acumulación total de Cd en el tratamiento con bajo contenido de Cd, mientras que la absorción dominó la acumulación de Pb en concentraciones bajas de Pb. Los hallazgos de este estudio no solo aclaran las estrategias de desintoxicación de *Chlamydomonas Reinhardtii* para Cd y Pb, sino que también proporcionan una base para la remediación de estos dos metales en ambientes acuosos (p. 2-9).

Tripathi *et al.* (2021), tuvo como objetivo evaluar el potencial de fitorremediación de *Ricinus communis L.* para la remediación de metales pesados a través de actividades bacterianas rizosféricas para la desintoxicación y gestión de aguas residuales. Los resultados revelaron que las aguas residuales de la destilería contenían altos niveles de metales y otros parámetros de contaminación físico química que podrían causar contaminación ambiental y toxicidad acuática. La

bacteria identificada produjo varios compuestos que promueven el crecimiento de las plantas, incluidos sideróforos, enzimas ligninolíticas y ácido indolacético, lo que resultó en una mejora de los nutrientes y una mejor mineralización de los metales en las plantas durante las condiciones de estrés. El factor de bioconcentración (BCF) de todos los metales examinados fue mayor a 1, lo que mostró que estos metales se acumulan en la raíz, brote y hojas de *Ricinus communis L.* Así mismo, la mayoría de los metales están estabilizados en las raíces, pero el Pb, Cd y Zn se trasladaron más a los cortos. La capacidad de *Ricinus communis L.* para crecer en aguas residuales de destilería que contienen metales y reducir los metales pesados y los contaminantes orgánicos sugiere proporcionar un tratamiento eficaz en aguas residuales. Siendo una herramienta ecológica para la reducción de la contaminación (p. 2).

Fernández *et al.* (2018) en su investigación evaluó la concentración de plomo y zinc en las macrófitas flotantes, donde fueron expuestas a aguas contaminadas de manera experimental. De esta forma establecer si las macrófitas tienen componentes que les permitan almacenar los metales en las raíces y efectuar la translocación, *Limnobium laevigatum* y *Ludwigia peploides* se colocaron en medios contaminados con Pb= 5 mg/L y Zn= 20 mg/L. Las concentraciones de metales en muestras de agua, raíces y hojas se evaluaron en por el tiempo (0, 1, 2 y 4 días). La detección de los metales se realizó mediante la técnica de espectrofotometría de absorción atómica. Después de 4 días de exposición a Pb y Zn, las plantas mostraron alto rendimiento de remoción, más del 70% en todos los casos. El Pb se acumuló fundamentalmente en las raíces, mientras que el Zn se acumuló más en las hojas (p. 2-5).

Ubuza *et al.* (2020), analizó el potencial de la lenteja de agua (*Lemna minor*) en el tratamiento de agua contaminada por Pb a través de la fitorremediación. La lenteja de agua se utilizó como bioacumulador de plomo (Pb) en las configuraciones estacionarias y recirculadas preparadas a los 3, 6 y 9 días. Finalmente, el potencial de fitorremediación de la lenteja de agua como acumulador se observó mejor en la configuración recirculada a los 3 días de tiempo de contacto con 1,57 mg / L de acumulación de Pb, una cantidad mucho mayor en comparación con los 1,12 mg / L alcanzados en la configuración estacionaria después de 9 largos días. La

inclusión del mecanismo dinámico en la configuración de recirculación mejoró el proceso de tratamiento al acortar el tiempo necesario para tratar las aguas residuales a solo 3 días. Este estudio demostró que la lenteja de agua podría ser una planta adecuada para la eliminación de Pb del agua con grandes implicaciones en la recuperación del agua contaminada con metales pesados de diversas industrias (p. 8-12).

Bokhari *et al.* (2016), presento una investigación potencial de *Lemna minor L.* para cadmio, cobre, plomo y níquel de dos tipos diferentes de efluentes en forma cruda se evaluó en un experimento de la casa de vidrio utilizando estudios hidropónicos durante un período de 31 días. Obteniendo como resultados la acumulación de dichos metales dentro de la planta y posterior reducción de los efluentes. La erradicación fue superior al 80% para todos los metales, teniendo una remoción máxima de níquel con el 99% de efluente industrial mixto de aguas residuales (SMIE). La acumulación y absorción de plomo en la biomasa seca fue significativamente mayor que en otros metales. Concluyendo que *Lemna minor* evidenció un mejor rendimiento y fue más efectivo en la extracción de plomo (p. 7).

Vizcaíno, Fuentes y González (2017) estudio la adsorción de Plomo en solución acuosa de *Eichhornia crassipes* evaluando la capacidad de adsorción y de eficiencia de remoción de Pb+2. Inicialmente, se ejecutaron ensayos batch, para examinar la influencia de la dosis de adsorbente, periodo y pH de la solución. Donde el método de la disposición final, consistió en evaluar la calcinación con temperaturas de 700 y 800°C. Alcanzando una capacidad elevada de adsorción de 172,41mg/g TEC y 131,58 mg/g HEC en 0,2 g de biomasa, pH ácido de 5,5 y tiempo de 3h de contacto. En los ensayos realizados se lograron remociones de Pb mayores al 97% (p. 135).

Según Pérez *et al.* (2020) en su estudio de remoción bacteriana de Zinc y Cadmio para soluciones con el uso de *Proteus mirabilis* y *Bacillus subtilis*, manifiesta que dichas especies bacterianas remueven los iones metálicos de la solución donde se obtuvo valores de 22.36 ± 0.246 mg y 16.42 ± 0.069 mg. Además, la remoción de metales pesados estuvo influenciada por ciertos factores como el pH, tratamientos usados y tiempo de contacto. Las células inactivadas componen un estado positivo para la aplicación de ambas bacterias, no poniendo en riesgo la salud y el medio

ambiente. Asimismo, se determinó que el periodo de tiempo para conseguir el nivel máximo de captura de cadmio y zinc fue de 6 horas, esto a su vez tiene gran importancia en la viabilidad económica para la aplicación en procesos biotecnológicos de las biomásas compuestas por bacterias (p. 27).

Homaidan *et al.*, (2020), estudiaron una macrófita *Phragmites australis* y evaluaron su potencial para ser utilizada en la fitorremediación de humedales contaminados con metales pesados, específicamente en agua en la Península Arábiga. Donde realizaron un monitoreo seis sitios de agua que se encontraba contaminada, del mismo modo, se realizó la medición de las concentraciones de Cd y Pb. Llegando a la conclusión, que la acumulación de los metales se da en las raíces con mayor efectividad, posteriormente, se dispersa en los ribosomas, tallos y hojas dando indicaciones de acumulación de 0,04 µg/ ml Cd y 0,44 µg/ m Pb en *Phragmites australis*, no obstante, se considera buen candidato para ser utilizado en la fitorremediación de agua contaminada con metales pesados (p. 6-8).

La tecnología biológica se basa en el uso de la ciencia que se materializa en tecnología usada en organismo vivos y sistemas biológicos en la elaboración, renovación de productos y/o procesos para determinadas aplicaciones. Asimismo, ofrece soluciones para distintos sectores como ganadería, textiles, agricultura, entre otros. Además, representa un punto de partida para el desarrollo social y económico en base a la mejora de la competitividad (Velázquez, 2018, p. 169-170).

Para Romero y Vargas (2017) definen a los microorganismos como los seres capaces de colonizar distintos ambientes participando en el desarrollo de ecosistemas con la interacción con animales, hombre y plantas a pesar de sus características primitivas. Dichos microorganismos son importantes para el funcionamiento e interacción de los sistemas biológicos incluyendo el sostenimiento de la vida dentro del planeta, ya que, colaboran en procesos, ecológicos, biotecnológicos y metabólicos, los mismos que son requeridos para alcanzar la supervivencia y confrontar los obstáculos que irán apareciendo (p. 2).

Las bacterias presentan un tamaño medido entre 0.5 a 5 micrómetros. Tienen una variedad de formas como esferas, barras, entre otros. Las bacterias del tipo procariotas, se caracterizan por no tener un núcleo, pero si tienen orgánulos en su

interior. Existen bacterias que tienen sistemas de desplazamiento para lograr la diseminación y movilidad. Cabe mencionar, dichos microorganismos poseen una pared celular la que tiene como un componente propio al peptidoglicano (Basaldúa, 2016, p.5).

Por otro lado, los hongos poseen características únicas que los hacen diferentes entre todos los seres vivos. Sus capacidades pueden ayudar a ecosistemas y organismos vivientes o generar un impacto negativo sobre ellos. Estos microorganismos han logrado evolucionar con los seres humanos, en la actualidad son empleados en distintos sectores como desarrollo de medicamentos para el tratamiento de enfermedades, alimentos, entre otros. (Moreno, 2016, p. 9).

Según, Tiscar (2021) define que las plantas son organismos multicelulares que presenta una organización más o menos compleja con diferentes tejidos y órganos, son fotosintetizadoras. Las células de las plantas son eucariotas, presentan una pared celular es decir están contenidas dentro de una caja de celulosa y colectivamente proporciona una fortaleza a la planta. Algunas de las células que conforman las hojas y los tallos presentan unos orgánulos llamados cloroplastos lo cual, contienen clorofila y las enzimas necesarias para realizar la fotosíntesis (p. 2).

La contaminación del agua se define como la incorporación de sustancias al agua deteriorando su calidad, y dejando de ser adecuada para los usos designados (Colón, 2019, p. 2). Además, Quispe *et al.* (2019) manifiesta que el agua es un recurso fundamental para la vida, alrededor del 97% de agua está constituida por mares y océanos, mientras que solo el 3% corresponde a agua dulce. La contaminación por metales pesados en los sedimentos de los ríos puede significar una amenaza para la salud de los seres humanos y ecosistemas (p. 2).

Rodríguez (2017) en su estudio manifiesta que los metales pesados son elementos altamente tóxicos, que se utilizan en procesos industriales; el cadmio, cobre, plomo, mercurio y níquel, en mínimas concentraciones son perjudiciales para las plantas, animales y seres humanos. Entre sus propiedades más usuales tenemos: su persistencia, bioacumulación, biotransformación y elevada toxicidad, haciéndose que se encuentren en los ecosistemas por extensas etapas, por lo que su deterioro natural es difícil (p. 1).

El cadmio es un metal de transición altamente tóxico, a niveles de exposición extremadamente bajos tiene efectos tanto agudos como crónicos sobre la salud de las plantas, animales y seres humanos. No es biodegradable en la naturaleza, puesto que una vez que se libera al medio ambiente, seguirá circulando. Esta característica, junto con su alta fluidez, capacidad de bioacumulación y toxicidad a dosis bajas lo convierte en uno de los metales pesados más importantes (Hernández *et al.*, 2019, p. 1).

El plomo es un metal gris, blando y maleable, denominado con el símbolo Pb, existe de manera natural en la corteza terrestre. Su aplicación generalizada ha tenido un impacto significativo en la contaminación ambiental, lo que ha provocado un aumento en su exposición a la población, generando graves problemas de salud pública. Las principales causas de contaminación son la minería, metalurgia y en algunos países el uso constante de pinturas, gasolinas y aditivos (Azcona, Ramírez y Vicente, 2015, p. 3).

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

La presente investigación se caracteriza por ser del tipo aplicada con el fin de hallar información acertada que permita solucionar problemas de carácter prácticos en un determinado contexto (Risco, 2020, p.3). Asimismo, tiene como objetivo mejorar, perfeccionar u optimizar las funciones de los sistemas técnicos, procedimientos, estándares y reglas actuales de acuerdo con el avance de ciencia y tecnología; por ello, este tipo de investigación no se basa en una clasificación de verdadero, falso o posible sino a la de eficacia, ineficacia, eficiencia, deficiencia o ineficiencia (Nieto, 2018, p. 3).

Sin embargo, está dirigido principalmente a objetivos concretos o prácticos encaminados a aplicar o utilizar los conocimientos adquiridos y profundizarlos con la intención de resolver un problema determinado (Ortega, 2017, p. 2).

Respecto al diseño de investigación es cualitativo narrativo donde Dörr *et al.* (2016), menciona que el diseño narrativo considera el análisis y la descripción en forma de relato de los datos encontrados durante la investigación (p. 2). De la misma forma, Landín y Sánchez (2019), indica que está orientado en un tema que conlleva a tener por parte de los participantes sus historias las cuales son proyectadas o relatadas, también incluye el registro de cada uno de los medios utilizados para la descripción de un determinado evento o conjunto de ellos que están vinculados de forma cronológica (p. 233). Puesto que en la investigación se basa en evidencias que se orientan más hacia la descripción de las tecnologías biológicas para el tratamiento de aguas contaminadas por cadmio (II) y plomo (II), con la finalidad de identificar las tecnologías aplicadas para solucionar los problemas de las aguas contaminadas (Flores y Anselmo, 2019, p.1).

3.2. Categorías, subcategorías y matriz de caracterización apriorística

Para este tipo de investigación sus categorías y las subcategorías son apriorísticas, es decir, busca orientar y direccionar el desarrollo de aquellos instrumentos para poder recopilar la información requerida. Por lo tanto, dichos instrumentos son elaborados previo al proceso de levantamiento de información (Herrera, Guevara y Munster, 2015, p. 6). Donde el estudio de caracterización se realiza en función de

los problemas, seguido de los objetivos de la investigación. Para ello, se distingue entre categorías y las subcategorías que detallan la matriz de caracterización apriorística en la investigación cualitativa.

Objetivo General: Determinar las tecnologías biológicas que inciden en el tratamiento de aguas contaminadas por cadmio (II) y plomo (II).

Problema General: ¿En qué medida las tecnologías biológicas inciden en el tratamiento de aguas contaminadas por cadmio (II) y plomo (II)?.

Tabla 1. Matriz de categorización apriorística

Objetivos específicos	Problemas específicos	Categoría	Subcategoría	Unidad de análisis
Establecer la capacidad de erradicación de las tecnologías biológicas que incide en el tratamiento de aguas contaminadas por cadmio (II) y plomo (II).	¿Cuál es la capacidad de erradicación de las tecnologías biológicas que incide en el tratamiento de aguas contaminadas por cadmio (II) y plomo (II)?	Tecnologías biológicas	Microorganismos	Gupta, Nayak y Agarwal (2015) Kim <i>et al.</i> (2015) Li <i>et al.</i> (2021) Tripathi <i>et al.</i> (2021) Fernández <i>et al.</i> (2018)
			Plantas	Bokhari <i>et al.</i> (2016) Pérez <i>et al.</i> (2020) Homaidan <i>et al.</i> (2020) Abbawy <i>et al.</i> (2021)
Identificar los parámetros fisicoquímicos que inciden en el tratamiento de aguas contaminadas por cadmio (II) y plomo (II).	¿Cuáles son los parámetros fisicoquímicos que inciden en el tratamiento de aguas contaminadas por cadmio (II) y plomo (II)?	Parámetros fisicoquímicos	Ph	Vizcaíno, Fuentes y González (2017) Pérez <i>et al.</i> (2020)
			Temperatura	

Fuente: Elaboración propia

3.3. Escenario de estudio

La investigación cualitativa, está basada principalmente en principios teóricos, para lo cual se emplea métodos de recolección de datos de autores con trabajos de investigación experimental, así mismo, se dará uso de todas las referencias de fuentes obtenidas (Ñaupas *et al.*, 2018, p. 375).

En la investigación se logra identificar que el escenario de estudio está basado en una revisión sistemática de tecnologías biológicas para el tratamiento de aguas contaminadas por cadmio (II) y plomo (II), de acuerdo a la realidad de diferentes trabajos de investigación. Donde la contaminación aguas por cadmio y plomo afecta negativamente a los seres humanos como también a los ecosistemas.

3.4. Participantes

Las fuentes de información en este estudio son secundarias porque provienen de publicaciones realizadas con sus propios resultados, además existe una tendencia a determinar que las fuentes de información de las publicaciones son fuentes de información basadas en documentos (García, 2019, p. 1). De manera similar, los participantes de la investigación fueron agrupados por artículos de revistas publicados a nivel internacional y nacional, que fueron extraídos de las siguientes bases de datos: Scielo, Scopus, ScienceDirect y que fueron utilizados en la presente investigación de revisión sistemática.

Tabla 2. *Participantes de información*

Plataformas de información	
Scielo (4)	Artículos científicos (40)
ScienceDirect (14)	
Scopus (22)	

Fuente: Elaboración propia

3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

En cuanto a la técnica utilizada dentro del estudio de investigación se trata de un análisis documental con el fin de seleccionar y extraer información relevante de los artículos selectos que respondan a las variables y objetivos planteados. Para

ello, Flores, Pichardo y García (2017) refiere que el análisis documental implica explorar, seleccionar, organizar y analizar un conjunto de documentos para responder una o más preguntas sobre un tema (p. 165). Mediante esta técnica es posible verificar el documento con la finalidad de identificar aspectos o elementos que son importantes, así como establecer la relación entre estos elementos (Sineace, 2020, p. 8).

Asimismo, Ñaupás *et al.* (2018) define al instrumento para la recopilación de datos como un proceso el cual incluye el registro de los conceptos tipo abstractos por medio de referencias empíricas, mediante un método claro y planificado, para categorizar los datos conseguidos en base del concepto que el investigador tiene concebido en su mente (p. 90), concluyendo que son herramientas que se emplean para obtener los datos de la realidad que se estudia (Useche *et al.*, 2019, p. 30). Por ello, el instrumento para la recopilación de datos que se utiliza es una ficha de análisis con los artículos revisados dentro del periodo 2015 al 2021 el cual es evidenciado dentro del Anexo 1, conteniendo información de: Autores, tecnologías biológicas empleadas, resultados y conclusiones.

3.6. Procedimiento

Para la búsqueda de información se desarrolló en cuatro fases, así como se muestra en la figura 1. Teniendo en cuenta los criterios de selección, la primera fase consiste en la selección de las palabras clave y la plataforma de búsqueda de información, por consiguiente, la segunda fase se da mediante dos filtros que consiste en la fecha, año e idioma, por otro lado, en tercera fase aplicamos el filtro de artículos de interés, finalmente la cuarta fase seleccionamos los trabajos de investigación.

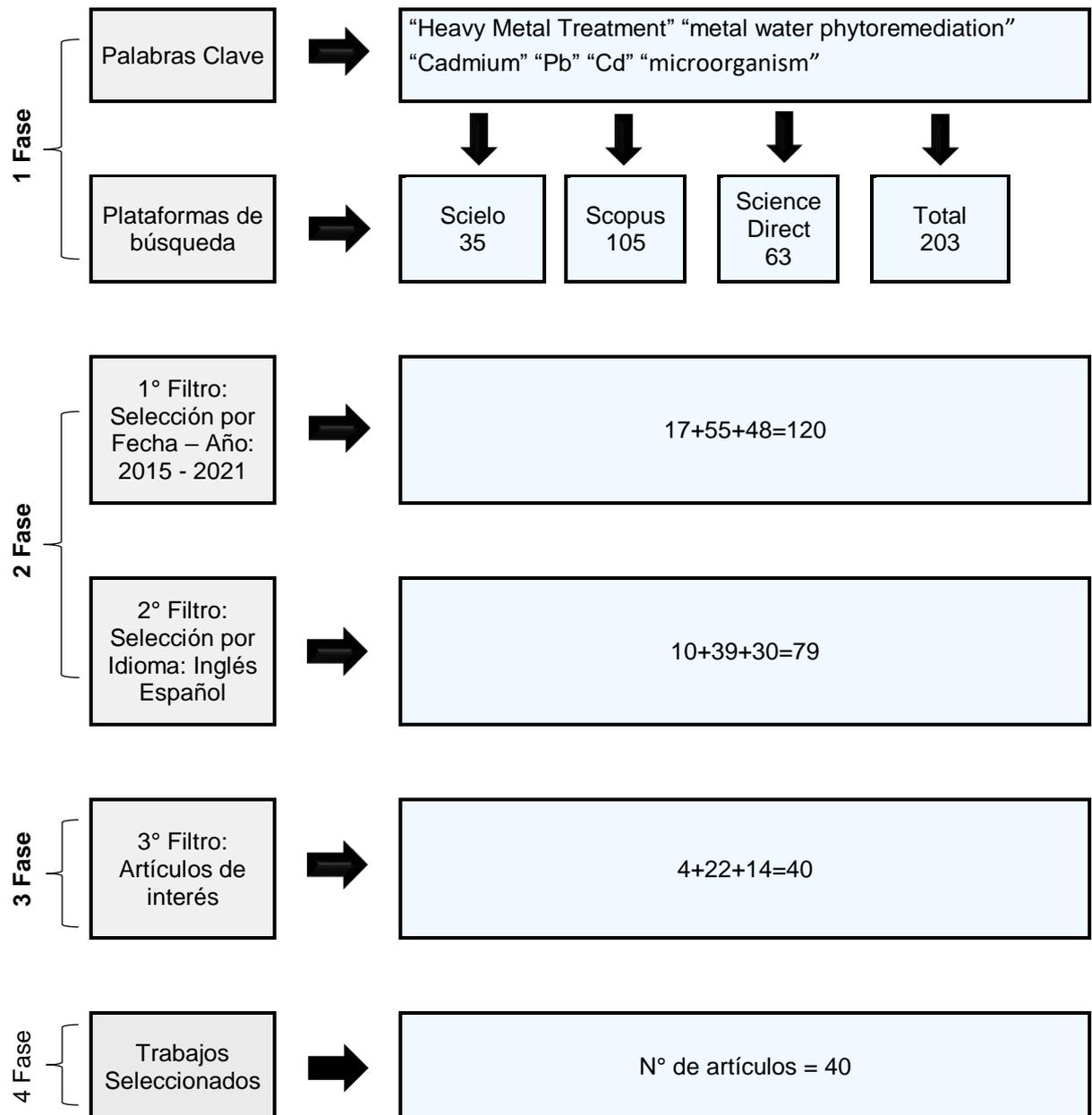


Figura 1. Resumen de criterios de búsqueda.

3.7. Rigor científico

En una estudio investigación de carácter cualitativa el rigor científico tiene como objetivo asegurar que el diseño, el método y las conclusiones de la investigación sean claras, abiertos a la crítica, reproducibles y libres de sesgos (Johnson, Adkins y Chauvin, 2020, p. 145). Por tal razón, el presente estudio cuenta con el suficiente rigor científico proporcionado a través de las reconstrucciones teóricas así como la búsqueda de interpretaciones con un nivel elevado de coherencia (Azuelo, 2019,

p. 119), rigiéndose por los criterios de credibilidad, transferibilidad, dependencia y confirmabilidad, los cuales son descritos en la Tabla 3.

Tabla 3. Criterios de rigor en la investigación cualitativa

Criterios	Definición	Procedimientos
Credibilidad	Se refiere a la congruencia de los hallazgos con la realidad. Se logra, mediante el uso de métodos bien establecidos.	<ul style="list-style-type: none"> -Acercamiento previo para la comprensión de la comunidad u organización en estudio. -La triangulación de instrumentos. - El análisis conjunto y crítico del grupo de investigadores.
Transferibilidad	Los investigadores son responsables de suministrar suficiente información sobre el trabajo de campo y los antecedentes de la investigación para que los resultados se puedan transferir y comparar con otros antecedentes.	<ul style="list-style-type: none"> -Se desarrollan descripciones minuciosas que permitan emitir juicios comparativos con otros estudios. -Recogida exhaustiva de datos.
Dependencia	Proporciona información en el informe para hacerle saber los métodos utilizados y su efectividad.	<ul style="list-style-type: none"> -Contiene el diseño de la investigación y su ejecución. -Descripción detallada del trabajo de campo. -Análisis ecuánime del proceso y los resultados obtenidos. -Triangulación de métodos.
Confirmabilidad	Se refuerza por garantizar, en lo posible, que los hallazgos de las encuestas sean el resultado de las ideas y experiencias de los informantes, más que las concepciones y preferencias del investigador.	<ul style="list-style-type: none"> -Triangulación de investigadores. -Incluir argumentos en relación con la toma de decisión para los fundamentos teóricos y la selección del método.

Fuente: (Varela y Vives, 2016, p. 194)

3.8. Método de análisis de datos

La investigación cualitativa utiliza primordialmente datos de lenguaje y registro existente del tipo narrativos. El método aplicado en el análisis es del tipo naturalista, presentando más énfasis al contexto y la interacción entre los elementos que conforman el fenómeno que es objeto de estudio, el nivel de análisis es de la clase holístico porque trata de entender y explicar la realidad de ciertos eventos o fenómenos en un panorama global dentro de su entorno natural (Escudero y Cortez, 2018, p. 68-69).

Por ello, el presente trabajo de investigación recopila y selecciona información bibliográfica de modo sistemática para analizarla mediante los objetivos específicos planteados, dividiéndose en categorías como en subcategorías para sintetizar una revisión sistemática referente al uso de tecnologías biológicas en el proceso de tratamiento de aguas contaminadas por plomo y cadmio según se evidencia en la tabla N°1. Por lo tanto, se muestra la aplicación de las diferentes especies vegetales y microorganismos empleados en el tratamiento de aguas contaminadas por cadmio y plomo, detallándolo en los resultados.

3.9. Aspectos éticos

Según Salazar *et al.* (2018) indica que los aspectos éticos deben estar presentes en los investigadores y así mismo deben ser respetados a través de citas normativas y estilo de cita. De este modo se considera de gran importancia que el investigador demuestre sus más altos principios morales cuando este va a desarrollar su investigación (p. 1-4).

En la presente investigación los aspectos éticos que se tomó en cuenta para la revisión sistemática son: en primer lugar, citar a los autores de las fuentes de información de los artículos científicos de esta manera también se citó la página de donde se ha extraído la información para lograr la validez del contenido, se parafraseó adecuadamente y se respetó las ideas de los investigadores originales, Así mismo las referencias bibliográficas se trabajaron según la ISO 690. Por consiguiente, se cumplió con el código de ética de la Universidad César Vallejo.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se analizaron 40 artículos científicos relacionados a las tecnologías biológicas que inciden en el tratamiento de aguas contaminadas por cadmio (II) y plomo (II).

Respecto al objetivo general se determinaron las tecnologías biológicas que inciden en el tratamiento de aguas contaminadas por cadmio (II) y plomo (II), donde se clasificaron sistemáticamente mediante tablas basadas de las distintas fuentes de revistas científicas de Scopus, Scielo, Science Direct, detallando la familia, especie y parte de la planta (corteza, raíz, tallo, hojas), así como de los microorganismos (Reino Fungí y Monera), siendo referidos en los estudios analizados, de acuerdo a las tablas 4 y 5.

Tabla 4. Especie, familia, tipo y parte de la planta, que inciden en el tratamiento de aguas contaminadas por Cadmio y Plomo.

Especie	Familia	Tipo de planta	Parte de la planta	Metal	Referencia
<i>Pistia stratiotes</i>	Araceae	Herbácea acuática	Raíz	Cd	Rai (2019)
<i>Spirodela polyrhiza</i>	Lemnaceae		Raíz	Cd	Rai (2019)
<i>Eichhornia crassipes</i>	Pontederiaceae		Raíz	Cd	Rai (2019)
<i>Lemna minor</i>	Lemnáceas		Tejidos	Pb, Cd	Bokhari et al. (2016), Sasmaz et al. (2015), Khan et al. (2020)
<i>Salvinia biloba Raddi</i>	Salviniaceae		Raíz	Pb	Zevallos et al. (2018)
<i>Limnobium laevigatum</i>	Hydrocharitaceae		Raíz	Pb	Fernández et al. (2018)
<i>Lemna gibba</i>	Lemnáceas		Tejidos	Pb, Cd	Sasmaz et al. (2015), Parnian et al. (2016), Verma y Suthar (2015)
<i>Ipomoea aquatica</i>	Convolvulaceae		Raíz	Pb	Bedabati y Gupta (2016)
<i>Salvinia molesta</i>	Salviniaceae		Raíz	Pb	Rachmadiarti y Trimulyono (2018)
<i>Marsilea crenata</i>	Marsileaceae		Raíz	Pb	Rachmadiarti y Trimulyono (2018)
<i>Azolla filiculoides</i>	Salviniaceae		Raíz	Pb, Cd	Naghipour et al. (2018)
<i>Panicum aquaticum</i>	Poaceae		Raíz	Pb	Pires et al. (2020)
<i>Echinodorus grandiflorus</i>	Alismataceae		Raíz	Pb	Ribeiro et al. (2015)

<i>Nasturtium officinale</i>	Brassicaceae	Herbácea acuática	Raíz	Pb	Márquez-Reyes <i>et al.</i> (2020) Karzan y Dilshad (2020)
<i>Ludwigia peploides</i>	Onagraceae		Raíz	Pb	Fernández <i>et al.</i> (2018)
<i>Myriophyllum aquaticum</i>	Haloragaceae		Raíces y hojas	Cd	Guo <i>et al.</i> (2020)
<i>Sagittaria montevidensis</i>	Alismataceae		Raíz	Pb	Kickhofel <i>et al.</i> (2017)
<i>Phragmites australis</i>	Gramineae	Herbácea perenne	Raíz	Pb, Cd	Huang <i>et al.</i> (2017) Homaidan <i>et al.</i> (2020) Bello <i>et al.</i> (2018)
<i>Ceratophyllum demersum</i>	Ceratophyllaceae		Tejidos	Pb, Cd	Dogan, Karatas y Aasim (2018) Parnian <i>et al.</i> (2016)
<i>Canna indica</i>	Cannaceae	Herbácea robusta	Raíz	Cd	Solanki <i>et al.</i> (2018)
<i>Copernicia prunifera</i>	Arecaceae	Herbácea arbórea	Fruto	Pb, Cd	Oliveira <i>et al.</i> (2020)
<i>Manihot esculenta</i>	Euphorbiaceae	Herbácea arbustiva	Tallo	Pb	Kang <i>et al.</i> (2020)
<i>Caulerpa scalpelliformis</i>	Caulerpaceae	Alga	Células	Cd	Jayakumar <i>et al.</i> (2021)
<i>Salvinia minima</i>	Salviniaceae		Tejidos	Pb, Cd	Sinhei y Bianchini (2015)
<i>Chlamydomonas reinhardtii</i>	Chlamydomonada ceae		Células	Pb, Cd	Li <i>et al.</i> (2021)
<i>Chlorococcum aquaticum</i>	Chlorophyceae		Células	Pb	Liyanage <i>et al.</i> (2020)

Fuente: Elaboración propia

En relación a la tabla 4, se muestra que se encontraron 26 especies vegetales que se utilizan para el tratamiento de aguas contaminadas por cadmio y plomo, los cuales en su mayoría tienen la capacidad de acumular metales pesados en la raíz, ya que al liberar oxígeno de sus raíces a la rizosfera ayuda a la planta acumular metales (Huang *et al.*, 2017, p. 2). La existencia de grupos de carboxilo ácido péptico causa que las células de la raíz tengan una carga negativa, dichas cargas negativas interactúan con las cargas positivas propias de los distintos metales pesados existentes en el agua, esta interacción provoca en el interior de la célula un inmediato equilibrio dinámico el cual permite el ingreso de dichos metales a la célula dando paso a los cationes por medio de la pared celular, es importante indicar que esta es del tipo hidrofílica, es decir, tiene afinidad por el agua facilitando el transporte de iones. Cabe mencionar, que estando unidas las cargas negativas y positivas dentro de la pared celular se logrará que los metales pesados se

desplacen por el apoplasto y parcialmente a través de la simplástica (Zapata, 2019, p. 10). Por otro lado, entre las plantas más aplicadas por los investigadores citados tenemos a *Lemna minor*, *Lemna gibba*, *Phragmites australis*, *Ceratophyllum demersum* y *Nasturtium officinale*.

Tabla 5. *Microorganismos que inciden en el tratamiento de Cd y Pb*

Microorganismos	Reino	Metal	Referencia
<i>Aspergillus niger</i>	Fungi	Pb, Cd	Acosta <i>et al.</i> (2018)
<i>Trichoderma asperellum</i>	Fungí	Pb, Cd	Hoseinzadeh, Shahabivand y Aliloo (2017)
<i>Trichoderma harzianum</i>	Fungí	Pb, Cd	Hoseinzadeh, Shahabivand y Aliloo (2017)
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Monera	Pb, Cd	Bojórquez, Frías y Voltolina (2016)
<i>Enterobacter cloacae</i>	Monera	Pb, Cd	Bojórquez, Frías y Voltolina (2016)
<i>Rhizopus oryzae</i>	Fungí	Pb, Cd	Behrouz <i>et al.</i> (2018)
<i>Alcaligenes sp.</i>	Monera	Pb	Jin <i>et al.</i> (2017)
<i>Agaricus bisporus</i>	Fungí	Pb	Corral <i>et al.</i> (2019)
<i>Shinella zoogloeoides</i>	Monera	Pb	Zhang y Huang (2020)
<i>Bacillus subtilis</i>	Monera	Pb, Cd	Zhao <i>et al.</i> (2020) Mandragutti <i>et al.</i> (2021) Ren <i>et al.</i> (2015)
<i>Pseudomonas resinovorans</i>	Monera	Cd	Mandragutti <i>et al.</i> (2021)
<i>Spirulina platensis</i>	Monera	Pb	Sun <i>et al.</i> (2020)

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 5 se identificó once (11) microorganismos, seis (07) del reino monera y cinco (05) del reino fungí que los autores emplearon para el tratamiento de aguas contaminadas por cadmio y plomo, evidenciando la bacteria *Bacillus subtilis* como el de mayor aplicación para la remoción de dichos metales.

En relación a los objetivos específicos, se obtuvieron los resultados mediante una recopilación de datos que consistió en sintetizar la información basada en las Tecnologías biológicas empleadas en el tratamiento de aguas contaminadas por cadmio y plomo, siendo detallados en la tabla 6.

Tabla 6. Tecnologías biológicas empleadas en el tratamiento de aguas contaminadas por Cadmio (II) y Plomo (II).

Estudio	País	Tecnologías biológicas		Metal	Área de estudio	Tiempo	Parámetros fisicoquímicos	Metodología	Resultados	Referencia
		Microorganismos	Plantas							
Eliminación de Pb y Cd de solución acuosa, aguas residuales de astilleros y lixiviados de vertederos mediante <i>Rhizopus oryzae</i> biomasa	Irán	<i>Rhizopus oryzae</i>	-	Pb	Laboratorio	70 min	Temperatura 25 °C pH de 6	El hongo se cultivó en un medio de cultivo sólido que contenía 40g/L de glucosa, 10 peptona g/L y agar 15g/L. Asimismo, se realizó la solución madre (1000mg/L) posterior a ello, se preparó disolvente 1.598g Pb y 2.744g Cd. Finalmente, se utilizó el microscopio electrónico de barrido y el espectroscopio para determinar los grupos funcionales y compuestos constituyentes del bioadsorbente.	Adsorción de plomo 95,66%	Behrouz et al. (2018)
				Cd					Adsorción de cadmio 94,55%	
Característica de biosorción de <i>Alcaligenes sp.</i> para la eliminación de plomo de una solución acuosa	China	<i>Alcaligenes sp.</i>	-	Pb	Laboratorio	30 min	Temperatura 30 °C pH de 5	La cepa se inoculó en medio líquido estéril y se cultivó en un agitador termostático, asimismo, las células se secaron por congelación y se molieron en polvo, posteriormente se preparó una solución madre estándar de plomo de 5g/L-1, luego se trasladó a matraces de 250 ml en un agitador termostático, finalmente procedió a centrifugar y filtrar la solución, donde se determinó la concentración de Pb del sobrenadante mediante espectrofotómetro de absorción atómica.	La tasa y la capacidad Máxima de biosorción fue del 85.2%.	Jin et al. (2017)

Biosorción de Pb por <i>Shinella Zoogloeoides</i> en condiciones acuosas	China	<i>Shinella zoogloeoides</i>	-	Pb	Laboratorio	4 días	Temperatura 30°C pH de 5	Se cultivó la cepa en un medio Luria Bertani. Donde, se inoculó en 100mL de medio líquido con iones de plomo (5 mm). Las muestras se trataron con una serie de concentraciones en gradiente de alcohol y acetona para deshidratarlas. Después las muestras bacterianas secas (0,1 g) se suspendieron en 100 ml de soluciones de plomo y luego se agitaron a una velocidad de 200 rpm. Por último, se realizó el análisis mediante espectrometría de masas de plasma.	Se utilizó 5 mm de plomo y obteniendo la adsorción que alcanzó 222.22 mg / g de plomo.	Zhang y Huang (2020)
Biorremediación de aguas residuales para eliminar metales pesados utilizando el sustrato de hongos gastado de <i>Agaricus bisporus</i>	España	<i>Agaricus bisporus</i>	-	Pb	Laboratorio	35 días	pH > 12	El experimento consistió en la preparación de 3 soluciones dos biorreactores por cada tipo de solución con capacidad de trabajo de 20 L, los cuales incubaron a 25 ° C durante un periodo siendo alimentados con agua contaminada a dos velocidades de 1 L/día y 100 ml/día logrando eliminar el contaminante.	Eficiencia de remoción de Pb de 87%.	Corral et al. (2019)
Capacidad de <i>Bacillus subtilis</i> para eliminar Pb a través de la producción de lipopéptidos	China	<i>Bacillus subtilis</i>	-	Pb	Laboratorio	30 min	Temperatura oscila entre 19.98 °C a 39.98 °C pH de 2 a 7.	Se realizó la preparación de los adsorbentes que se obtuvo mediante la fermentación de <i>Bacillus subtilis</i> , a continuación, se usaron concentraciones de 100 mg/L de Pb y Cd con lipopéptido 700 mg/L, Por último, se centrifugo a 10.000 rpm durante 5 min se procedió a evaluar el sobrenadante en un espectrofotómetro.	La tasa de remoción de Pb es > al 80%	Zhao et al. (2020)
				Cd					La tasa de remoción de Cd es < al 80%	

Características de <i>Bacillus subtilis</i> y su biosorción a Pb	China	<i>Bacillus subtilis</i>	-	Pb	Laboratorio	20 min	Temperatura 15°C pH de 5.0	Se recolectaron muestras de suelo con plomo posteriormente se preparó la solución madre estándar disolviendo una cantidad adecuada de nitrato de plomo (Pb (NO ₃) ₂) en agua bidestilada con una concentración final de 5 g/L de Pb a 15°C, por último, paso al espectrómetro de absorción atómica repitiendo por triplicado.	Biosorción del 93.01%	Ren et al. (2015)
Caracterización molecular de aislados bacterianos marinos de la costa de Visakhapatnam-eficacia en la decoloración del tinte y la biorremediación del cadmio	India	<i>Bacillus subtilis</i>	-	Cd	Laboratorio	16 horas	Temperatura 4 °C	Se recogió muestra de agua marina la que fue almacenada a 4°C para aislar las bacterias por el método de dilución, encubándolas por 24 h en placas con agar nutritivo. Las dos cepas pasaron por secuenciación molecular de ARNr 16s pudiendo comprobar la decoloración de los tintes industriales y la eliminación de Cd en la muestra.	Eliminó la cantidad máxima de cadmio 74,14%	Mandragutti et al. (2021)
		<i>Pseudomonas resinovorans</i>							Eliminó la cantidad máxima de cadmio 84.70%	
Biorremoción de diferentes metales pesados por <i>Aspergillus niger</i>	México	<i>Aspergillus niger</i>	-	Pb	Solución acuosa	24 horas	pH 4 a 28°C	Para la obtención de la biomasa fúngica se utilizaron matraces que contenían caldo de tioglicolato. Luego las células se filtraron en papel y se secaron en un horno. Finalmente, la biomasa fúngica se molió y se	A una concentración de 100 mg/L hubo una eliminación del 59% de Pb.	Acosta et al. (2018)

				Cd			pH 6 a 28°C	almacenó en una botella de color ámbar. Posteriormente se preparó la biomasa recubierta de óxido de hierro a 80ml de 2M Fe (NO ₃) ₃ 9H ₂ O y 1,0 ml de 10M NaOH. Se tomó 20g de biomasa fúngica en polvo en una olla de porcelana, y se añadió una mezcla de óxido de hierro y solución de NaOH, se mantuvo en un horno.	A una concentración de 5 mg/L hubo una eliminación del 57% de Cd.	
Acumulación de metales tóxicos en <i>Trichoderma asperellum</i> y <i>Trichoderma harzianum</i>	Irán	<i>Trichoderma asperellum</i>	-	Pb	Solución acuosa	24 horas	pH de 9 y temperatura óptima de 35°C	Estas cepas se incubaron en medio agar papa dextrosa, Luego se preparó la solución madre de metales pesados (1000 mg/L) a partir de sales de cloruro de cadmio y nitrato de plomo. Posteriormente se preparó en frascos Erlenmeyer que contenían 20 mL de medio; después de días se filtraron y se secaron en un horno.	Máxima eliminación de Pb es de 68.4% a una concentración de 100mg/L. Para Cd fue 79.8% a 200mg/L.	Hoseinzadeh, Shahabivand y Aliloo (2017)
		<i>Trichoderma harzianum</i>		Cd			pH de 4 temperatura óptima de 35°C		Máxima eliminación de Pb es 67.7% a una concentración de 100mg/L. Para Cd es 82.1% a 200mg/L.	
Eliminación de Cd y Pb mediante <i>Pseudomonas aeruginosa</i> y <i>Enterobacter cloacae</i>	México	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>		Pb	Ensayo de laboratorio	24 horas	Temperatura empleada para ambas bacterias es 30°C	Las cepas se cultivaron en medio líquido de agar tripticasa de soja. Después, los cultivos se centrifugaron a 5000rpm. El sobrenadante se decantó y almacenó para análisis de metales, El sedimento resultante se le adicióno 3ml de ácido nítrico.	Sorción de Pb es 82.47% a una concentración de 17.4mg/L y 14.4% para Cd en una concentración de 2.83 mg/L.	Bojórquez, Frías y Voltolina (2016)

		<i>Enterobacter cloacae</i>		Cd				Muestras del medio del metal adsorbido que contiene sedimentos se diluyo con 7mL de agua, luego se transfirieron a viales de polipropileno, para su análisis por espectrofotometría de absorción atómica.	Sorción de Pb es 72.16% a una concentración de 17.4mg/L y 16.5% para Cd en una concentración de 2.83 mg/L.	
Acumulación de metales pesados en una macrófita <i>Phragmites australis</i>	Arabia Saudita	-	<i>Phragmites australis</i>	Pb	Ensayo de laboratorio	72 horas	-	Se recolecto la muestra dividiéndolas en tallos, hojas, rizomas y raíces, también se recogió 3 muestras de 500 ml de agua de la zona. Se procedió a secar las muestras a 75°C pasando por la homogenización. El método de digestión húmeda permitió analizar la presencia de metales pesados mediante un espectrómetro de absorción atómica.	A una concentración de 0.45 µg de peso seco se adsorbió 0,44 µg/ m de Pb.	Homaïdan et al. (2020)
				Cd					A una concentración de 0.45 µg de peso seco se adsorbió 0,04 µg/ m de Cd.	
Palmera carnauba como adsorbente de Pb y Cd del medio acuático.	Brasil	-	<i>Copernicia prunifera</i>	Pb	Ensayo de Laboratorio	48 horas	Temperatura 25,35 y 45 °C pH a 5	En primer lugar, se preparó la biomasa del fruto de carnauba donde, se lavó con agua destilada y se secó a 60 ° C posteriormente fue molido y tamizado. Así mismo, se elaboró la solución madre 400 mg / L de Pb y Cd. Donde Finalmente, las concentraciones de iones metálicos residuales se determinaron mediante espectrometría de absorción atómica.	Se trabajó con una concentración 400 mg / L de Pd y llegando Adsorber 27,7 ± 0.4 mg de Pb.	Oliveira et al. (2020)
				Cd					Se trabajó con una concentración 400 mg / L de Cd y llegando adsorber 34.1 ± 0.6 mg de Cd.	

Tallos de yuca modificados para la eliminación de Pb en solución acuosa	Brasil	-	<i>Manihot esculenta</i>	Pb	Ensayo de Laboratorio	1 h	Temperatura 25,35 y 45 °C pH 6.0 y 6.5	Se eliminó la piel y el núcleo interno de la yuca, se trituro con un pulverizador, luego se tamizó y se añadió 900 ml de solución de NaOH. Así mismo, se preparó la solución madre donde se añadió 50,00 ml de solución del metal. Después, que se completó la adsorción, el adsorbente se separó de la solución bajo la acción del campo magnético y se utilizó el espectrómetro de absorción atómica para determinar la concentración.	Se agregó 50,00 ml de plomo y adsorbió 163,93 mg/g de Pb.	Kang et al. (2020)
Evaluación de <i>Sagittaria montevidensis</i> como bioindicador y Fitoextractor de metales tóxicos	Brasil	-	<i>Sagittaria montevidensis</i>	Pb	Ensayo de laboratorio	24 días	pH de 5.9 a 6.7.	Se preparó primero la muestra de la planta donde se dividió la raíz, tallo, hojas y fruto, luego lo secaron en un horno de convección a 60 ° C. Las muestras secas se molieron con un mortero de porcelana. Finalmente, se pesaron 0.5 g de la muestra digestión con perclórico nítrico con 4 mL de HNO y 1 mL de HClO ambos concentrados. Después se realizó la filtración continuando a depositar en matraces aforados de 50 ml, por último, se determinaron los resultados mediante espectrometría de absorción atómica.	De una concentración de 1,000 mg/L de plomo la fito extracción de Pb es 94.0 ± 4.0 mg/kg.	Kickhofel et al. (2017)
Relaciones de la anatomía de la raíz sobre la absorción, acumulación y tolerancia de plomo	Brasil	-	<i>Echinodorus grandiflorus</i>	Pb	Solución nutritiva	60 días	pH de 5.8	Se recolecto la planta de un área libre de contaminantes, se lavó y selecciono para ser cultivada en una solución, luego fue trasladada a bandejas de 7 litros sometidas a tratamientos con seis concentraciones de Pb: 0, 0.75, 1.5, 3,	A una concentración de 1,5 µM plomo la concentración máxima de adsorción es de 113.74 mg/kg -1.	Ribeiro et al. (2015)

en <i>Echinodorus grandiflorus</i>								6 y 9 uM. Después los órganos recolectados se lavaron con agua corriente y posteriormente se secaron en estufa a 60 ° C, se pesó y sometió a digestión nitro perclórica a 150°C. El producto de la digestión paso al espectrómetro de absorción atómica.		
Adsorción de Pb sobre microalgas liofilizadas y evaluación de riesgos ambientales	China	-	<i>Spirulina platensis</i>	Pb	Laboratorio	24 horas	Temperatura 25°C pH de 5.0	Se cultivó el crecimiento de <i>spirulina platensis</i> por 10 días en 5 mg de poliacrilamida de grado analítico para obtener flóculos que fueron centrifugados, luego pasaron a ser secados por el método secado triturado en horno y el método de liofilización al vacío. Se procedió a preparar la solución madre 100 mg/L de Pb (NO3) 2 con agua destilada para evaluar la absorción del Pb con 50 mg / L se agregó directamente a los tubos de ensayo donde posteriormente lo centrifugaron, la mezcla reacciono a 200 rpm una vez completada. por último, la mezcla se pasó a través de un filtro de membrana 0.45-µm, para culminar se lo llevo a espectrometría de absorción atómica.	Se evaluó con 50 mg / L de Pb siendo cantidad máxima de biosorción 253 mg/g de Pb.	Sun <i>et al.</i> (2020)
Fitorremediación de Cd y Pb por <i>Salvinia minima</i>	Brasil	-	<i>Salvinia minima</i>	Cd	Baker cultivado en	60 días	Temperatura 20°C pH a 6.5	Se trabajo con un sistema de cultivo donde se mantuvo en flujo continuo. Las soluciones fueron al 15 % y posteriormente se agregaron diferentes concentraciones de	A una concentración de 0.300 mg/L de cadmio se adsorbió 0.0045 mg/L.	Sinhei y Bianchini

				Pb				metales. El seguimiento era dos veces por semana con medición del área foliar. Por último, se determinó la bioacumulación y tasa de eliminación con regresiones no lineales con un factor de correlación menor al 5 %.	A una concentración de 1.00 mg/L de plomo se adsorbió 0.1423 mg/L.	
Contrastando los mecanismos de desintoxicación de <i>Chlamydomonas reinhardtii</i> bajo estrés por Cd y Pb	China	-	<i>Chlamydomonas reinhardtii</i>	Pb	Laboratorio	96 horas	Temperatura de 25 ± 2 °C pH de 7.0	El cultivo mantuvo en medio de tris-acetato fosfato posteriormente se preparó la solución madre estándar (1000 mg/L) de Cd y Pb, así mismo, se disolvió el grado analítico y así obtener 14 concentraciones distintas. Por último, se midió el nivel de toxicidad por espectrometría.	La tasa de eliminación de Pb 78.27%	Li et al. (2021)
				Cd					La tasa de eliminación de Cd 59.38%	
Fitorremediación de metales pesados (Cd, Pb) mediante <i>Azolla filiculoides</i> de solución acuosa	Irán	-	<i>Azolla filiculoides</i>	Cd	Biomasa	10 días	-	El método consistió primero en la elaboración de soluciones madre de sales de nitrato de estos metales Cd y Pb con una concentración de 1000 mg/L. Los ejemplares de <i>Azolla filiculoides</i> fueron recolectados de un cuerpo de agua para luego ser esterilizadas con cloruro de mercurio (0.1 %) secando al aire por 30 minutos, se pesaron y mantuvieron durante 15 días en soluciones bajo una lámpara fluorescente. Después de almacenarlas pasaron a la lectura de metales pesados por triplicado analizando los datos estadísticamente. Por último, se determinó el porcentaje de eficiencia de remoción.	Remoción: Cd= 92.84% dosis 5mg/L -1	Naghipour et al. (2018)
				Pb					Remoción de Cd a un 92.84% en una dosis 5mg/L -1.	

Fitorremediación de agua contaminada con cadmio y plomo mediante <i>Phragmites australis</i> en sistemas hidropónicos	Arabia Saudita	-	<i>Phragmites australis</i>	Cd Pb	Sistema hidropónico	15 días	Ph de 10	Se utilizó un cultivo hidropónico compuesto por un recipiente de 2,25 litros que contenía una solución nutritiva, posteriormente, se disolvió en un litro de agua 5mg/l de Cd y Pb. Las muestras de plantas recolectadas se separaron en hojas, brotes y raíces antes de secarlas al horno a 75 ° C y después fueron trituradas con un mortero. Se aplicó un método de digestión con placa caliente de agua regia para pasar al análisis de espectrometría.	Se agregó 5 mg / L de cadmio dando una remoción del 78%.	Remoción de Pb a un 97,12 % en una dosis 10mg/L -1.	Bello et al. (2018)
Potencial de <i>Panicum aquaticum</i> para la fitorremediación de ambientes acuáticos contaminados por plomo	Brasil	-	<i>Panicum aquaticum</i>	Pb	Macetas	30 días	pH 5.5 a 6.5	Se realizó la propagación de las plantas en un sustrato con arena y una solución durante un periodo en macetas de plástico de 4 L con 5 concentraciones diferentes de Pb: 0, 0.5, 1.0, 2.0, 4.0 y 8.0 mm. Las plantas se recolectaron y se separaron en raíces y brotes y luego se secaron bajo circulación de aire forzado a 60 °C, así mismo, se aplicó el análisis anatómico bajo microscopía óptica, acumulación de Pb en tejidos vegetales aplicando digestión ácida, crecimiento vegetal determinando la masa seca y por último análisis estadístico.	Se agregó 5 mg / L de plomo dando una remoción del 80 %.	Pires et al. (2020)	
Aplicación de <i>Chlorococcum aquaticum</i> para	India	-	<i>Chlorococcum aquaticum</i>	Pb	Laboratorio	12 horas	-	Para el experimento se colocó la cepa en agua contaminada con Pb con concentraciones de 5.0 a 250.0 mg L ⁻¹ añadiendo 5 ml de suspensión de células de algas agitándolas durante 1	A una concentración de 8 mm se adsorbió el 96% de plomo	Liyana et al. (2020)	

la eliminación de Pb de soluciones acuosas								hora a 50 rpm para pasar a un punto de equilibrio durante 8 horas. Se filtró y paso a secado a 40°C para proceder a calcular la absorción usando la celda de viga Sedgewick. El grado de absorción de los iones se utilizó el modelo de isotermas.	presentes en las raíces.	
Eliminación de Pb en aguas residuales municipales por <i>Capuchina officinale</i>	Irak	-	<i>Nasturtium officinale</i>	Pb	Humedal construido por flujo subterráneo	70 días	-	Se seleccionó y preparo la planta que fue recolectada de humedales donde hay descargas de aguas residuales fueron llevadas a un horno para secarlas a una temperatura de 105 °C posteriormente las muestras se transfieren a contenedores galvanizados, por último, procedieron a realizar el análisis de agua determinando los resultados por medio del equipo espectrofotómetro de absorción atómica.	Se agregaron 5.0 ml a 25.0 ml de Pb y se agito a 50 rpm llegando a una eliminación 2,18 ml de Pb.	Karzan y Dilshad (2020)
Remediación de metales pesados	India	-	<i>Pistia stratiotes</i>	Cd	Acuarios	15 días	Rango de pH de los acuarios es 6.7 a 7.2	Se recolectaron las plantas y se cultivaron en tanques experimentales, para ello se usó sustrato de Cd [CdCl ₂]. Los análisis de metales se hicieron mediante espectrofotometría de absorción atómica.	Remoción del 56%	Rai (2019)
			<i>Spirodela polyrhiza</i>						Remoción del 52%	
			<i>Eichhornia crassipes</i>						Remoción del 79%	
Potencial de fitorremediación de <i>Lemna minor</i> para metales pesados	Pakistán	-	<i>Lemna minor</i>	Pb	Cultivo hidropónico	31 días	pH 7.9	Se llenó con 200g de lenteja de agua un estanque de agua contaminada. Luego las muestras de planta se lavaron 3 veces, se secaron, molieron y tamizaron. Posteriormente, 0.25g de material vegetal se le adicione 10ml de HNO ₃ y HClO ₄ en placa calefactora,	Remoción de Pb 97.4%.	Bokhari et al. (2016)

				Cd				después la muestra se diluyo en 50mL de agua desionizada y se realizó el filtrado y preservando con HNO ₃ . Las muestras de agua se llevaron a cabo mediante un espectrómetro de absorción atómica	Remoción del 94% en Cd.	
Evaluación de la macrófita <i>Salvinia biloba Raddi</i> para fitorremediación de agua contaminada con plomo	Argentina	-	<i>Salvinia biloba Raddi</i>	Pb	Ensayo de laboratorio	24 horas	pH de 6 ± 0.5 y una temperatura de 23 °C	Se seleccionaron plantas maduras de tamaño uniforme y se colocaron en acuarios con agua. Posteriormente se sacaron y enjuagaron en recipientes de vidrio con diferentes concentraciones de Pb. El peso fresco de la biomasa vegetal se determinó después de eliminar el exceso de líquido sobre un papel de filtro. Luego se lavó con 400 mL de solución de EDTA, Se tomaron muestras de este lavado para cuantificar Pb ²⁺ adsorbido en la superficie de la planta y finalmente se secó a 90°C hasta un peso constante.	La eliminación máxima del 97.7% se dio en una concentración de 4.8mg/L de Pb.	Zevallos <i>et al.</i> (2018)
Potencial de bioacumulación de cadmio y plomo de una macrófita acuática	Turquía	-	<i>Ceratophyllum demersum L</i>	Pb Cd	Ensayo de laboratorio	5 días	pH de 5.8± 0.1	Se cultivaron en líquido libre de agar con sacarosa al 3%. Para posteriormente esterilizarlas en autoclave, para luego lavarlas con agua destilada y secarlas en un horno. Las plantas secas se digirieron con 10ml de ácido nítrico al 65%, los contenidos de metales pesados en las muestras de plantas digeridas se midieron usando un espectrofotómetro de absorción atómica.	Acumulación máxima a una concentración de 100mg/L de Pb es 22. 504.10mg/kg Acumulación máxima a una concentración de 2 mg/L de Cd es 2668.33 mg/kg.	Dogan, Karatas y Aasim (2018)

El potencial de <i>Lemna gibba</i> y <i>Lemna minor</i> para eliminar metales pesados.	Turquía	-	<i>Lemna gibba</i>	Pb	Galería de agua	8 días	Se hizo el ensayo con una temperatura de 19.7 °C y un pH de 7.36.	Se cultivaron en una piscina natural para posteriormente adaptarlas en reactores. Luego se lavaron minuciosamente con agua de grifo, se enjuagaron con agua destilada y se secaron. Las muestras de plantas secas (50g) se incineraron mediante calentamiento, las muestras de cenizas se digirieron en HNO ₃ y HCL. Se analizaron usando ICP- Técnicas de EM.	Acumuló 55 mg/kg-1 en una concentración de 2.51 mg/kg-1	Sasmaz et al. (2015)
			<i>Lemna minor</i>						Acumulo 29 mgkg-1 en una concentración de 1.72 mg/kg-1	
Eliminación de Cd de agua contaminada utilizando alga verde	India	-	<i>Caulerpa scalpelliformis</i>	Cd	Ensayo de laboratorio	12 horas	pH óptimo de 4.9 y una temperatura de 25 y 40 °C	La biomasa natural recolectada se limpió para eliminar las impurezas adheridas, la muestra lavada se seca en el sol y posteriormente en el horno. Se redujo el tamaño del biosorbente en una trituradora y se siguió con una trituradora fina. Soluciones madre de cadmio (1000 mg/L-1) se prepararon a partir de nitrato de cadmio	La eliminación máxima de Cd fue 78.7% en una concentración inicial de 100 mg/L-1.	Jayakumar et al. (2021)
Evaluación de los efectos de plomo durante el proceso de fitorremediación con berro	México	-	<i>Nasturtium officinale</i>	Pb	Humedal artificial	11 días	pH 5 ± 0.2 con una temperatura de 25 ± 3°C.	Se utilizó un tanque rectangular en donde se sembraron el berro, posteriormente se le agrego 100mg/L-1 de Pb. Después las plantas se retiraron y enjuagaron con agua destilada, todo el material vegetal fue secado, para su cuantificación de metal en la planta se tomaron 200mg de biomasa seca adicionándole 15mL de una mezcla de H ₂ O ₂ /HNO ₃ . Finalmente, el material fue filtrado y analizado por espectrometría de absorción atómica.	Remoción de Pb >99.9% en una concentración de 100 mg/L-1.	Márquez-Reyes et al. (2020)

Bioacumulación de metales pesados en <i>Limnobium laevigatum</i> y <i>Ludwigia peploides</i>	Argentina	-	<i>Limnobium laevigatum</i>	Pb	Acuarios	4 días	La temperatura osciló entre 15 y 23 °C	Las plantas se colocaron en acuarios, después de exposición se retiraron y se separaron muestras de raíces y hojas de cada especie, luego se secaron en un calentador. Posteriormente se homogeneizaron y se tomaron muestras de 0.5g mediante digestión ácida con una mezcla de HNO ₃ y HClO ₄ . Las muestras se centrifugaron y después de extraer el sobrenadante, las muestras se diluyeron. Se analizó mediante espectroscopia de absorción atómica.	Remoción del 96%	Fernández et al. (2018)
			<i>Ludwigia peploides</i>						Remoción del 71%	
Evaluación del potencial de eliminación de cadmio de <i>Canna indica L.</i>	India	-	<i>Canna indica L.</i>	Cd	Ensayo de laboratorio	30 días	Temperatura ambiente	Las muestras recolectadas fueron enjuagadas con agua destilada seguida de la separación de la raíz y la porción de brote. Posteriormente, las raíces y brotes se secaron, las muestras de plantas recolectadas y secas se digirieron usando 5mL de concentración HNO ₃ , las muestras digeridas se dejaron enfriar a temperatura ambiente y luego el volumen de muestra se completó hasta 15mL y se filtró para luego introducirlas en espectroscopia de absorción atómica.	A 100 mg/L de concentración Cd acumuló 58.69 mg/kg.	Solanki et al. (2018)
Hiperacumulación de Cd y el potencial de tolerancia de <i>Myriophyllum aquaticum</i>	China	-	<i>Myriophyllum aquaticum</i>	Cd	Ensayo de laboratorio	28 días	pH de 7.0 ± 0.3	La planta fue expuesta a diferentes concentraciones de Cd en una solución de Hoagland al 10% agregando CdCl ₂ . Después de recolectar las muestras de plantas, se midió la longitud y se lavó con abundante agua del grifo y agua desionizada. Luego, se utilizó papel absorbente de agua y se midió el peso fresco de la planta. Las muestras se secaron en horno hasta alcanzar un peso constante, posteriormente se	A 40 mg/L de concentración de Cd se acumuló 17.090 ± 1020.01.	Guo et al. (2020)

								midió el peso seco y se hecho una mezcla de HCl y HNO ₃ , diluyéndose con agua ultrapura. El contenido de Cd se estimó con un espectrofotómetro de absorción atómica.		
Fitorremediación de plomo usando <i>Ipomoea aquatica</i> en solución hidropónica	India	-	<i>Ipomoea aquatica</i>	Pb	Ensayo de laboratorio	15 días	pH de 5.8 a 6.2	Las plantas estuvieron en tinas y se cortó cortaron brotes sanos y desarrollados de altura similar de la planta madre, se lavaron con agua del grifo y se aclimataron en un medio nutritivo Hoagland, donde se expusieron a varias concentraciones de Pb. Después de los días de exposición, las plantas se recogieron y se lavaron con agua desionizada. La raíz, tallo y hoja se separaron, se secaron y se le echo HNO ₃ . La parte afectada de los tallos, y la no afectada del tallo se cortaron, secaron y se separaron. El residuo se disolvió en agua destilada y el contenido de Pb en las muestras se determinó con un espectrómetro de absorción atómica.	A una concentración de 35.03 mg/L-1 de Pb acumuló 9550.78 ug/g-1.	Bedabati y Gupta (2016)
Eliminación de metales pesados del estuario utilizando <i>Phragmites australis</i>	China	-	<i>Phragmites australis</i>	Pb	Humedal artificial	24 meses	En primavera la temperatura oscilo entre 12.49 ± 1.92°C con un pH de 7.62 ± 1.19.	Se elaboró un humedal artificial, la estructura se dividió por dos partes cama flotante y estructura artificial, se tomaron muestras de agua cerca de la superficie. Con el fin de obtener la masa seca, los tejidos se secaron y se colocó una submuestra de cada muestra seca en una prueba de tubo de ensayo para la digestión ácida. En el proceso se agregaron diez mililitros de ácido nítrico y luego se aumentó un blanco. Después de la digestión ácida, las muestras de plantas se dejaron enfriar y luego se diluyeron con agua destilada. Finalmente, las	Remoción de Pb máximo en primavera 0.013 ± 0.003 mg/kg.	Huang et al. (2017)
							En verano con una temperatura de 26.82 ± 1.11°C y pH 6.67 ± 0.92.		Remoción en verano 0.016 ± 0.011 mg/kg.	
							En otoño con una temperatura de		Remoción en otoño 0.012 ± 0.004 mg/kg.	

						23.69 ± 0.26°C y un pH de 8.71 ± 0.47.	muestras se filtraron utilizando papel de filtro y filtro de membrana de nitrato de celulosa, después de lo cual se almacenaron en un refrigerador. Se determinó la concentración de metal utilizando un espectrofotómetro de emisión atómica de plasma.			
						En invierno con una temperatura de 15.16 ± 0,44°C y pH 7.84 ± 0.03.		Remoción en invierno 0.011 ± 0.001 mg/kg.		
Uso de dos micrófitos acuáticos para la eliminación de metales pesados del medio sintético	Irán	-	<i>Lemna gibba</i>	Cd	Ensayo de laboratorio	13 días	pH de 7 con una temperatura de 24±5 °C	Los experimentos se hicieron en un recipiente de plástico, se añadieron 20g de peso fresco de plantas a cada réplica del tratamiento, las plantas se lavaron con agua destilada, luego los pesos frescos y los pesos secos de las plantas se midieron. Las muestras secas de plantas se disolvieron en HNO ₃ y residuos resueltos en HCl. Después de la digestión, el metal fue determinado por el espectrofotómetro de absorción atómica.	Eliminación del 91% de Cd con una concentración de 4 mg/L-1.	Parnian et al. (2016)
			<i>Ceratophyll um demersum L</i>					Eliminación del 82% de Cd con una concentración de 2 mg/L-1		
La eficacia de <i>Salvinia molesta</i> y <i>Marsilea crenata</i> como fitorremediadores de la contaminación por plomo	Indonesia	-	<i>Salvinia molesta</i>	Pb	Sistema hidropónico	7 y 14 días	pH osciló entre 5.4 – 6.7 al comienzo del experimento y 6.5-7 al final.	Las plantas se cultivaron en un medio que contenía una solución de Pb. Después de adaptarlas al procedimiento, las plantas se limpiaron con agua destilada, y luego se colocaron en un acuario con varias concentraciones de Pb. Las plantas cosechadas se dividieron en dos partes: raíces y hojas. El rendimiento de biomasa vegetal se midió sobre la	El porcentaje de eliminación del Pb a una concentración de 15 ppm a los 7 días fue 98.96% y a los 14 días 98.89%.	Rachmadiarti y Trimulyono (2016)

			<i>Marsilea crenata</i>				base del peso seco. Cada parte se secó al horno. Los tejidos vegetales secos se molieron hasta obtener un polvo, estos fueron mezclados con 5 ml de HNO ₃ y diluido a 50 ml con agua destilada. Las muestras se analizaron utilizando un espectrofotómetro de absorción atómica.	El porcentaje de eliminación del Pb a una concentración de 15 ppm a los 7 días fue 97.22% y a los 14 días 80.07%.	
Eliminación de plomo y cadmio del agua utilizando lenteja de agua	India	-	<i>Lemna gibba</i>	Cd, Pb	Ensayo de laboratorio	7 días	Se utilizó pH de 5, 7 y 9 en una temperatura de 25 °C	<p>Se recolectó material vegetal y se llevó a laboratorio. Se inocularon 2.5g de material vegetal vivo en 250ml de solución de metal en un vaso de precipitado. Se recolectaron especímenes vivos de lenteja de agua de cada montaje experimental y se procesaron posteriormente para la estimación de la carga de metales pesados. Las muestras de plantas se secaron a 70°C para determinar el peso y luego se digirieron con un HNO₃ y H₂SO₄. Las muestras se diluyeron con agua ultrapura y se filtraron con papel de filtro. Finalmente, la muestra se analizó usando espectrofotómetro de absorción atómica.</p> <p>Eliminación de Cd 80% (2 mg/L a pH 5). Eliminación de Pb 97.7% (5 mg/L a pH 5). Eliminación de Cd 84.8% (2 mg/L a pH 7). Eliminación de Pb 98.1% (10 mg/L a pH 7). Eliminación de Cd 50.1% (2 mg/L a pH 9). Eliminación de Pb 68.7% (5 mg/L a pH 9).</p>	Verma y Suthar (2015)
Bioacumulación diferencial de metales pesados seleccionados de las aguas residuales por <i>Lemna minor</i>	India	-	<i>Lemna minor</i>	Cd	Ensayo de laboratorio	7 días	Temperatura ambiente y con un pH de 7.0 ± 0.2	<p>Las plantas recolectadas se llevaron a tanques con agua destilada. Se registró el peso húmedo de las plantas. En cada tanque se agregó 50g de plantas sanas y se trató con varias concentraciones de metales. Las plantas se secaron en la sombra y las muestras secas se homogeneizaron y molieron para producir un polvo fino. Las muestras se pesaron y se transfirieron a</p> <p>Acumuló 104.75 ppm de Cd en una concentración 1 mg/L</p>	Khan et al. (2020)

				Pb				matraces cónicos para luego añadir HNO ₃ y HClO ₄ . La mezcla se calentó durante la noche en una placa y luego se filtró a través de papel de filtro. Seguidamente, el filtrado se transfirió a un matraz, cada muestra se diluyó y analizó mediante un espectrofotómetro de absorción atómica.	Acumuló 5.3708 de Pb en una concentración de 10 mg/L	
--	--	--	--	----	--	--	--	---	--	--

Fuente: Elaboración propia.

Como muestran los resultados de la presente revisión, entre las especies más relevantes tenemos a *Nasturtium officinale*, teniendo la mayor tasa de remoción de plomo, esta especie pertenece a la familia *Brassicaceae*, comúnmente llamado berro de agua, tiene la capacidad de acumular plomo en sus raíces, considerándose como una especie estabilizadora, capaz de tolerar un pH de 5 (Márquez-Reyes *et al.*, 2020, p. 6). En el estudio de mismo autor se logró una remoción de plomo del 99% en un periodo de experimento de 11 días, evidenciando que, al aumentar las concentraciones del metal en la solución, se incrementa su acumulación, pero disminuye el índice de tolerancia. Por otro lado, Karzan y Dilshad (2020), en su investigación empleando *Nasturtium officinale* logro un porcentaje de eliminación de plomo del 92%, ello también evidenciando la acumulación de dicho metal en sus raíces debido a su elevada capacidad de metabolismo microbiano a través de la rizosfera que le permite la degradación de contaminantes (p. 3).

Asimismo, *Lemna minor* es una macrófita acuática flotante perteneciente a la familia Lemnaceae, también conocida como lenteja de agua requiere un pH de 5 a 9 con una temperatura de 6 a 33°C para su crecimiento (Ekperusi, Sikoki y Nwachukwu, 2019, p. 289). En el estudio de Bokhari *et al.* (2016), *Lemna minor* fue altamente eficiente en la remoción de Cd con un 94% y Pb con el 97.4% en un periodo de 31 días, pero acumulando la concentración máxima de cadmio en el día 3, después se encontró una disminución con el aumento del tiempo, en cambio en el caso de la concentración de plomo se incrementó con el tiempo hasta el día 24, después se observó una ligera reducción al finalizar el experimento (p. 6); sin embargo, para Sasmaz *et al.* (2015), en su investigación acumulo 55 mg/kg-1 de plomo durante un periodo de 8 días de experimento, aumentando la acumulación especialmente durante los días 2 y 8, el resto de los días se observaron variaciones en aumentos y disminuciones (p. 6), y para khan *et al.* (2020) destaca la eficacia de *Lemna minor* como fitorremediador de diferentes metales pesados, es así que en su investigación logró acumular 104.75 ppm de cadmio en una concentración de 1 mg/L y 5.3708 ppm de plomo en una concentración de 10 mg/L, durante un periodo de 7 días; no obstante, manifiesta los efectos negativos que causan los metales a la macrófita acuática que con 1 mg/L de Cd provocó un aumento de clorosis y con 10 mg/L de Pb causó una clorosis severa y necrosis (p. 4-5).

Verma y Suthar (2015), manifiesta que *Lemna gibba* es una planta acuática flotante perteneciente a la familia *Lemnaceae*, los géneros *Lemna* han aparecido como candidatos potenciales para diseñar una instalación de fitorremediación de metales pesados, tolerando un pH de 5 a 9, por ello en su investigación realizada durante un periodo de 7 días logró la máxima eliminación de plomo del 98.1% en una concentración de 10 mg/L y el 84.8% de cadmio en una concentración de 2 mg/L, siendo un pH de 7 como el más óptimo, considerando a *Lemna gibba* como un agente biológico en el diseño de un sistema de fitorremediación de metales, además de ser una técnica de tratamiento económica (p. 2-4-7). Por otro lado, Parnian *et al.* (2016), en su estudio realizado de 13 días analizando en concentraciones de 6, 4, 2 y 1 mg/L-1 la acumulación de cadmio, alcanzó la máxima eliminación del 91% en una concentración de 4 mg/L-1, siendo más eficiente a concentraciones bajas, además que fue disminuyendo la acumulación de Cd hasta el día 13, considerándose a *Lemna gibba* una buena opción para la fitorremediación de cadmio (p. 3-6).

En relación a *Phragmites australis* es una hierba perenne de la familia Gramineae, considerada como una especie de fitorremediación de contaminantes debido a que crece en entornos con diferentes condiciones ambientales y puede absorber y acumular una amplia gama de contaminantes en los tejidos subterráneos y aéreos, tolerando un pH de 6.67 a 10 (Rezania *et al.*, 2019, p. 2-10). Por ello, Huang *et al.* (2017) en su investigación que duro 24 meses, da como resultados que la mayor remoción de plomo fue 0.016 mg/kg en verano con un pH de 6.67 y una temperatura de 26.82°C, acumulando las concentraciones de Pb en los tejidos de las superficies (p. 6-8). En cambio, Homaidan *et al.* (2020) aplicó un proceso de fitorremediación con *Phragmites australis*, el cual indica que la especie es eficiente en aguas contaminadas teniendo una capacidad de adsorción de 0,44 µg/ml pb y 0,04 µg/ ml Cd en un periodo de 72 horas, esto a su vez denota que las concentraciones más altas se dieron en las raíces determinando que es una especie potencial para ser utilizada en el tratamiento de aguas contaminadas por metales (p.4-6). De igual manera, Bello *et al.* (2018) en su estudio logro una remoción del 78% en el caso del cadmio y 97.12% de plomo, para ambos casos con un pH 10 que condujo a una eliminación ligera en un periodo de tiempo de 15 días. Asimismo, esta especie mostro la capacidad de transportar los metales por

todo el tejido, siendo raíz la parte donde se dio inicialmente la concentración de los metales tomando un papel activo en la absorción de los mismos (p.4-7).

Parnian *et al.* (2016), indica que *Ceratophyllum demersum* perteneciente a la familia Ceratophyllaceae es una planta perenne sumergida, flotante, desarraigada y de distribución cosmopolita. Este hidrofito tiene una alta capacidad de producción de biomasa y reproducción vegetativa incluso en las limitadas condiciones nutricionales, tolerando un pH de 5.8 a 7; por ello, que en su estudio obtuvo como resultado la eliminación del 82% de cadmio en una concentración de 2mg/L-1 durante un periodo de 13 días, se analizó concentraciones de 1,2,4 y 6 mg/L-1, evidenciando que concentraciones bajas era mayor el resultado de eliminación (p. 2-3). En cambio, Dogan, Karatas y Aasim (2018) en su investigación tienen como resultado una acumulación máxima de 2668.33 mg/kg en una concentración de 2mg/L de cadmio y 22,504.10mg/kg a una concentración de 100mg/L de plomo, en un periodo de 5 días, evidenciando que las concentraciones de Pb y Cd en *Ceratophyllum demersum* aumenta con el aumento de concentraciones y la duración de exposición, asimismo, se evidencio que el pigmento fotosintético de las plantas expuestas a ambos metales disminuyó significativamente con el aumento de la concentración y duración de metales pesados (p. 3-7).

Acerca de los microorganismos, entre los más relevantes de la presente revisión tenemos a *Bacillus subtilis* con una tasa de biosorción de plomo y cadmio equivalente a 93.01%. Cabe mencionar, se trata de un microorganismo perteneciente al reino monera frecuentemente utilizado para el tratamiento de aguas contaminadas con cadmio y plomo (Ren *et al.*, 2015, p. 5). Asimismo, Mandragutti *et al.* (2021) indico que las bacterias modifican la concentración de metales pesados en el ambiente, pues estos cuentan con mecanismos enzimáticos y no enzimáticos para remover dichos metales. De igual forma, el investigador determinó un porcentaje máximo de remoción para el cadmio de 74.14% (p. 3). Por último, mencionaremos el estudio donde se eliminó plomo y cadmio con lipopeptidos producidos por el *Bacillus subtilis* definiendo una tasa de remoción por encima del 80% para el plomo y menor del 80% para cadmio (Zhao *et al.*,2020, p.5). De acuerdo, a lo descrito líneas arriba podemos afirmar que el *Bacillus subtilis* es un microorganismo ideal en el proceso de biorremediación de aguas

contaminadas por cadmio y plomo, teniendo como objetivo la reducción de la carga de los mismos, hasta alcanzar niveles permitidos según la normativa vigente en temas ambientales.

Por otro lado, el microorganismo que tiene una mayor tasa de adsorción es *Rhizopus oryzae* con el 95,66% para plomo y un 94,55% de cadmio; dicho microorganismo pertenece al reino fungí, su mecanismo de adsorción se les atribuye a los grupos funcionales de la pared celular fúngica y los procesos que se dan en ella tales como el intercambio iónico y complejación con los grupos funcionales presentes en el hongo, este se cultivó con una temperatura de 25 °C y un pH 6 en un periodo de tiempo igual a 70 minutos (Behrouz et al.,2018, p. 6). De modo similar, Apaza y Valderrama (2020), indica que la biomasa de *Rhizopus oryzae* logra remover eficientemente el metal plomo, determinándose los parámetros óptimos para la remoción de los valores es a un pH de 5, temperatura de 25°C y concentración inicial de metal de 50 ppm con los que se logra una absorción entre el 85,49 %, 84,19 % y 99,90 % respectivamente concluyendo que es una alternativa para tratar aguas contaminadas por plomo (p. 1-2). Posteriormente, según Corral et al. (2019), manifestó que *Agaricus bisporus* actúa como agente biorremediador en la eliminación de metales pesados con una eficiencia de remoción del 87% de Pb en un periodo de 35 días (p. 1-5). Por otro lado, Kumar, Kumar y Kumar (2019), manifiesto en su investigación que el *Agaricus bisporus* es capaz digerir concentraciones elevadas de metales pesados como el Pb con un valor de 0.04 – 0.06, esto indica, que dicho organismo tiene una capacidad potencial para la remoción de este metal en medios acuáticos (p. 4). Según Jin et al. (2017), señala que la cepa *Alcaligenes sp* del reino monera, requiere una temperatura 30 °C y un pH de 5 para desarrollar la capacidad biosorción del 85.2% de plomo en un tiempo de 30 min (p. 5). En este sentido, podemos citar la investigación realizada por kaur, Kumar y Kumar (2020), la cual consistió en una caracterización bioquímica donde se utilizó un gen del *Alcaligenes sp*, logrando un nivel elevado de remoción de cadmio de 63.04 % durante un periodo de tiempo de 72 horas. En base, a lo mencionado podemos afirmar que *Alcaligenes sp* es un organismo con capacidad comprobada de bioadsorción de plomo y cadmio, siendo una bacteria idónea para la aplicación de tecnología con el objetivo de tratar aguas contaminadas por metales pesados (p. 4).

V. CONCLUSIONES

Según los estudios analizados se evidencio que, durante los últimos años ante la problemática de la contaminación del agua, producida por metales pesados constituye un grave problema para salud del ser humano, así como para el medio ambiente, es por ello que se viene empleando especies vegetales y microorganismos para su tratamiento como una alternativa económica, ecológica y eficaz, por tal motivo se determina que:

Las tecnologías biológicas que inciden en el tratamiento de aguas contaminadas por Cadmio (II) y Plomo (II) son 26 plantas, donde las más aplicadas son *Lemna minor*, *Lemna gibba*, *Phragmites australis*, *Ceratophyllum demersum*, *Nasturtium officinale*, y 11 microorganismos los cuales se dividieron en 7 de reino monera y 5 de reino fungí, siendo el *Bacillus subtilis* el más utilizado.

La capacidad de erradicación de las tecnologías biológicas en caso de las especies vegetales varía desde el 52% hasta el 99% de eliminación de Cadmio (II) y Plomo (II), siendo el más eficaz *Nasturtium officinale* con el 99% de eliminación de Plomo (II) y *Lemna minor* con el 94% de eliminación de Cadmio (II), acumulando los metales en la raíz y tejidos respectivamente; del mismo modo, la tasa de remoción de microorganismos varía desde el 14.4% hasta 95.66%, identificando al más eficaz entre los estudios analizados a la bacteria *Rhizopus oryzae* con el 95.66% de adsorción de Plomo (II) y el 94.55% de Cadmio (II).

Finalmente, los parámetros fisicoquímicos que inciden en el tratamiento de aguas contaminadas por Cadmio (II) y Plomo (II) son el pH y la temperatura; las especies vegetales toleran un pH de 5 a 9 y una temperatura de 12.49 a 25°C, el rango de estos parámetros para el tratamiento se elige en base al potencial de supervivencia de cada especie, por ello en los artículos analizados se selecciona los parámetros sobre la base de la dinámica de crecimiento competitivo; en caso de los microorganismos, estos pueden resistir un pH de condiciones acidas o alcalinas variando de 2 a 12, evidenciándose que en bacterias en un pH ácido hay una mejor remoción de metales pesados por la formación de hidroxocomplejos en las soluciones acuosas buscando un equilibrio entre los iones presentes. En cuanto a la temperatura, podemos indicar que es un parámetro que influye directamente

sobre a bioadsorción de metales, ya que, incrementa la energía existente en el sistema para lograr un mejor enlace entre la superficie del microorganismo y los metales pesados.

VI. RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar un estudio más profundo, donde se analice la influencia de los parámetros fisicoquímicos en el tratamiento de aguas contaminadas por metales pesados.

Asimismo, se debe identificar los métodos de tratamiento que se aplican en la eliminación de metales pesados presentes en el agua, para así poder determinar el de mayor efectividad.

Se recomienda una mayor difusión del uso de las tecnologías biológicas en el tratamiento de aguas contaminadas por metales pesados, puesto que su aplicación es económicamente viable comparado con otros tratamientos.

Se debe conocer los impactos negativos o positivos de la aplicación de las especies vegetales y microorganismos en el tratamiento de aguas contaminadas por metales pesados.

REFERENCIAS

1. ACOSTA, Ismael., [et al.]. Bioremoval of Different Heavy Metals by the Resistant Fungal Strain *Aspergillus niger*. *Bioinorganic Chemistry and Applications* [en línea]. 2018. [Fecha de consulta: 08 de julio de 2021].
Disponible en <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85062443645&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&sid=e05b4b170924740895e719208935afb5&sot=b&sdt=b&sl=25&s=DOI%2810.1155%2f2018%2f3457196%29&relpos=0&citeCnt=15&searchTerm=>
ISSN: 1565-3633.
2. ALCÁZAR, F., [et al.]. Lead removal from aqueouscontenidosolution by spherical agglomeration using an extract of agave lechuguilla torr. As biosurfactant. *Revista Mexicana de Ingeniera Quimica* [en línea]. 2020, vol. 19, nº. 1, pp. 80. [Fecha de consulta: 10 de junio de 2021].
Disponible en <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85073375513&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&sid=47d776dd00b97dc4a0f6c1fe421813d8&sot=b&sdt=b&sl=25&s=DOI%2810.24275%2frmiq%2fBio491%29&relpos=0&citeCnt=10&searchTerm=>
ISSN: 16652738.
3. AYANGBENRO, Ayansina. y BABALOLA, Olubukola. A new strategy for heavy metal polluted environments: A review of microbial biosorbents. *International Journal of Environmental Research and Public Health* [en línea]. 2017, vol. 14, nº. 1, pp. 2-10. [Fecha de consulta: 10 de junio de 2021].
Disponible en <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85010715446&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&sid=08156393dc40bab8171d76484a5b1168&sot=b&sdt=b&sl=27&s=DOI%2810.3390%2fijerph14010094%29&relpos=0&citeCnt=469&searchTerm=>
ISSN: 16617827.

4. AZCONA, María, RAMÍREZ, Ribani y VICENTE, Gabriela. Efectos tóxicos del plomo. *Revista de Especialidades Médico-Quirúrgicas* [en línea]. 2015, vol. 20, nº. 1, pp. 3. [Fecha de consulta: 13 de junio de 2021].
 Disponible en <https://www.redalyc.org/pdf/473/47345916012.pdf>
 ISSN: 1665-7330.
5. AZUERO, Ángel. Importance of the methodological framework in the development of research projects. *Revista Arbitrada Interdisciplinaria Koinonía* [en línea]. 2019, vol. 4, nº. 8, pp. 119. [Fecha de consulta: 03 de julio de 2021].
 Disponible en <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7062667>
 ISSN: 2542-3088.
6. BELTRÁN, Mayra y GÓMEZ, Alida. Heavy metals (Cd, Cr and Hg): impact on environment and possible biotechnological strategies for remediation. *Facultad de Ciencias e Ingeniería* [en línea]. 2015, vol. 2, nº. 2, pp. 2-3. [Fecha de consulta: 14 de mayo de 2021].
 Disponible en <https://revistasdigitales.uniboyaca.edu.co/index.php/reiv3/article/view/113>
 ISSN: 2539-1453, 2346-2329.
7. BEDABATI, Laitonjam y GUPTA, Abhik. Phytoremediation of lead using Ipomoea aquatica Forsk. in hydroponic solution. *Chemosphere* [en línea]. 2016, vol. 156. [Fecha de consulta: 09 de julio de 2021].
 Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045653516306270>
 ISSN: 0045-6535.
8. BOKHARI, Syeda., [et al.]. Phytoremediation potential of Lemna minor L. for heavy metals. *International Journal of Phytoremediation* [en línea]. 2016, vol. 18, nº. 1. [Fecha de consulta: 08 de julio de 2021].
 Disponible en <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-84946148556&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&sid=bb8aa7935d045aa4906ed7748d0dbee6&sot=b&sdt=b&sl=34&s=DOI%2810.1080%2f15226514.2015.1058331%29&relpos=0&citeCnt=58&searchTerm=>

ISSN: 1522-6514.

9. BOJÓRQUEZ, Carolina, FRÍAS, Martín y VOLTOLINA, Domenico. Removal of cadmium and lead by adapted strains of *Pseudomonas aeruginosa* and *Enterobacter cloacae*. *Revista internacional de contaminación ambiental* [en línea]. 2016, vol. 32, n°. 4. [Fecha de consulta: 08 de julio de 2021].

Disponible en <http://www.scielo.org.mx/pdf/rica/v32n4/0188-4999-rica-32-04-00407.pdf>

ISSN: 0188-4999.

10. CAYETANO, Paolo. Tecnologías para la recuperación de agua contaminada con metales pesados: plomo, cadmio, mercurio y arsénico. *Boletín Tecnológico N° 3* [en línea]. 2019, pp. 4. [Fecha de consulta: 14 de mayo de 2021].

Disponible en <https://web.ins.gob.pe/sites/default/files/Archivos/ogitt/cati/3%20BOLET%20C3%8DN%20T%20C3%89CNOLOGICAS%20N-3%202019.pdf>

11. CÓRDOBA, Cynthia, VEGA, Marina y MUÑOZ, María. Removal of Pb²⁺ and Cd²⁺ from an aqueous solution using the aquatic inert macrophyte *Typha latifolia*. *Revista Internacional de Contaminacion Ambiental* [en línea]. 2019, vol. 35, n°. 3, pp. 20-24. [Fecha de consulta: 10 de junio de 2021].

Disponible en <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85078069781&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&sid=158d3a8341bfb4c1a66256c734c2e784&sot=b&sdt=b&sl=35&s=DOI%2810.20937%2fRICA.2019.35.esp03.03%29&relpos=0&citeCnt=0&searchTerm=>

ISSN: 01884999.

12. COLÓN, Abner. Heavy metal analysis at the Cerrillos de Ponce Reservoir, Puerto Rico. *Revista interamericana de ambiente y turismo* [en línea]. 2019, vol. 15, n°. 1, pp. 2. [Fecha de consulta: 13 de junio de 2021].

Disponible en https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-235X2019000100002

ISSN: 0718-235X.

13. DOGAN, Muhammet, KARATAS, Mehmet y AASIM, Muhammad. Cadmium and lead bioaccumulation potentials of an aquatic macrophyte *Ceratophyllum demersum* L.: A laboratory study. *Ecotoxicology and Environmental Safety* [en línea]. 2018, vol. 148. [Fecha de consulta: 09 de julio de 2021].
Disponibile en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0147651317307352>
ISSN: 0147-6513.
14. ESCUDERO, Carlos. y CORTEZ, Liliana. Técnicas y métodos cualitativos para la investigación científica [en línea]. 1.ª ed. Ecuador: Universidad Técnica de Machala, 2018. [Fecha de consulta: 01 de julio de 2021].
Disponibile en <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/12501>
ISBN: 978-9942-24-092-7
15. EKPERUSI, Abraham, SIKOKI, Francis y NWACHUKWU, Eunice. Application of common duckweed (*Lemna minor*) in phytoremediation of chemicals in the environment: State and future perspective. *Chemosphere* [en línea]. 2019, vol. 223, pp.289. [Fecha de consulta: 06 de agosto de 2021]
Disponibile en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045653519302413>
ISSN: 0045-6535.
16. FERNÁNDEZ, Rocío., [et al.]. Bioaccumulation of heavy metals in *Limnobium laevigatum* and *Ludwigia peploides*: their phytoremediation potential in water contaminated with heavy metals. *Environmental Earth Sciences* [en línea]. 2018, vol. 77, nº. 11. [Fecha de consulta: 09 de julio de 2021].
Disponibile en <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85047480583&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&nlo=&nlr=&nls=&sid=fc89fccb3080114d5ea5d672c710c585&sot=b&sdt=cl&cluster=scopubyr%2c%222018%22%2ct&sl=25&s=ALL%28%22Ludwigia+peploides%22%29&relpos=11&citeCnt=5&searchTerm=>
ISSN: 1866-6280.
17. FLORES, Aki., [et al.]. Biosorption of heavy metals on *Opuntia fuliginosa* and *Agave angustifolia* fibers for their elimination from water. *International Journal of*

Environmental Science and Technology [en línea]. 2021, vol. 18, nº. 2, pp. 13.
[Fecha de consulta: 10 de junio de 2021].

Disponible en <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85087630158&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&sid=eff625b08153cc564b50d260bc32c6da&sot=b&sdt=b&sl=31&s=DOI%2810.1007%2fs13762-020-02832-8%29&relpos=0&citeCnt=1&searchTerm=>

ISSN: 17351472.

18. FLORES, Ana, PICHARDO, María y GARCÍA, Juana. Document Analysis of Quality Management Systems by Means of a Conceptual Cartography. *Entramados: educación y sociedad* [en línea]. 2017, nº. 4, pp. 165. [Fecha de consulta: 01 de julio de 2021].

Disponible en <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6223266>

ISSN: 2422-6459.

19. GARZÓN, Jennyfer, RODRÍGUEZ, Juan y HERNÁNDEZ, Catalina. Aporte de la biorremediación para solucionar problemas de contaminación y su relación con el desarrollo sostenible. *Bogotá, Colombia: Universidad y Salud* [en línea]. 2017, pp. 309-318. [Fecha de consulta: 07 de julio de 2021].

Disponible en <https://revistas.udenar.edu.co/index.php/usalud/article/view/3120/pdf>

ISSN: 01247107.

20. GONZÁLEZ, Víctor., [et al.]. Evaluación del riesgo de contaminación por metales pesados (Hg y Pb) en sedimentos marinos del Estero Huaylá, Puerto Bolívar, Ecuador. *Revista del Instituto de investigación de la Facultad de Minas, Metalurgia y Ciencias geográficas* [en línea]. 2018, vol 21 N° 41, pp. 75–82. [Fecha de consulta: 07 de julio de 2021].

Disponible en <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/iigeo/article/view/14995>

ISSN: 15610888.

21. GUO, Han., [et al.]. Evaluation of cadmium hyperaccumulation and tolerance potential of *Myriophyllum aquaticum*. *Ecotoxicology and Environmental Safety* [en línea]. 2020, vol. 195. [Fecha de consulta: 09 de julio de 2021].
Disponible en <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85081891439&origin=resultslist&sort=lfpt&src=s&sid=3f2d2e5e0bf7e853dcf6554493e05d78&sot=b&sdt=b&sl=106&s=TITLE-ABS-KEY%28%22Evaluation+of+cadmium+hyperaccumulation+and+tolerance+potential+of+Myriophyllum+aquaticum%22%29&relpos=0&citeCnt=4&searchTerm=>
ISSN: 0147-6513.
22. GUPTA, Vinod, NAYAK, Arunima y AGARWAL, Shilpi. Bioadsorbents for remediation of heavy metals: Current status and their future prospects. *Environmental Engineering Research* [en línea]. 2015, vol. 20, n°. 1, pp. 12. [Fecha de consulta: 10 de junio de 2021].
Disponible en <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-84926364912&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&sid=b8a1c774f7deed2e013dc95b8c0069fc&sot=b&sdt=b&sl=25&s=DOI%2810.4491%2feer.2015.018%29&relpos=0&citeCnt=554&searchTerm=>
ISSN: 12261025.
23. HERNÁNDEZ, Yenisei., [et al.]. Toxicidad del Cadmio en las plantas y estrategias para disminuir sus efectos. Estudio de caso: El tomate. *Cultivos Tropicales* [en línea]. 2019, vol. 40, n°. 3, pp. 1. [Fecha de consulta: 13 de junio de 2021].
Disponible en <http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v40n3/1819-4087-ctr-40-03-e10.pdf>
ISSN: 0258-5936.
24. HOSEINZADEH, S., SHAHABIVAND, S. y ALILOO, A. Toxic metals accumulation in *Trichoderma asperellum* and *T. harzianum*. *Microbiology (Russian Federation)* [en línea]. 2017, vol. 86, n°. 6. [Fecha de consulta: 08 de julio de 2021].

Disponible en <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85037056775&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&sid=4d3f51f2028400fa0f430297b31bdd9d&sot=b&sdt=b&sl=30&s=DOI%2810.1134%2fS0026261717060066%29&relpos=0&citeCnt=10&searchTerm=>

ISSN: 00262617.

25. HOMAIDAN, Ali., [et al.]. Accumulation of heavy metals in a macrophyte *Phragmites australis*: implications to phytoremediation in the Arabian Peninsula wadis. *Environmental Monitoring and Assessment* [en línea]. 2020, vol. 192, N° 3, pp.1-10. Scopus. [Fecha de consulta: 10 de junio de 2021].

Disponible en <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85080115170&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&sid=cbf3087906a211fae09edfc7d0e3a2b0&sot=b&sdt=b&sl=30&s=DOI%2810.1007%2fs10661-020-8177-6%29&relpos=0&citeCnt=6&searchTerm=>

ISSN: 01676369.

26. HUANG, Xiaofeng., [et al.]. Removal of Cu, Zn, Pb, and Cr from Yangtze Estuary Using the *Phragmites australis* Artificial Floating Wetlands. *BioMed Research International* [en línea]. 2017. [Fecha de consulta: 09 de julio de 2021].

Disponible en <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85021968889&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&sid=1b78ac1b12a5600dd81e208ecf9f71e5&sot=b&sdt=b&sl=25&s=DOI%2810.1155%2f2017%2f6201048%29&relpos=0&citeCnt=12&searchTerm=>

ISSN: 2314-6133.

27. JAYAKUMAR, V., [et al.]. Sustainable removal of cadmium from contaminated water using green alga – Optimization, characterization and modeling studies. *Environmental Research* [en línea]. 2021, vol. 199. [Fecha de consulta: 09 de julio de 2021].

Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0013935121006587>

ISSN: 0013-9351.

28. JARA, Enoc., [et al.]. Accumulation of heavy metals in *Calamagrostis rigida* (Kunth) Trin. ex Steud. (Poaceae) and *Myriophyllum quitense* Kunth (Haloragaceae) evaluated in four high Andean wetlands of Peru. *Arnaldoa* [en línea]. 2017, vol. 24, n°. 2, pp. 585-586. [Fecha de consulta: 13 de mayo de 2021].

Disponible

en

http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2413-32992017000200010&lng=es&nrm=iso&tlng=es

ISSN: 2413-3299.

29. JOHNSON, Jessica, ADKINS, Donna y CHAUVIN, Sheila. A Review of the Quality Indicators of Rigor in Qualitative Research. *American Journal of Pharmaceutical Education* [en línea]. 2020, vol. 84, n°. 1, pp. 145. [Fecha de consulta: 3 de julio de 2021].

Disponible en <https://www.ajpe.org/content/84/1/7120>

ISSN: 0002-9459, 1553-6467.

30. KHAN, Mohd., [et al.]. Differential Bioaccumulation of Select Heavy Metals from Wastewater by *Lemna minor*. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* [en línea]. 2020, vol. 105, n°. 5. [Fecha de consulta: 10 de julio de 2021].

Disponible en <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85092374049&origin=resultslist&sort=lfpt&src=s&sid=deca6fe2ab23a21ef048486c6e689bd4&sot=b&sdt=b&sl=31&s=DOI%2810.1007%2fs00128-020-03016-3%29&relpos=0&citeCnt=2&searchTerm=>

ISSN: 0007-4861.

31. KIM, In Hwa., [et al.]. Development of a microbe-zeolite carrier for the effective elimination of heavy metals from seawater. *Journal of Microbiology and Biotechnology* [en línea]. 2015, vol. 25, n°. 9, pp. 1544. [Fecha de consulta: 10 de junio de 2021].

Disponible en <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-84941896449&origin=resultslist&sort=plf>

[f&src=s&sid=2bfa78326ec5490349c094f0d7b2c50b&sot=b&sdt=b&sl=27&s=DOI%2810.4014%2fjmb.1504.04067%29&relpos=0&citeCnt=25&searchTerm=](https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.127401)
ISSN: 10177825.

32. LI, Chonghua., [et al.]. Contrasting detoxification mechanisms of *Chlamydomonas reinhardtii* under Cd and Pb stress. *Chemosphere* [en línea]. 2021, vol. 274. Scopus. [Fecha de consulta: 10 de julio de 2021].

Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S004565352100240X>

ISSN: 129771.

33. MÁRQUEZ, Julia., [et al.]. Evaluation of the synergistic effects of chromium and lead during the process of phytoremediation with watercress (*Nasturtium officinale*) in an artificial wetland. *Biotechnia* [en línea]. 2020, vol. 22, n°. 2. [Fecha de consulta: 10 de julio de 2021].

Disponible en <http://www.scielo.org.mx/pdf/biotechnia/v22n2/1665-1456-biotechnia-22-02-171.pdf>

ISSN: 1665-1456, 1665-1456.

34. MORENO, Joana; VELARDE, Kristina. Aislamiento, caracterización y usos potenciales de microorganismos de tierra de montaña y subtropical durante el periodo 2016. [en línea]. 2016. [Fecha de consulta: 23 de junio de 2021].

Disponible en <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/6276>

35. PABÓN, E., [et al.]. Water contamination by heavy metals, analysis methods and removal technologies. A review. *Entre Ciencia e Ingeniería* [en línea]. 2020, vol. 14, n°. 27, pp. 10. [Fecha de consulta: 13 de mayo de 2021].

Disponible en http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1909-83672020000100009&lng=en&nrm=iso&tlng=es

ISSN: 1909-8367.

36. NIETO, Esteban. Tipos De Investigación. *Universidad Santo Domingo de Guzmán* [en línea]. 2018. [Fecha de consulta: 22 de junio de 2021].

Disponible en <http://repositorio.usdg.edu.pe/handle/USDG/34>

ISSN: 1989-9106.

37. PARNIAN, Amir., [et al.]. Use of two aquatic macrophytes for the removal of heavy metals from synthetic medium. *Ecohydrology & Hydrobiology* [en línea]. 2016, vol. 16, n°. 3. [Fecha de consulta: 09 de julio de 2021].
Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1642359316300210>
ISSN: 1642-3593.
38. PÉREZ, Lizandra., [et al.]. Zinc and cadmium removal by bacteria: Study of factors associated to the process. *Tecnología y Ciencias del Agua* [en línea]. 2020, vol. 11, n°. 3, pp. 27. [Fecha de consulta: 15 de junio de 2021].
Disponible en <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85089711775&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&sid=0a9afca28bedf68fd4f0181b492117ed&sot=b&sdt=b&sl=31&s=D0I%2810.24850%2fj-tyca-2020-03-09%29&relpos=0&citeCnt=1&searchTerm=>
ISSN: 0187-8336.
39. QUISPE, Raúl., [et al.]. Concentration of heavy metals: chrome, cadmium and lead in surface sediments in the river Coata, Perú. *Revista Boliviana de Química* [en línea]. 2019, vol. 36, n°. 2, pp. 2. [Fecha de consulta: 13 de junio de 2021].
Disponible en http://www.scielo.org.bo/pdf/rbq/v36n2/v36n2_a03.pdf
ISSN: 2078-3949, 0250-5460
40. RAI, Prabhat. Heavy metals/metalloids remediation from wastewater using free floating macrophytes of a natural wetland. *Environmental Technology & Innovation* [en línea]. 2019, vol. 15. [Fecha de consulta: 08 de julio de 2021].
Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352186418306151>
ISSN: 2352-1864.
41. RACHMADIARTI, F. y TRIMULYONO, G. The efficacy of salvinia molesta mitch. and marsilea crenata presl. as phytoremediators of lead pollution. *Journal of Applied Horticulture* [en línea]. 2018, vol. 20, n°. 1. [Fecha de consulta: 09 de julio de 2021].
Disponible en <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85062399614&origin=resultslist&sort=lpf->

[t&src=s&sid=70952302143b28d4c531dc341e84df8a&sot=b&sdt=b&sl=123&s=](https://www.scribd.com/document/70952302143b28d4c531dc341e84df8a)
[TITLE-ABS-](#)
[KEY%28%22The+efficacy+of+Salvinia+molesta+Mitch.+and+Marsilea+crenata](#)
[++Presl.+as+phytoremediators+of+lead+pollution%22%29&relpos=0&citeCnt=](#)
[1&searchTerm=](#)

ISSN: 0972-1045.

42. REZANIA, Shahabaldin., [et al.]. Phytoremediation potential and control of *Phragmites australis* as a green phytomass: an overview. *Environmental Science and Pollution Research* [en línea]. 2019, vol. 26, n°. 8, pp. 2-10. [Fecha de consulta: 06 de agosto de 2021].

Disponible en <https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-019-04300-4>

ISSN: 1614-7499.

43. REYES, Yulieth., [et al.]. Heavy metals contamination: implications for health and food safety. *Ingeniería Investigación y Desarrollo* [en línea]. 2016, vol. 16, n°. 2, pp. 66-77. [Fecha de consulta: 14 de mayo de 2021].

Disponible en <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6096110>

ISSN: 2422-4324, 1900-771X.

44. RODRÍGUEZ, Dunia. Intoxicación ocupacional por metales pesados. *MEDISAN* [en línea]. 2017, vol. 21, n°. 12, pp. 1. [Fecha de consulta: 13 de junio de 2021].

Disponible en <http://scielo.sld.cu/pdf/san/v21n12/san122112.pdf>

ISSN: 1029-3019.

45. ROMERO, Teresita y VARGAS, Dabiel. Uso de microorganismos eficientes para tratar aguas contaminadas. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental* [en línea]. 2017, vol. XXXVIII, No. 3. Scielo. [Fecha de consulta: 23 de junio de 2021].

Disponible en <http://scielo.sld.cu/pdf/riha/v38n3/riha08317.pdf>

ISSN: 1815591.

46. RISCO, A. Guía para elegir el tema de investigación. Universidad de Lima, Facultad de Ciencias Empresariales y Económicas, Carrera de Negocios Internacionales [en línea]. 2020. [Fecha de consulta: 17 de junio de 2021].

Disponible en <http://repositorio.ulima.edu.pe/handle/20.500.12724/10783>

ISSN: 00335533.

47. SASMAZ, Merve., [et al.]. The potential of Lemna gibba L. and Lemna minor L. to remove Cu, Pb, Zn, and As in gallery water in a mining area in Keban, Turkey. *Journal of Environmental Management* [en línea]. 2015, vol. 163. [Fecha de consulta: 08 de julio de 2021].

Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479715302334>

ISSN: 0301-4797.

48. Sistema Nacional de Evaluación, Acreditación y Certificación de la Calidad Educativa [SINEACE], Guía de Técnicas e Instrumentos de recojo de información para Evaluadores Externos [en línea]. 2020. [Fecha de consulta: 01 de julio de 2021].

Disponible en <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1395978/Gu%C3%ADa%20de%20T%C3%A9cnicas%20e%20Instrumentos%20de%20recojo%20de%20informaci%C3%B3n%20para%20Evaluadores%20Externos.pdf.pdfGARZ>

49. SOLANKI, Praveen., [et al.]. Assessment of Cadmium Scavenging Potential of Canna indica L. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* [en línea]. 2018, vol. 101, n°. 4. [Fecha de consulta: 08 de julio de 2021].

Disponible en <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85052139492&origin=resultslist&sort=lfp-t&src=s&sid=d71eaeb9609635794a95c3d1d242eade&sot=b&sdt=b&sl=78&s=TITLE-ABS-KEY%28%22Assessment+of+Cadmium+Scavenging+Potential+of+Canna+indica+L.%22%29&relpos=0&citeCnt=6&searchTerm=>

ISSN: 0007-4861.

50. SRIVASTAVA, Shalini., AGRAWAL, S. y MONDAL, M. A review on progress of heavy metal removal using adsorbents of microbial and plant origin. *Environmental Science and Pollution Research* [en línea]. 2015, vol. 22, n°. 20, pp. 24. [Fecha de consulta: 10 de junio de 2021].

Disponible en <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-84945461010&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&sid=eaae4a4898e76c4cfcf73ca0d0ab863c&sot=b&sdt=b&sl=30&s=DOI%2810.1007%2fs11356-015-5278-9%29&relpos=0&citeCnt=89&searchTerm=>
ISSN: 09441344.

51. TRIPATHI, Sonam., [et al.]. Distillery wastewater detoxification and management through phytoremediation employing *Ricinus communis* L. *Bioresource Technology* [en línea]. 2021, vol. 333. Scopus. [Fecha de consulta: 10 de junio de 2021].

Disponible en <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85105833256&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&sid=e4d6942fdeeb6d9e1f2375636cedb887&sot=b&sdt=b&sl=35&s=DOI%2810.1016%2fj.biortech.2021.125192%29&relpos=0&citeCnt=6&searchTerm=>
ISSN: 09608524.

52. USECHE, María., [et al.]. Técnicas e instrumentos de recolección de datos Cualit-Cuantitativos [en línea]. 2019 [Fecha de consulta: 01 de julio de 2021].

Disponible en https://www.academia.edu/44142559/T%C3%A9cnicas_e_instrumentos_de_recolecti%C3%B3n_de_datos_Cuali_cuantitativos
ISBN: 978-956-603-704-0.

53. UBUZA, Lanal., [et al.]. Assessment of the potential of duckweed (*Lemna minor* L.) in treating lead contaminated water through phytoremediation in stationary and recirculated set ups. *Environmental Engineering Research* [en línea]. 2020, vol. 25, Nº. 6, pp. 977-982. [Fecha de consulta: 11 de julio de 2021].

Disponible en <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85090883056&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&sid=df1652599e51310319c57566dcdf2283&sot=b&sdt=b&sl=25&s=DOI%2810.4491%2feer.2019.258%29&relpos=0&citeCnt=3&searchTerm=>
ISSN: 12261025.

54. VARELA, Margarita y VIVES, Tania. Trustworthiness and quality in qualitative educational research: Multivocality. *Investigación en Educación Médica* [en línea]. 2016, vol. 5, nº. 19, pp. 194. [Fecha de consulta: 02 de julio de 2021].
Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2007505716300072>
ISSN: 2007-5057.
55. VERMA, Rashmi y SUTHAR, Surindra. Lead and cadmium removal from water using duckweed – *Lemna gibba* L.: Impact of pH and initial metal load. *Alexandria Engineering Journal* [en línea]. 2015, vol. 54, nº. 4. [Fecha de consulta: 09 de julio de 2021].
Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1110016815001520>
ISSN: 1110-0168.
56. VIZCAÍNO, Lissette, FUENTES Natalia y GONZÁLEZ, Harold. Adsorción de plomo (II) en solución acuosa con tallos y hojas de *Eichhornia crassipes*. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica* [en línea]. 2017, vol. 20, nº. 2, pp. 135. [Fecha de consulta: 15 de junio de 2021].
Disponible en <http://www.scielo.org.co/pdf/rudca/v20n2/v20n2a21.pdf>
ISSN: 01234226, 26192551.
57. ZEVALLOS, Wilfredo., [et al.]. Evaluation of the autochthonous free-floating macrophyte *salvinia biloba raddi* for use in the phytoremediation of water contaminated with lead. *Desalination and Water Treatment* [en línea]. 2018, vol. 103. [Fecha de consulta: 08 de julio de 2021].
Disponible en <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85044781097&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&sid=5d09a50e6b2f1d1acb9ad00cfe9a3b51&sot=b&sdt=b&sl=27&s=DOI%2810.5004%2fdwt.2018.21709%29&relpos=0&citeCnt=5&searchTerm=>
ISSN: 19443994.
58. VELÁZQUEZ, A. Retos y oportunidades en biotecnología. *Real Academia Nacional de Medicina de España* [Internet]. 2018, pp. 169-173. [Fecha de consulta: 23 de junio de 2021].

Disponible en https://analesranm.es/wp-content/uploads/2018/numero_135_02/pdfs/ar135-rev09.pdf

ISSN: 26052512.

ANEXOS

Anexo 1. Ficha de recolección de datos

	FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO
---	---------------------------------------

TÍTULO:

AÑO DE PUBLICACIÓN:	LUGAR DE PUBLICACIÓN	Nro de página de información extraída
----------------------------	-----------------------------	---------------------------------------

TIPO DE INVESTIGACIÓN:	AUTOR(ES):
-------------------------------	-------------------

CÓDIGO ISSN :	
IDIOMA :	
PALABRAS CLAVES :	
OBJETIVO :	
TIPO DE CONTAMINANTE :	
PARÁMETROS DE MEDICIÓN :	
TECNOLOGÍA BIOLÓGICA APLICADA :	
RESULTADOS :	
CONCLUSIONES :	



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, MILTON CÉSAR TÚLLUME CHAVESTA, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA y Escuela Profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO LIMA ESTE, asesor de la Tesis titulada: "REVISIÓN SISTEMÁTICA: TECNOLOGÍAS BIOLÓGICAS PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS CONTAMINADAS POR CADMIO (II) Y PLOMO (II)", de los autores VANITZA IDALIA BARRERA JUÁREZ y ZULEMA OLENKA CORNEJO CRUZ, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 8% 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, 19 de setiembre de 2021

Apellidos y Nombres: TÚLLUME CHAVESTA, MILTON CÉSAR	
DNI 07482588	Firma 
ORCID 0000-0002-0432-2459	