

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

Bioacumulación de cadmio en isópodos terrestres, una visión  
sostenible: Revisión Sistemática

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

Ingeniero Ambiental

**AUTOR:**

Cusi Espino, Jhon Cristoper (orcid.org/0000-0003-3786-346X)

**ASESOR:**

Dr. Sernaque Auccahuasi, Fernando Antonio (orcid.org/0000-0003-1485-5854)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

LIMA – PERÚ

2022

## **Dedicatoria**

A mi madre, María Espino Hinostroza y a mi padre Julio César Cusi Quispe, por los valores que sembraron en mí, por hacerme una persona fuerte, de principios. Así mismo, a mis hermanos, agradecido por su gran esfuerzo y apoyo incondicional.

## **Agradecimiento**

Agradecer a todos los profesionales que me capacitaron a través de cada clase compartida. Así mismo, agradecer a todas mis amistades por compartirme sus conocimientos durante estos largos años.

Agradecer también a mi asesor Dr. Fernando Sernaque Auccahuasi por orientarme en cada paso para el desarrollo de la presente investigación.



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

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

Yo, SERNAQUE AUCCAHUASI FERNANDO ANTONIO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA ESTE, asesor de Tesis titulada: "Bioacumulación de Cadmio en Isópodos Terrestres, una Visión Sostenible: Revisión Sistemática", cuyo autor es CUSI ESPINO JHON CRISTOPER, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 11.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

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

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

LIMA, 12 de Julio del 2022

<b>Apellidos y Nombres del Asesor:</b>	<b>Firma</b>
FERNANDO ANTONIO SERNAQUE AUCCAHUASI <b>DNI:</b> 07234567 <b>ORCID:</b> 0000-0003-1485-5854	Firmado electrónicamente por: FSERNAQUEA el 14- 07-2022 00:34:54

Código documento Trilce: TRI - 0339879



FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

### Declaratoria de Originalidad del Autor

Yo, CUSI ESPINO JHON CRISTOPER estudiante de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA ESTE, declaro bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "Bioacumulación de Cadmio en Isópodos Terrestres, una Visión Sostenible: Revisión Sistemática", es de mi autoría, por lo tanto, declaro que la Tesis:

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

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

Nombres y Apellidos	Firma
JHON CRISTOPER CUSI ESPINO DNI: 74058102 ORCID: 0000-0003-3786-346X	Firmado electrónicamente por: JCUSIES el 12-07-2022 20:23:04

Código documento Trilce: TRI - 0339881

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>CARÁTULA.....</b>	<b>i</b>
<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>ii</b>
<b>AGRADECIMIENTO.....</b>	<b>iii</b>
<b>DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD DEL ASESOR.....</b>	<b>iv</b>
<b>DECLARATORIA DE ORIGINALIDAD DEL AUTOR.....</b>	<b>v</b>
<b>ÍNDICE DE CONTENIDOS.....</b>	<b>vi</b>
<b>ÍNDICES DE TABLAS.....</b>	<b>vii</b>
<b>ÍNDICES DE FIGURAS.....</b>	<b>Viii</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>ix</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>X</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>II. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>3</b>
<b>III. METODOLOGÍA.....</b>	<b>14</b>
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	14
3.2. Categorías, Subcategorías y matriz de categorización.....	16
3.3. Escenario de estudio.....	18
3.4. Participantes.....	18
3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	18
3.6. Procedimientos.....	20
3.7. Rigor científico.....	22
3.8. Método de análisis de datos.....	24
3.9. Aspectos éticos.....	25
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>26</b>
<b>V. CONCLUSIONES.....</b>	<b>57</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>58</b>
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>59</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>67</b>

## Índices de tablas

Tabla 1 . Principales fuentes de cadmio .....	7
Tabla 2: Matriz de categorización.....	16
Tabla 3. Identificación del tipo de isópodo terrestre más eficiente en la bioacumulación de cadmio.....	26
Tabla 4. Descripción de los métodos de análisis del cadmio en isópodos terrestres....	36
Tabla 5. Identificación de los parámetros de crecimiento de los isópodos terrestres afectados por el cadmio.....	49



## Índices de figuras

Figura 1. Bioacumulación de metales en organismos.....	11
Figura 2. Bioacumulación de metales pesados en el isópodo terrestre Porcellionides pruinosis en las cercanías del Complejo industrial Gabes-Ghannouch.....	12

## RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo identificar los isópodos terrestres más eficientes en la bioacumulación de cadmio, toda la información fue analizada de acuerdo con la matriz apriorística cumpliendo con los requisitos mínimos de una investigación cualitativa de enfoque narrativo de tópicos. Las categorías designadas para la matriz apriorística fueron : isópodos terrestres, métodos de análisis del cadmio y los parámetros de crecimiento. La limitación de la búsqueda fue un factor importante si nos referimos a los años de publicación, para la presente investigación se dispuso a trabajar con criterios de búsqueda que sintetizaron artículos solamente del año 2018 - 2022, desde la publicación. Se concluye que existen cuatro tipos de isópodos terrestres que presentan mayor eficiencia en la bioacumulación de cadmio los cuales son: *Porcellio laevis* y *Armadillidium vulgare*, *Ligia cinerascens* y *Burmoniscus ocellatus* respectivamente debido a que presentan el factor de bioacumulación moderado, asimilación y distribución del metal pesado en 13 casos, lo que indicaría que se podrían complementar con otras técnicas de remediación de suelos como la fitorremediación.

**Palabras clave:** Cadmio, Isópodos terrestres, metales pesados, bioacumulación, visión sostenible.

## ABSTRACT

The objective of this research was to identify the most efficient terrestrial isopods in the bioaccumulation of cadmium, all the information was analyzed according to the a priori matrix, complying with the minimum requirements of a qualitative research with a narrative approach to topics. The designated categories for the a priori matrix were: terrestrial isopods, cadmium analysis methods and growth parameters. The limitation of the search was an important factor if we refer to the years of publication, for the present investigation it was arranged to work with search criteria that synthesized articles only from the year 2018- 2022, since the publication. It is concluded that there are four types of terrestrial isopods that present greater efficiency in the bioaccumulation of cadmium, which are: *Porcellio laevis* and *Armadillidium vulgare*, *Ligia cinerascens* and *Burmoniscus ocellatus*, respectively, due to the fact that they present a moderate bioaccumulation factor, assimilation and distribution of the heavy metal in 13 cases, which would indicate that they could be complemented with other soil remediation techniques such as phytoremediation.

**Keywords:** Cadmium, terrestrial isopods, heavy metals, bioaccumulation, sustainable visión.

## I. INTRODUCCIÓN

La creciente población mundial, las actividades antropogénicas, la enorme producción de desechos y la industrialización han llevado a un alto contenido de metales en el suelo y además en ambientes acuáticos.( Hamid, et al, 2020, p.2).

En Perú, como en otros países, la mayoría de consumidores no son conscientes del peligro de calentar indiscriminadamente los alimentos en recipientes de plástico al interior del microondas. (Hernández,et al, 2019, p.54). Por negligencia, irresponsabilidad o desconocimiento, muchas industrias plásticas continúan fabricando sus productos de uso masivo aún utilizando sustancias tóxicas, en especial el cadmio. (Pernía, et al,2019, p. 67).En la población, el cadmio puede afectar directa e indirectamente,por ejemplo: consumo de aguas contaminadas con cadmio, exposición al humo de tabaco, ingesta de alimentos con alto contenido de cadmio, inhalación de aire contaminado por el parque automotor o empresas fundidoras. (González, et al.2018, p. 117).

Existe una correlación en datos epidemiológicos que describen que la exposición al cadmio ocupacional y ambiental puede estar relacionada con varios tipos de cáncer, tales como: cáncer de pulmón, cáncer de próstata, cáncer de páncreas y riñón. Al ser un elemento tóxico, el cadmio representa una gran amenaza para la calidad del suelo, la seguridad alimentaria y la salud humana. (Khan, et al, 2019, p.4). El envenenamiento por cadmio resulta de la inhalación de vapor o polvo, en las personas, esto se debe a que no es degradable en la naturaleza. (Rodriguez, et al, 2019, p.98), en algunos casos se relaciona al cadmio con el déficit de crecimiento en plantas e incluso provoca clorosis, estrés oxidativo, desequilibrios nutricionales y modifica la actividad de enzimas, involucradas en el metabolismo de los ácidos orgánicos y en el ciclo de Krebs. ( Cotrina, et al, 2021, p. 45).



Diversos estudios demuestran la capacidad de bioacumulación del *Armadillidium vulgare* en la hepatopáncreas por oligoelementos tales como Plomo, Níquel, Arsénico, Cobalto, Cobre y Cadmio, sin embargo, aún está poco estudiada su capacidad como macro concentrador de oligoelementos. (Nannoni, et al, y Mazzei, et al, 2019). Otros estudios experimentales sobre poblaciones de isópodos terrestres que habitan en sitios contaminados han revelado los efectos de los metales pesados en los rasgos de la historia, tales como: la supervivencia, tamaño corporal, fecundidad, tamaño del huevo y edad de reproducción. (Ghemari, et al, en 2019, p.9)

Por lo que, se plantea el problema general: ¿Cuáles son los isópodos terrestres que bioacumulan cadmio? De acuerdo con los problemas específicos: ¿Qué tipo de isópodo terrestre muestra más eficiencia en la bioacumulación de cadmio?, ¿Cuáles son los métodos de análisis de cadmio en los isópodos terrestres?, ¿Cuáles son los parámetros de crecimiento de los isópodos terrestres afectados por el cadmio? La investigación pretende justificarse teóricamente por el aporte científico que origina, ya que en la actualidad existen pocas revisiones sistemáticas que contribuyan en el reconocimiento de isópodos terrestres y su factor de bioacumulación de cadmio. También se justifica socialmente, por la conciencia ambiental que genera para todos los sectores industriales involucrados, siempre que manipulen “cadmio” como materia prima o en cualquiera de sus procesos, porque se pretende establecer un enfoque de visión sostenible. El objetivo general de la investigación fue identificar los isópodos terrestres en la bioacumulación de cadmio y como objetivos específicos se plantean, Identificar el tipo de isópodo terrestre más eficiente en la bioacumulación de cadmio, Describir los métodos de análisis de cadmio en isópodos terrestres e Identificar los parámetros de crecimiento de los isópodos terrestres afectados por el cadmio.

## II. MARCO TEÓRICO

Mazzei, et al, en 2015, en su investigación que tuvo como objetivo modelar las generaciones de las proteínas MT y HSP70 en la hepatopáncreas de *Armadillidium vulgare* expuesto en Cadmio y Pb. La metodología empleada se basa en la aplicación de treinta animales (isópodos) (50% machos y 50% hembras sin embriones en el marsupio) de tamaño comparable (Long del cuerpo: machos: 12-14 mm; hembras 14-16 mm) se colocaron en cajas de plástico transparente (20x20x9 cm<sup>3</sup>) con una tapa perforada que contiene 10 g de hojas de castaño el cual fue previamente esterilizada (90°C por 24 h) e impregnado homogéneamente con 10 ml (1ml/g de arena) en las siguientes soluciones salinas: 10, 50, 100 mg L<sup>-1</sup> CdCl<sub>2</sub>; 100,500,1000 mg L<sup>-1</sup> de PbCl<sub>2</sub> para los tratamientos y con agua desionizada para el control .

La investigación tuvo como resultados que, *Armadillidium vulgare*, es un organismo adecuado para evaluar la exposición al Cd y Pb en entornos amenazados por la contaminación por metales, como sugiere la modulación de las proteínas MT y HSP70.(p.102)

Por otro lado, Khemaissia, et al, en el 2019, en su estudio observacional cuyo objetivo fue estimar la bioacumulación de oligoelementos en *Armadillo officinalis* expuestos durante tres semanas en sedimentos contaminados con cobre, zinc y cadmio. Se utilizaron tres concentraciones para cada metal: (C1=100, C2=150, C3=200 mg/L), (C1=300, C2=400, C3=500 mg/L), y (C1=0,7, C2=1, C3= 1,3 mg/L) respectivamente, para Cu, Zn y Cd. Los resultados demuestran mediante observaciones microscópicas que las células de la hepatopáncreas se ven afectadas en cualquier concentración de cadmio incluso en la concentración más baja. El estudio recomienda utilizar *Armadillo officinalis* como organismo de control relevante para la contaminación por metales del suelo.(p. 8).

Además, Ghemari, et al, en 2019, en su trabajo transversal descriptivo en poblaciones muestreadas a lo largo de un gradiente de contaminación en la región de Sfax, Túnez central. Su población fue de 271 individuos agrupados en cuatro categorías, que tuvo como objetivo determinar el efecto de la contaminación por cadmio en algunos rasgos del ciclo de vida de *Porcellio laevis*. Concluye en que la contaminación con Cd influye también en la longitud corporal de *Porcellio laevis*, es decir en su crecimiento, supervivencia y consumo de alimentos. (p.9)

Según Nannoni, et al, en el año 2015, en su artículo de diseño observacional de corte transversal en Italia, con una población de veinte individuos divididos en dos grupos “purgados” y “no purgados”, que tuvo como objetivo informar la respuesta de los isópodos expuestos a la lluvia radiactiva de un vertedero municipal de residuos sólidos en el centro de Italia. Concluye que el *Armadillidium vulgare* tiene la capacidad de acumular As,Co,Cr, Ni, Sb y V . Así mismo, el estudio recomienda la aplicación de isópodos como bioindicadores y en el biomonitoreo de elementos pesados ya que brindaría información útil sobre la calidad ambiental de áreas contaminadas. ( p. 30)

Posteriormente Pastorino, et al, en el año 2021, en su artículo de diseño observacional de corte transversal en Italia, con una población de 190 individuos recopilados de 2 áreas distintas, que tuvo como objetivos detectar el nivel de oligoelementos en suelos e isópodos y comparar la diferencia en la acumulación en los dos sitios de muestreo, logra concluir que *Philoscia Affinis* es un candidato potencial para monitorear la contaminación del suelo como un macro concentrador de Cu y Cd y un micro concentrador de Zn. El estudio sugiere utilizar *Philoscia Affinis* como bioindicador para fines de investigación o de evaluación de suelos.

Por otra parte, Wadhwa, et al, en el año 2017, en su artículo de diseño observacional de corte transversal en Estados Unidos, con una población total de 279 individuos, 141 machos y 138 hembras de seis sitios de estudio, cuyo objetivo fue proponer la asimetría fluctuante como bioindicador del estrés abiótico tanto en *Phisloscia muscorum*, Abedul gris (*Betula populifolia*) y Álamo oriental (*Populus deltoides*), los resultados revelaron que el efecto general de la tensión del metal se muestra en el crecimiento del cuerpo y en el ancho de la cabeza del isópodo en sitios de alta carga del metal en comparación con los sitios de baja carga del metal. El estudio no sugiere utilizar el factor de asimetría de respuesta ante el estrés ocasionado por los metales en *Phisloscia muscorum*, Abedul gris (*Betula populifolia*) y Álamo oriental (*Populus deltoides*), sin embargo, propone utilizar el estudio para investigaciones futuras considerando el correcto desarrollo de la asimetría fluctuante.

Según Mohamed, et al 2022, en su estudio que tuvo como objetivo evaluar el efecto interactivo de residuos de antibióticos y metales pesados en el suelo, como alimentos contaminados con cadmio (Cd) y oxitetraxiclina (OTC) sobre el isópodo *Porcellio Leavis*. Se alimentó con hojas frescas de plantas contaminadas con diferentes concentraciones de cadmio, Cd+OTC1000 ppm, Cd+OTC2000 ppm y Cd+OTC3000 ppm durante 4 semanas. El análisis bioquímico ilustró que la combinación entre OTC y Cd inhibe los efectos tóxicos del Cd a baja concentración (1000 ppm), mientras que a alta concentración (3000 ppm) aumenta la toxicidad.

Además, Flaccavento, et al, en el año 2019, en su estudio que tuvo como objetivo evaluar la toxicidad del dióxido de titanio (TiO<sub>2</sub>) en su hepatopáncreas, después de un corto periodo de exposición. Realizó ensayos morfoestructurales e inmunohistoquímicos. Los resultados

sugirieron una gran capacidad de las especies de bioacumulación de nanopartículas en la hepatopáncreas, donde se destacó una fuerte positividad a las metalotioneínas. El estudio confirma que los isópodos de Oniscidean, en partículas *Armadillo officinalis*, demostraron ser un indicador apropiado de la contaminación en los ecosistemas terrestres por nanopartículas.(p. 297)

También, Mandal, et al, en el año 2020 en su estudio que tuvo como objetivo evaluar los efectos de diferentes concentraciones de cadmio (Cd) y plomo (Pb) en el suelo sobre el crecimiento y la reproducción de un isópodo terrestre *Porcellio Laevis* bajo condiciones de laboratorio. Evaluando el cambio de biomasa y la reproducción del isópodo terrestre *Porcellio laevis*. Los isópodos se expusieron a diferentes concentraciones subletales de dos metales durante un periodo de 28 y 56 días respectivamente. Por lo tanto, con base en el presente estudio, el Cd se pudo clasificar como “muy tóxico” y el Pb como “moderadamente tóxico” para P. laevis.(p.33)

El presente estudio propone una visión sostenible, bajo el desarrollo de procesos dinámicos y complejos con isótopos terrestres en la bioacumulación de metales pesados de acuerdo con las realidades problemáticas presentadas por cada autor. (Quadros, et al, 2010, p. 570). Una alternativa biológica viable que ha surgido como una técnica prometedora para la Ecología de la Restauración en áreas contaminadas por metales pesados es la fitorremediación. (Ghemari, et al, en 2019, p.9). La Ecología de la restauración de ecosistemas degradados busca el manejo integrado de todos los recursos naturales, utilizando herramientas como la fitorremediación para disminuir o eliminar los efectos negativos. (Quadros, et al, 2010, p. 570).

La fitorremediación consiste precisamente en la identificación de especies metálicas hiperacumuladoras (Mandal, et al, 2020, Flaccavento, et al, 2019), se aplica en la restauración de áreas

degradadas por metales pesados, si se usa de forma controlada y monitoreada en el medio ambiente, se podría remover e inmovilizar en las raíces y/o partes aéreas, lo que permitiría utilizar a los isópodos terrestres como una herramienta adicional para el monitoreo a largo plazo diagnosticando el tipo y nivel de contaminación ambiental en el suelo, la vegetación y los niveles tróficos.(Quadros, et al, 2010, p. 570).

Por su carácter aplicado y experimental, las iniciativas de restauración requieren el biomonitoreo de corto y largo plazo y por lo tanto es indispensable un profundo conocimiento sobre organismos bioindicadores. En el futuro, a partir de un mayor conocimiento sobre la fisiología de ambas especies, el uso conjunto de la fitorremediación y de isópodos terrestres como biomonitores puede incrementar el éxito de proyectos de restauración ecológica en áreas contaminadas por metales pesados.(Mandal, et al, 2020, Flaccavento, et al, 2019).

Diversos autores concluyen que el cadmio (Cd) es un metal pesado de transición tóxica, no esencial que representa un riesgo para la salud tanto para los seres humanos como para los animales, se produce de forma natural en el medio ambiente como un contaminante derivado de fuentes agrícolas e industriales. (Genchi, et al, 2020, p.13). Por otro lado, se caracteriza por ser más denso que el agua, sin embargo, son indispensables para el desarrollo enzimático en concentraciones bajas. Sin embargo, representan un riesgo significativo en la salud de las personas.(Ortiz, et al 2020, p.6).

**Tabla 1 . Principales fuentes de cadmio .**

<b>Principales fuentes de cadmio</b>	
<b>Antropogénicas</b>	<b>Naturales</b>
• Lodos residuales y estiércol	• Actividad volcánica
• Fertilizantes fosfatados y nitrogenados	• Rocas
• Industria de plateado y galvanizado	



- Minería del zinc, cobre, plomo y otros metales
- Industria de fundición de metales
- Incineración
- Industria de alimentos fosfatados para animales

**Fuente: Toxicología del cadmio (Fac. de Med. UNMSM, 2020, p. 51-64).**

El cadmio no se encuentra en el ambiente en estado libre, sino que suele asociarse a otros metales, como por ejemplo el plomo (Pb), Cobre (Cu) y Zinc (Zn). (Pardal, et al, 2020, p.68). Aunque, el incremento del cadmio en el ecosistema se debe principalmente a las actividades antropogénicas y cada vez se relaciona más con el incremento de enfermedades ocupacionales. (Quadros, et al, 2010, p. 569)

Existen riesgos del cadmio en salud humana y animal cada vez son más significativos, por ejemplo, el consumo de tabaco asociado a enfermedades respiratorias va en aumento y esto se debe a la aplicación de sales de cloruro de cadmio como fungicida en plantas de tabaco. No obstante, existen otros riesgos que se relacionan con el contacto directo con cadmio en industrias textiles e incluso en la producción de plásticos, este tipo de actividades a largo plazo alteran el organismo en trabajadores que están constantemente expuestos. (Ortiz, et al 2018, p.5).

La contaminación por metales pesados, especialmente la contaminación por cadmio trae impactos negativos en la salud de las personas (Huiyu, et al 2020, p.84). Por lo que es un contaminante ambiental altamente tóxico para humanos y animales, debido al rápido desarrollo de la industrialización y al continuo fortalecimiento de las actividades humanas, la contaminación ambiental por cadmio es cada vez más grave. (Yujing, et al, 2021, p.201)



Estudios recientes demuestran que los isópodos terrestres dependen de numerosas enzimas activas de carbohidratos para su alimentación. Además, contribuyen al ciclo de nutrientes y en la regulación de la actividad microbiana del suelo. (Delhoumi, et al, 2020,p. 358). En Brasil, el conocimiento actual sobre biología, ecología y distribución de especies nativas es aún incipiente, pero es posible identificar dos especies con gran potencial para ser utilizados como bioindicadores : *Atlantoscia floridana* (Philosciidae) y *Balloniscus sellowii* (Balloniscidae) presentando una amplia distribución geográfica en Brasil y además una buena capacidad de colonización de hábitats alterados. (Quadros, et al,2010, p. 569). Los isópodos terrestres se identifican por tener siete pares de patas y su dorsoventral además de poseer el cuerpo aplanado. Por otro lado, comparten al menos ocho sinapomorfias que los diferencian de los isópodos marinos. (Broly, et al, 2020, p.463). Estudios recientes mostraron que los isópodos terrestres dependen de numerosas enzimas activas de carbohidratos afiliadas a varias familias para degradar la lignocelulosa compuesta principalmente por celulosa, lignina y hemicelulosa. ( Zaabar, et al, 2020,p. 361)

En su mayoría son organismos omnivoros, coprófagos y saprófagos, participan en la descomposición de materia orgánica, se alimentan de musgos, algas, hojarasca seca , tomate y zanahoria, además, representan un papel muy importante para el suelo, debido a que cuentan con propiedades bioacumuladoras.(Bautista, 2019, p.31), también se les conoce como invertebrados terrestres que acumulan oligoelementos en grandes cantidades, lo que proporciona información sobre niveles de contaminación del suelo. (Pastorino, et al, 2021, p.4782)

Entre todos los invertebrados, los isópodos oniscídeos son el único taxón de crustáceos que se ha vuelto completamente terrestre, conocidos como excelentes bioindicadores y bioacumuladores.(Bautista, 2019, p.89). Poseen una glándula



digestiva, la hepatopáncreas, que es el lugar de elección para la acumulación de contaminantes.(Flaccavento,et al, 2019, p.297).

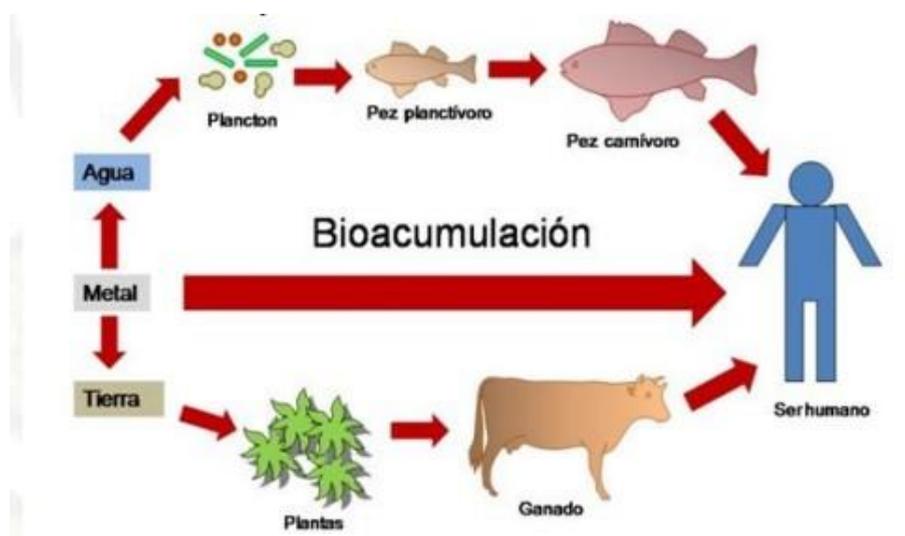
Parece ser que la humedad es el principal factor de importancia para la supervivencia de la mayoría de las especies de isópodos terrestres. Todas las especies muestran varios grados de rasgos adaptativos que les permiten sobrevivir en tierra en sus respectivos hábitats.(Bautista, 2019, p.89). Se cree que estas adaptaciones son en parte conductuales, pero ahora parece que también hay adaptaciones fisiológicas bien establecidas, basadas en estructuras anatómicas. (Warbug, et al, 2019, p.240).Además, también son miembros importantes de la macrofauna del suelo en muchos hábitats y se consideran parte integral del proceso de descomposición. (Dinsoy, et. al, 2020, p. 501).

La morfología nutricional, fisiológica y ecológica de los isópodos terrestres se simplifica en dos aspectos: La mayoría son verdaderamente terrestres en términos de ser totalmente independientes del medio acuático. Además, han desarrollado adaptaciones a las fuentes de alimentos terrestres. En muchos ecosistemas terrestres, los isópodos desempeñan un papel importante en los procesos de descomposición a través de la descomposición mecánica y química de la hojarasca vegetal y al mejorar la actividad microbiana. (Zimmer, et al, 2020, p. 456). Además, que poseen una cutícula protectora que mantiene la forma del cuerpo, permite la locomoción y comunicación con el medio ambiente y que lo protege contra la desecación, infección y depredación. Como en otros crustáceos, la cutícula está compuesta por una matriz orgánica que está mineralizada con calcio. Sus cutículas son una estructura versátil que refleja las adaptaciones ambientales y la amplia distribución geográfica del grupo.(Wood, et al, 2017, p.4). También son miembros importantes de la macrofauna del suelo en muchos hábitats y se consideran parte integral del proceso de descomposición. (Dinsoy, et al, 2020, p.501).

El cadmio, al ser este un elemento químico pesado, se presenta en el medio ambiente de forma natural, puede estar en contacto con el agua, aire y el suelo. (Caera, et al 2019, p.64), es decir que tiene la propiedad de moverse en los medios acuáticos y terrestres. (Loera, et al, 2021, p 89). También puede estar presente en concentraciones potencialmente dañinas en el medio ambiente, pero hay poca información sobre su bioacumulación y transferencia a las redes alimentarias terrestres. (CALHÔA, et al, 2010, p. 65).

Se conoce como bioacumulación, al proceso donde intervienen los organismos vivos utilizando su capacidad de absorción y adaptación a áreas terrestres contaminadas por diversos agentes. (Flaccavento, et al, 2019, p.65). Los organismos vivos metabolizan y almacenan en el interior de sus tejidos, diversos contaminantes ambientales lo que nos brinda información específica sobre su capacidad de almacenamiento. (Ghemari, et al, 2020, p.403)

**Figura 1. Bioacumulación de metales en organismos**

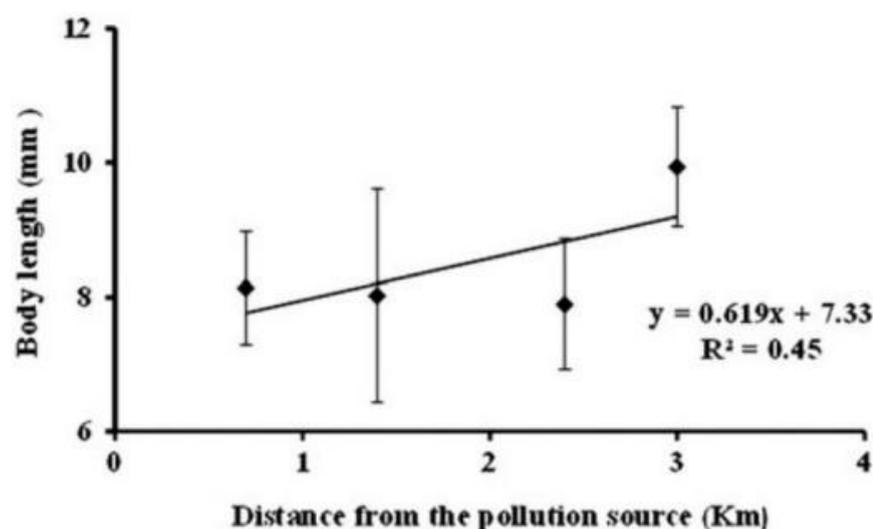


Fuente: Ciclo de bioacumulación de metales (Yujing, et al, 2021, p.206)

En muchos países actualmente el cadmio y otros contaminantes, forman parte de los ecosistemas a través de un ciclo de bioacumulación, todos los ecosistemas y seres vivos se ven perjudicados con el aumento excesivo de este metal. (Yujing, et al, 2021, p. 208). Por ejemplo, se revela que producen efectos en las plantas mediante la reducción del crecimiento, la actividad fotosintética, la transpiración y en el contenido de clorofilas provocando clorosis. (Hernández, et al, 2019, p. 13). Algunos organismos vivos toleran y se adaptan a altas concentraciones de metales pesados, lo que los vuelve bioacumuladores ambientales. (Loera, et al, 2021, p 95).

El factor de bioacumulación (BAF) es un método permite calcular la relación entre la longitud del cuerpo de los isópodos (mm) y la distancia a la fuente de contaminación (Km) de metales pesados. De hecho, la mayoría de autores que forman parte del presente estudio utilizaron este método para desarrollar y cuantificar los efectos producidos en isópodos terrestres.

**Figura 2. Bioacumulación de metales pesados en el isópodo terrestre *Porcellionides pruinosus* en las cercanías del Complejo industrial Gabes-Ghannouch.**



Fuente: Factor de bioacumulación (BAF) (Ghemari, et al, 2020, p. 8)

El factor de bioacumulación (BAF) proporciona una estimación sencilla por acumulación de metales en animales, es decir se expresa utilizando la relación entre la concentración de metales en individuos y (mg/Kg) peso seco) y la del suelo (mg/Kg de peso seco).(Jemaissia, et al, 2019,p.3). Algunos autores revelan que, los isópodos terrestres forman parte del grupo que bioacumula metales pesados, en especial el cadmio, pero que la capacidad de almacenamiento depende de la tasa de depuración y su función para el organismo.(Ghemari,et al, 2019,Jelassi, et al, 2020, Odendaal,et al, 2021, Mohamed, et al, 2022, Mandal, et al, 2020, Wafaa, et al, 2021,Levent, et al, 2020). Por ejemplo, las concentraciones de cobre y zinc en isópodos terrestres revelan efectos diferentes en comparación con las concentraciones de cadmio solamente.(Ghemari, et al,2020, p. 10). Pero, el factor de bioacumulación también depende de la metodología del estudio, es decir el autor podría definir entre el consumo directo de alimentos contaminados o la exposición directa a suelos contaminados por metales pesados.Mandal, et al, 2020, p.). Para determinar la hiperacumulación de metales pesados en isópodos terrestres es necesario determinar el método que se utilizará y si él estudio se desarrollará en campo o en laboratorio, ya que son las principales variables que aseguran la eficiencia, adaptación y tolerancia.(Ghemari, et al,2020, p.10)

### **III. METODOLOGÍA**

#### **3.1. Tipo y diseño de investigación**

##### **3.1.1 Tipo de investigación**

Existen diferentes tipos de investigación que pueden clasificarse según la naturaleza de su objeto de estudio, propósitos o el nivel de conocimiento que se desea alcanzar. Los tipos de investigación se diferencian según el contexto en el que se aplican, es decir dependen de la realidad a la que se desea llegar.(Gracia, et al, 2018, p. 38). La investigación aplicada se caracteriza por su interés en la aplicación, utilización y consecuencias prácticas de los conocimientos, además que busca conocer para hacer, construir y modificar.(Grajales, et al, 2020, p. 2). En el presente estudio se propone el tipo de investigación aplicada, debido a que el objeto de estudio pretende resolver un problema específico enfocándose en la búsqueda de conocimiento para su aplicación, desarrollo cultural y científico.

##### **III.1.2. Diseño de la investigación**

La investigación cualitativa se puede definir en términos generales como un tipo de investigación que es naturalista y trata con datos no numéricos (Nassaji, et al, 2020, p.427). Se basa en paradigmas interpretativos y constructivistas, buscando comprender profundamente un tema de investigación en lugar de predecir resultados.(Eleanor, et al, 2020, p.8)

Los enfoques de investigación cualitativa se usan comúnmente cuando hay poca comprensión actual de un fenómeno complejo (que no puede abordarse simplemente tomando medidas físicas), si un problema se considera desde una nueva perspectiva o si el conocimiento actual está fragmentado.(Kyngas, et al, 2019, p. 3)



Como cualquier diseño, el diseño de investigación debe mejorar la usabilidad; un buen diseño de investigación es la herramienta óptima para abordar el problema de investigación y comunica la lógica del estudio de manera transparente. (Jakkola, et al, 2020, p. 18). La recopilación y el análisis de datos cualitativos a menudo se modifican a través de un enfoque iterativo para responder a la pregunta de investigación.(Johnson, et al, 2020, p. 84)

El enfoque narrativo de tópico es un género de marcos analíticos mediante los cuales los investigadores interpretan historias que se cuentan en el contexto de la investigación y/o se comparten en la vida cotidiana. (Papakitsou, et al, 2020, p. 16). La presente investigación se considera cualitativa y narrativa de tópicos, debido a que toda la información recopilada sobre isópodos terrestres fue analizada paso a paso y mediante los artículos de investigación se comprenderá la metodología aplicada en cada escenario.

### 3.2. Categorías, subcategorías y matriz de categorización

El presente estudio propone una visión sostenible, bajo el desarrollo de procesos dinámicos y complejos con isótopos terrestres en la bioacumulación de metales pesados de acuerdo con las realidades problemáticas presentadas por cada autor. (Quadros, et al, 2010, p. 570).

El análisis de la información sintetizada se evaluó de acuerdo con la matriz apriorística cumpliendo con los requisitos mínimos de una investigación cualitativa de enfoque narrativo de tópicos. Las categorías designadas para la matriz apriorística fueron: isópodos terrestres, métodos de análisis del cadmio y los parámetros de crecimiento, los cuales guardan relación directa con la realidad problemática y objetivos planteados.(UCV, 2022, p.35).

La primera categoría, isópodo terrestre, está integrada por 4 subcategorías : Armadillidae (Khemaissia, et al, en el 2019, p.8), Porcellionidae (Mandal, et al, 2020, p.33) y Philosciidae (Wadhwa, et al, en el año 2017), lo cual permitió abarcar conceptos semejantes. Además, se emplearon 2 criterios de búsqueda para cumplir con los requisitos mínimos y establecer relación directa con

la categoría en mención. Los criterios adecuados son: de acuerdo con la capacidad de bioacumulación de cadmio y de acuerdo a la familia que pertenecen, los mismos que permitieron fundamentar respuestas concisas para los objetivos propuestos.

La segunda categoría, método de análisis del cadmio, está integrada por 3 subcategorías: Físico, Químico y Biológico, lo cual permitió abarcar conceptos semejantes. Además, se emplearon 2 criterios de búsqueda para cumplir con los requisitos mínimos y establecer relación directa con la categoría en mención. Los criterios elegidos fueron: de acuerdo con la resistencia y de acuerdo con los parámetros de análisis, los mismos que permitieron fundamentar respuestas concisas para los objetivos propuestos.

La tercera categoría, parámetros de crecimiento, se integra por 3 subcategorías: Longitud, Peso y Altura, además comprendió 2 criterios para la búsqueda de información: de acuerdo con el género (Perez, et al, 2020, p.85) y de acuerdo con el tipo de aplicación (Schindler, et al, 2020, p. 250, lo que nos permitió comprender su influencia en la bioacumulación de cadmio por isópodos terrestres.

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

Se dice del contexto en el cual, se desarrollará el estudio a considerar (Papakitsou, et al, 2020, p. 18), los entornos pueden variar, pero van a depender del lineamiento u orientación que le asigne el investigador.(Gomes, Duarte, 2018, p. 461).

Los escenarios de estudio pueden conformarse por factores culturales, económicos, históricos y sociales, (Goodwin, Mays, Pope, 2019, p.168), la utilización de escenarios implica detectar distintas realidades o situaciones para describir la acción a llevar a cabo.(Schindler, et al, 2020, p. 247).

Respecto al escenario de estudio para la presente revisión sistemática, se consideraron todos los entornos de investigación en los que se desarrollan los experimentos con isópodos terrestres descritos en los artículos recopilados, los cuales fueron: el campo, en parcelas, indoor y en zonas industriales. También, se incluyen todos los artículos de investigación que emplean en sus escenarios el metal pesado cadmio (Cd).

### **3.4. Participantes**

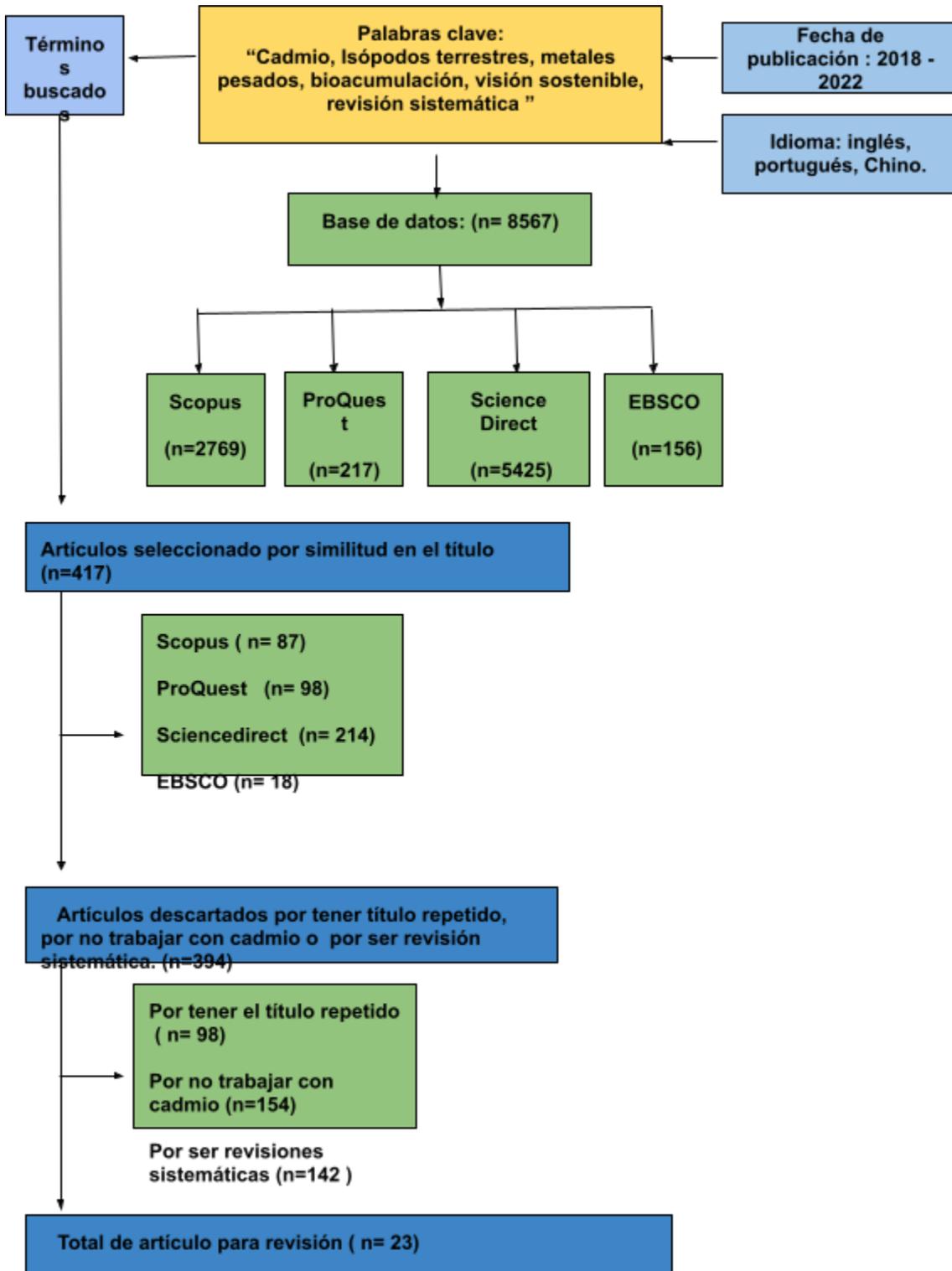
Se consideran participantes a todos los artículos recopilados de revistas indexadas, siempre que hayan pasado por el filtro de criterios de inclusión y exclusión. Todos los artículos se obtuvieron de diversas bases de datos tales como: Science Direct, EBSCO, ProQuest y Scopus.

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



Esta investigación adopta la técnica de análisis documental, que pretende organizar y sintetizar toda la información recopilada para su posterior análisis, (Gorsky, et al, 2019, p.164), mediante un conjunto de actividades cuya finalidad es presentar una estructura ordenada y en diferente forma de la original (Nassaji, et al, 2020, p.42), también se le conoce como el análisis sistemático de documentos que selecciona las ideas principales de un tema. (Lemon, 2020, p.608). Se utilizó la ficha de análisis de datos como instrumento para la síntesis de toda la información ya que nos permitió caracterizar cada artículo y relacionarlo directamente con el tema de investigación. **(ver ANEXO 1).**

### 3.6. Procedimiento



A través de las palabras clave se realizó la búsqueda de artículos indexados que se relacionen directa e indirectamente con el título de investigación “Bioacumulación de Cadmio en Isópodos Terrestres, una Visión Sostenible: Revisión Sistemática”, lo que permitió recabar 8567 artículos los cuales fueron divididos por cada base de datos de la siguiente forma: Scopus (n=2769), ProQuest (n=217), Science Direct (n=5425) y EBSCO (n=156).

Las palabras clave que se utilizaron para la búsqueda fueron “Cadmio, Isópodos terrestres, metales pesados, bioacumulación, visión sostenible, revisión sistemática”, es importante señalar, que, para ampliar la posibilidad de recopilación de artículos, se utilizaron tres idiomas: Inglés, Portugués y Chino, ya que permitió ampliar los conceptos y contextos experimentales.

La limitación de la búsqueda fue un factor importante si nos referimos a los años de publicación, para la presente investigación se dispuso a trabajar con criterios de búsqueda que sintetizaron artículos solamente del año 2018 - 2022, desde la publicación.

Posteriormente, a la captación de artículos indexados se dispuso el primer filtro, permitiendo clasificar y seleccionar sólo artículos que presenten similitud al título propuesto de tal forma que se logra una disminución de hasta (n=417) artículos, conformándose de la siguiente manera: Scopus (n=87), ProQuest (n=98), Science Direct (n=214) y EBSCO (n=18).

Luego a través de criterios de exclusión se descartaron artículos por tener títulos repetidos en diferente base de datos (n=98), por no trabajar o experimentar con el metal pesado cadmio (n=154) y por ser revisiones sistemáticas (n=142), por lo que se excluyeron un total de (n= 394) artículos.

Finalmente, se obtuvieron un total de 23 artículos, los cuales fueron evaluados y analizados detalladamente para comprender cada contexto y su aplicación a nivel mundial.

### **3.7. Rigor científico**

La presente investigación, se rige de forma científica empleando la información adecuadamente, los criterios que se emplearon para mantener el rigor científico fueron: análisis, validez de datos y calidad.(Espinoza, 2020, p. 105)

#### Credibilidad

Se relaciona principalmente con los valores humanos, los cuales son: la congruencia, confianza, honestidad, conocimiento, fidelidad y veracidad sobre alguien o algún objeto.(Rodriguez, et al, 2020, p.65), también se relaciona con las prácticas de fiabilidad, confiabilidad y veracidad.(Viscaíno, et al, 2020, p.283), se obtiene del resultado de la rectitud, honestidad y congruencia virtudes que permiten al ser humano el desarrollo de la ética.(Froment, et al, 2020, p.23).La presente investigación cumple con el criterio de credibilidad, ya que la información recopilada de cada artículo atraviesa un proceso riguroso de revisión para posteriormente ser publicado en una revista científica, además que, los resultados de cada autor se debaten con los resultados de otros autores manteniendo su originalidad.

#### Transferencia

Se relaciona principalmente con los descubrimientos científicos, propiedad intelectual y reconocimiento de ideas o resultados de investigaciones que permiten compartir y aportar a otras

indagaciones.(Rego, et al, 2020, p.234), la importancia de la transferencia de conocimientos se ve implicada en la mejora continua de investigaciones por el aporte de ideas nuevas, siempre que se respeten los diversos puntos de vista y su originalidad.(Rosa, et al, 2020, p. 65). La presente investigación pretende su transferencia científica y busca aportar al conocimiento de indagaciones, siempre que corresponda en las investigaciones con isópodos terrestres, sus parámetros de crecimiento y los métodos de análisis de cadmio.

### Dependencia

La dependencia implica a la evaluación de criterios de selección de cada participante en el proceso de recopilación de información.(León, et al, 2020, p. 46), permite explicar de forma evidente los contextos de aplicación y los límites del estudio.(Arroyo, et al, p.163). El presente estudio emplea la dependencia en la etapa de recopilación de información por que se emplearon criterios que limitan la búsqueda y que guardan relación directa con el tema principal como lo son: de acuerdo a la capacidad de bioacumulación de cadmio(López, et al, 2022, p.34), de acuerdo a la familia que pertenecen(Colmenero, et al, 2019, p. 458), de acuerdo a la resistencia

(García, et al,2021 p. 49), de acuerdo a los parámetros de análisis (Colmenero, et al, 2021, p. 89), de acuerdo al género (Perez,et al, 2020, p.85) y de acuerdo al tipo de aplicación (Schindler, et al, 2020, p. 250).

### La confirmabilidad

Se le relaciona con el método que utiliza el investigador para seguir la línea de investigación apoyándose de ideas semejantes que fundamentan el tema principal. (De hoyos, et al, 2020, p.191)

también se le atribuye a los resultados que se crearon en otros contextos y que sirven para comparar los resultados en investigaciones que se relacionen, siempre que se mantenga la similitud de resultados.(Maturrano, et al, 2020, p.56). La presente investigación cumple con el criterio de confirmabilidad porque los resultados obtenidos de otras investigaciones mantienen su originalidad y autenticidad.

### **3.8. Método de análisis de datos**

Respecto al análisis de datos se empleó un sistema organizado y estructurado en base a los objetivos generales y específicos clasificando cada artículo de acuerdo con su contexto y su aplicación.(Johnson, et al, 2020, p. 89)

Toda la metodología de análisis fue orientada de acuerdo con la “Guía de elaboración de productos de investigación de fin de programa”, la cual fue aprobada mediante resolución del vicerrectorado de investigación N°110-2022- VI- UCV.

Por otro lado, el análisis de la información sintetizada se evaluó de acuerdo a la matriz apriorística cumpliendo con los requisitos mínimos de una investigación cualitativa de enfoque narrativo de tópicos. Las categorías designadas para la matriz apriorística fueron : isópodos terrestres, métodos de análisis del cadmio y los parámetros de crecimiento, los cuales guardan relación directa con la realidad problemática y objetivos planteados.(UCV, 2022, p.35).

La primera categoría, isópodo terrestre, está integrada por 4 subcategorías : Armadillidae (Khemaissia, et al, en el 2019, p.8), Porcellionidae (Mandal, et al, 2020, p.33) y Philosciidae (Wadhwa, et al, en el año 2017), lo cual permitió abarcar conceptos semejantes. Además, se emplearon 2 criterios de búsqueda para cumplir con los requisitos mínimos y establecer relación directa con

la categoría en mención. Los criterios adecuados son: de acuerdo a la capacidad de bioacumulación de cadmio y de acuerdo a la familia que pertenecen, los mismos que permitieron fundamentar respuestas concisas para los objetivos propuestos.

La segunda categoría, método de análisis del cadmio, está integrada por 3 subcategorías: Físico, Químico y Biológico, lo cual permitió abarcar conceptos semejantes. Además, se emplearon 2 criterios de búsqueda para cumplir con los requisitos mínimos y establecer relación directa con la categoría en mención. Los criterios elegidos fueron: de acuerdo a la resistencia y de acuerdo a los parámetros de análisis, los mismos que permitieron fundamentar respuestas concisas para los objetivos propuestos.

La tercera categoría, parámetros de crecimiento, se integra por 3 subcategorías: Longitud, Peso y Altura, además comprendió 2 criterios para la búsqueda de información: de acuerdo al género (Perez, et al, 2020, p.85) y de acuerdo al tipo de aplicación (Schindler, et al, 2020, p. 250, lo que nos permitió comprender su influencia en la bioacumulación de cadmio por isópodos terrestres.

### **3.9. Aspectos éticos**

Los códigos formales de ética y las pautas de práctica desarrolladas por organismos e instituciones profesionales destacan tres preocupaciones centrales que los investigadores deben atender y saber: el consentimiento informado, confidencialidad y originalidad.(Goodwin, Mays, Pope, 2019, p.170).

Los aspectos éticos aseguran la autenticidad de la información en contrastación con el programa TURNITIN, el cual se encuentra a disposición del asesor y docentes involucrados, de esta manera se logra demostrar la originalidad de la presente investigación.

Por otro lado, para verificar la ética como tal, el presente trabajo de investigación sigue los lineamientos de la Universidad César Vallejo

utilizando como guía el formato ISO 690-2, además todos los artículos pertenecen a revistas científicas internacionales.

#### IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Tabla 3. Identificación del tipo de isópodo terrestre más eficiente en la bioacumulación de cadmio.**

Familia	Isópodo terrestre utilizado	Descripción del isópodo terrestre	Referencia
Armadillidae	<i>Armadillidium Officinale</i>	Longitud: 4,06 - 9,53 mm	(Khemaissia, et al, 2019)
		Género: Mixto	
		Metales: Cd, Cu, Zn	
		BAF: moderado	
Armadillidae	<i>Armadillidium Officinale</i>	Longitud: 2.00- 8.60 mm	(Barraza, et al, 2019)
		Género: Mixto	
		Metales: Cd	
		BAF: baja	
Armadillidae	<i>Armadillidium Officinale</i>	Longitud: 5,06 - 7,53 mm	(Quadros, et al, 2010)
		Género: Mixto	
		Metales: Cd y Pb	



	BAF: moderado	
<i>Armadillidium Vulgare</i>	Longitud: 4,06 - 9,53 mm	
	Género: Mixto	(Diernal, et al, 2021)
	Metales: Cd y As	
	BAF: moderado	
<i>Armadillidium Vulgare</i>	Longitud: 3,02 - 7,46 mm	
	Género: Mixto 50%.50%	(Nannoni, et al, 2015)
	Metales: Cd, As, Co, Cu, Ni, Pb, Sb, V y Zn.	
	BAF: moderado	
<i>Armadillidium Vulgare</i>	Longitud: 12- 16 mm	
	Género: Mixto	(Mazzei, et al, 2015)
	Metales: Cd y Pb	
	BAF: moderado	
<i>Armadillidium Vulgare</i>	Longitud: 12- 16 mm	
	Género: Mixto	(Perez, et al 2019)
	Metales: Cd y Cu	
	BAF: moderado	



	Longitud: 10,8 - 16 mm	
<i>Armadillidium Officinalis</i>	Género: Mixto	(Flaccavento, et al, 2019)
	Metales: Cd y TiO <sub>2</sub>	
	BAF: baja	
	Longitud: 1,08 - 12,88 mm	
<i>Porcellio Laevis</i>	Género: Mixto	(Ghemari, et al, 2019)
	Metales: Cd	
	BAF: moderado	
	Longitud: 4,00 - 8,00 mm	
<i>Porcellio pruinosus</i>	Género: Mixto	(Morgado, et al, 2022)
	Metales: Cd y Cu	
<i>Porcellionid ae</i>	BAF: baja	
	Longitud: 6,32 - 12,30mm	
<i>Porcellio Laevis</i>	Género: Mixto	(Jelassi, et al, 2020)
	Metales: Cd y Zn	
	BAF: moderado	
	Longitud: 2,03 - 12,86 mm	



<i>Porcellio pruinosus</i>	Género: Machos Metales: Cd, Pb, Zn y Cu BAF: baja	(Ghemari, et al, 2019)
	Longitud: 7.00 - 9.00 mm	
<i>Porcellio Laevis</i>	Género: Mixto Metales: Cd y Pb BAF: moderado	(Odendaal, et al, 2021)
	Longitud: 8 mm	
<i>Porcellio Laevis</i>	Género: Mixto Metales: Cd y OTC BAF: moderado	(Mohamed, et al, 2022)
	Longitud: 5 mm	
<i>Porcellio Laevis</i>	Género: Mixto Metales: Cd y Pb BAF: moderado	(Mandal, et al, 2020)
	Longitud: 5.53mm	
<i>Porcellio dilatatus</i>	Género: Mixto	(Calhòa, et



	Metales: Cd	al, 2010)
	BAF: bajo	
	Longitud: 6 - 8 mm	
<i>Porcellio Laevis</i>	Género: Mixto	(Wafaa, et al, 2021)
	Metales: Cd	
	BAF: baja	
	Longitud: 3,00 - 16 mm	
<i>Porcellio Laevis</i>	Género: Mixto	(Levent, et al, 2020)
	Metales: Cd	
	BAF: moderado	
	Longitud: 2,06 - 15,35 mm	
<i>Philoscia Affinis</i>	Género: Mixto 50%.50%	(Pastorino, et al, 2021)
	Metales: Cd, Cu, Zn,Al, Fe, Hg, Mn, Pb.	
	BAF: baja	
<i>Philosciidae</i>	Longitud: 8,00 mm	
	Género: Mixto	
<i>Ligia cinerascens</i>	Metales: Cd	(Jingxian, et al, 2020)



	BAF: moderado	
	Longitud: 3,52 - 15,46 mm	
<i>Phisloscia muscorum</i>	Género: Mixto	(Wadhwa, et al, 2017)
	Metales: Cd, As, Cr, Cu, Pb, Zn	
	BAF: baja	
	Longitud: 4,00 - 16 mm	
<i>Burmoniscus ocellatus</i>	Género: Mixto	(Dudgeon, et al, 2019)
	Metales: Cd	
	BAF: moderado	
	Longitud: 4,00 - 16 mm	
<i>Balloniscus selowii</i>	Género: Mixto	(Lisiane, et al, 2020)
	Metales: Cd, TCS, CHX	
	BAF: baja	

Fuente: Elaboración propia.

\* Al: Aluminio

\* As: Arsénico

\* BAF : Factor de bioacumulación

\* BAF (baja): 1 a 2 mg/l

\* BAF (alta): 4 a 6 mg/l

clorhexidina

\* Cr: Cromo

\* Cu: Cobre

\* TiO<sub>2</sub>:Dióxido de titanio

\* V: Vanadio

\* Zn: Zinc

\* BAF (moderada): 2 a 4 mg/l

\* Cd: Cadmio\* CHX:

\* Co: Cobalto

\* Fe: Hierro

Se logra apreciar un total de 23 artículos seleccionados y desglosados por criterios como: Longitud, Género, Metales y el porcentaje de BAF, en la Tabla 2. Identificación del tipo de isópodo terrestre más eficiente en la bioacumulación de cadmio.

En la familia de isópodos terrestres: Armadillidae se lograron identificar dos especies de mayor relevancia como: *Armadillidium Vulgare* y *Armadillidium Officinale*. Respecto a la familia: Porcellionidae se logró identificar tres especies: *Porcellio Laevis*, *Porcellio dilatatus* y *Porcellio pruinosus*. Finalmente, para la familia de isópodos terrestres Philosciidae se identificaron cinco especies: *Philoscia Affinis*, *Ligia cinerascens*, *Philoscia muscorum*, *Burmoniscus ocellatus* y *Balloniscus selowii*.

Uno de los factores que más influyeron en la determinación del isópodo terrestre más eficiente en la bioacumulación de cadmio, es el Factor de Bioacumulación (BAF). Además, el sexo del isópodo no es un factor influyente bajo términos de estudio, pero si es una variable importante si nos referimos a la eficiencia de acumulación de cadmio. (Perez, et al 2019).

Para *Armadillidium Vulgare* se reveló un porcentaje BAF promedio, moderado (Diernal, et al, 2021, Nannoni, et al, 2015, Mazzei, et al, 2015 y Perez, et al 2019), lo que permitió acumular mayores concentraciones de cadmio y otros metales. Además, la capacidad de adaptación y el tiempo de exposición a los metales pesados influyó en el porcentaje de morbilidad en dos casos (Diernal, et al, 2021, Nannoni, et al, 2015) esto se debe a que mayor concentración de cadmio mayor morbilidad, ya que disminuye la capacidad de adaptación de los isópodos terrestres.

Por otro lado, para *Armadillidium Officinalis*, se obtuvo un registro de bioacumulación moderado para el caso de (Khemaissia, et al, 2019) ya que utilizaron lechuga contaminada con cadmio, cobre y zinc en isópodos de tamaño 4,06 - 9,53 mm. y baja para el caso de (Barraza, et al, 2019), esto se explica por el tamaño de los isópodos utilizados 2.00-8.60 mm.

El tamaño es otro de los factores que influyen en la capacidad de retención de metales pesados, ya que mientras más grande es el isópodo terrestre, mayor asimilación y distribución en los órganos y tejidos tendrá por lo que, mayor será su capacidad de acumulación, esto podría explicar que *Armadillidium Vulgare* es el más eficiente de la familia Armadillidae por su capacidad de adaptación, tamaño y el factor de bioacumulación presente en cada caso. (Perez, et al 2019, Diernal, et al, 2021, Nannoni, et al, 2015, Mazzei, et al, 2015).

Para la familia *Porcellionidae* se reveló que *Porcellio Laevis* es en promedio un potencial bioacumulador de cadmio de enfoque moderado, (Ghemari, et al, 2019, Jelassi, et al, 2020, Odendaal, et al, 2021, Mohamed, et al, 2022, Mandal, et al, 2020, Wafaa, et al, 2021, Levent, et al, 2020) sin embargo, se estima que el Cd afecta también la biomasa y su reproducción poblacional posterior a un tiempo de exposición de 96 horas, bajo términos de mortalidad (Mandal, et al, 2020), en comparación con el estudio de (Ghemari, et al, 2019) que no manifestó cambios en su biomasa pero si en su peso, esto se podría explicar ya que el estudio de (Mandal, et al, 2020) duró un tiempo máximo de 100 horas,

Por otro lado, el estudio de (Ghemari, et al, 2019) mantuvo un tiempo máximo de 4 semanas de exposición. Lo que podría revelar la capacidad de adaptación del isópodo *Porcellio Laevis*, tal como lo sugieren (Ghemari, et al, 2019, Mohamed, et al, 2022, Mandal, et al, 2020, Wafaa, et al, 2021, Levent, et al, 2020).

Además, ambos autores coinciden en que el órgano principal que permite almacenar cadmio en los *Porcellio Laevis* es la hepatopáncreas, y que cuando este pierde su capacidad de almacenamiento, los elementos pesados se acumulan en el resto del cuerpo. (Mandal, et al, 2020, Ghemari, et al, 2019).

Mientras que, *Porcellio Pruinus* se registra en promedio un factor de bioacumulación bajo para cadmio, pero ello no indica que no se considere como potencial bioindicador o biomonitor de otros metales, porque la capacidad de bioacumulación depende de las variables del estudio, es decir, si la experimentación con *Porcellio Pruinus* se da en campo o en laboratorio, en exposición directa o mediante consumo de alimentos contaminados con metales pesados.

Por lo que, existen criterios previos de estudio que aumentan la eficiencia de bioacumulación de metales pesados en *Porcellio Pruinus*, como, por ejemplo: las concentraciones bajas en alimentos contaminados con plomo y cobre y en campo en un período de 42 días. (Ghemari, et al, 2019).

Por otro lado, se revela que *Porcellio Pruinus*, no puede ser potencial bioacumulador de cobre, ya que no metaboliza este metal, una vez que el cobre ingresa en el organismo de *Porcellio Pruinus*, la tasa de morbilidad aumenta provocando la intoxicación.

Finalmente, ambos autores coinciden en que sí existe afectación de las concentraciones de metales pesados en la longitud del cuerpo de *Porcellio Pruinosis*. (Ghemari, et al, 2019 y Morgado, et al, 2022).

Respecto a *Porcellio dilatatus*, se revela que presenta el factor de bioacumulación bajo para cadmio, esto se debe a que el autor empleó dos métodos de comparación, el primero se basó en lechuga contaminada superficialmente (SCL) y lechuga biológicamente contaminada (BCL), en ambos métodos se revela que hubo pérdida de peso para *Porcellio dilatatus*, lo que demostraría su baja asimilación en Cd,

Sin embargo, no se rechaza la posibilidad de considerar a *Porcellio dilatatus* para futuras investigaciones por lo que, se sugiere experimentar con otros metales de menor toxicidad. (Calhõa, et al, 2010).

Para la familia Philosciidae se revela que, *Ligia cinerascens* y *Burmoniscus ocellatus*, son potenciales bioacumuladores de cadmio ya que presentan factores de acumulación y asimilación moderado, (Jingxian, et al, 2020, Dudgeon, et al, 2019).

Por una parte, *Ligia cinerascens*, después de una exposición de 0,1 mg/l de Cd durante cuatro semanas, se registró la distribución y acumulación de Cd en diferentes órganos. Además, bajo términos de exposición en laboratorio, se confirmó que tanto hembras y machos, asimilan y almacenan en sus tejidos y órganos el cadmio lo que indica que el género en *Ligia cinerascens* no es una barrera que limite la bioacumulación. (Perez, et al 2019, Jingxian, et al, 2020).



Por otro lado, la observación ultraestructural revela que el cadmio excesivo, podría provocar la desorganización de estructuras celulares como microvellosidades, laberinto basal, mitocondrias y retículo endoplasmático rugoso en *Burmoniscus ocellatus* principalmente en machos en un tiempo de exposición de 28 días , esto podría explicar la importancia del tamaño del hepatopáncreas y su relación con las cantidades de almacenamiento de cadmio principalmente en hembras.(Perez, et al 2019, Jingxian, et al, 2020, Dudgeon, et al, 2019)

Otra de las variables de influencia directa fue el tiempo de muda para *Burmoniscus ocellatus*, ya que se revela que al mudar de caparazón *Burmoniscus ocellatus*, se alimenta del mismo para recuperar los nutrientes y el calcio. Cabe precisar, que *Burmoniscus ocellatus* presentó asimilación moderada, lo que indica que el cadmio podría distribuirse en todo su organismo incluyendo en su caparazón, lo que facilita su eliminación en la muda, pero además de la biodisponibilidad en la misma.

**Tabla 4. Descripción de los métodos de análisis del cadmio en isópodos terrestres**

<i>Armadillidae</i>				
<b>Método utilizado</b>	<b>Concentraciones de aplicación</b>	<b>Tipo de Isópodo terrestre</b>	<b>Referencia</b>	<b>Resultados obtenidos</b>
Espectrometría de Absorción Atómica	<b>CdCl<sub>2</sub>:</b> 0,7 mg/L, 1 mg/L, 1,3 mg/L  <b>CuCl<sub>2</sub>:</b> 100 mg/L, 150 mg/L, 200 mg/L  <b>ZnCl<sub>2</sub>:</b> 300 mg/L, 400 mg/L, 500 mg/L	<i>Armadillidium Officinale</i>	(Jhemaissia, et al, 2019)	Las observaciones microscópicas de las células del hepatopáncreas mostraron cambios morfológicos e histológicos incluso a la concentración más baja. Se encontró que el grado de estas alteraciones era dependiente de la dosis.
Cromatografía de gases/masa (GC-MS)	<b>CdCl<sub>2</sub>:</b> 80 mg/L	<i>Armadillidium Officinale</i>	(Barraza, et al, 2019)	Presentó mortalidad a partir del día 26, sin embargo, algunos individuos se mantuvieron vivos hasta el día 49. El contaminante puede afectar directamente a esta especie en su crecimiento y desarrollo celular.
Cromatografía de gases/masa	<b>CdCl<sub>2</sub>:</b>	<i>Armadillidium Officinale</i>	(Quadros, et al, 2010)	<i>Armadillidium Officinale</i> podría usarse como herramienta en monitoreo a largo plazo para diagnosticar el tipo y nivel de

(GC-MS)	500 mg/L			contaminación ambiental complementado a la fitorremediación.
Espectrometría de Masa con Plasma Acoplado Inductivamente (ICP-MS)	<b>CdCl<sub>2</sub>:</b> 800 mg/L	<i>Armadillidium Vulgare</i>	(Diernal, et al, 2021)	<i>Armadillidium Vulgare</i> , mantiene la distribución de cadmio en sus tejidos, lo que permite la acumulación y cristalización de este metal. Además, tiene la capacidad de adaptación, lo que le permite ser un biomonitor eficiente.
Espectrometría de Masa con Plasma Acoplado Inductivamente (ICP-MS)	<b>Cd</b> <b>Purgados:</b> vertedero 0m: 0.63 - 0.08 mg/Kg distancia 2100m: 0.36 -0.03 mg/Kg <b>No purgados:</b> vertedero 0m: 0.28 - 0.09 mg/Kg distancia 2100m: 0.39 -0.06 mg/Kg	<i>Armadillidium Vulgare</i>	(Nannoni, et al, 2015)	<i>Armadillidium Vulgare</i> , cuenta con mecanismos fisiológicos de regulación de estos elementos pesados. Los datos analíticos muestran la capacidad de adsorción de manera diferente los elementos pesados según el siguiente orden: As > Cd > Co > Ni > Pb > B. <i>Armadillidium Vulgare</i> también presentó mecanismos de regulación para Cu.
				Los individuos expuestos a

Espectrometría de Masa con Plasma Acoplado Inductivamente (ICP-MS)	<b>CdCl<sub>2</sub>:</b> 10 mg/L 50 mg/L 100 mg/L	<i>Armadillidium Vulgare</i>	(Mazzei, et al, 2015)	10,50,100 mg/ L de CdCl <sub>2</sub> , mostraron una mayor acumulación destacado por valores de (CF) de 2,26, 2,63, 2,64 respectivamente. Para las tres concentraciones, el contenido del cuerpo entero fue de 101,1, 541,66 y 1187,2, dos veces mayor en comparación con los individuos de control.
Espectrometría de Masa con Plasma Acoplado Inductivamente (ICP-MS)	<b>CdCl<sub>2</sub>:</b> 0,001g	<i>Armadillidium Officinale</i>	(Flaccavento, et al, 2019)	Los resultados sugieren que <i>Armadillidium Officinale</i> es la especie que bioacumula nanopartículas eficientemente en el hepatopáncreas, además se destaca por su capacidad de adaptación y resiliencia.
<b><i>Porcellionidae</i></b>				
<b>Método utilizado</b>	<b>Concentraciones de aplicación</b>	<b>Tipo de Isópodo terrestre</b>	<b>Referencia</b>	<b>Resultados obtenidos</b>
	<b>Concentración /Sitio</b>			
Espectroscopia de absorción	0,08 mg/Kg /S.Slh 1,23 mg/Kg / S.Eda 2,36 mg/Kg / S.Ezz 0,74 mg/Kg / Tab	<i>Porcellio Laevis</i>	(Ghemari,et al, 2019)	Los parámetros morfométricos mostraron una correlación significativa entre la longitud del cuerpo y el ancho del

atómica (AA)	1,53 mg/Kg / Mad 0,93 mg/Kg / Aga 2,71 mg/Kg / Pho			cefalotórax, y globalmente se observó una alometría negativa.
Espectrometría de Masa con Plasma Acoplado Inductivamente (ICP-MS)	No especifica	<i>Porcellio pruinosus</i>	(Morgado, et al, 2022)	Aunque los efectos sobre la toxicidad y la bioacumulación son específicos de la especie, los nanoplaguicidas a base de hidróxido de cobre pueden causar efectos adversos a los organismos del suelo que los productos convencionales, siendo una buena solución para reducir el impacto ambiental.
Espectroscopia de absorción atómica (AA)	<b>CdCl<sub>2</sub>: Hojas de quercus</b> Con 1: 60 mg/L Con 2: 80 mg/L Con 3: 100 mg/L Con 4: 120 mg/L	<i>Porcellio Laevis</i>	(Jelassi, et al, 2020)	Los resultados obtenidos confirman la capacidad de <i>Porcellio Laevis</i> para lidiar con altas cantidades de oligoelementos metálicos (cadmio y zinc), lo que sugiere su posible uso en futuros programas de biomonitorio del suelo.
	<b>Cd/ sitio</b> S1 / 1.63 mg/Kg			El factor de bioacumulación se calculó utilizando suelo y hojarasca como sólido con el objetivo de ordenar la

Espectroscopia de absorción atómica (AA)	S2 / 2.00 mg/Kg S3 / 0.89 mg/Kg S4 / 1.25 mg/Kg	<i>Porcellio pruinosus</i>	(Ghemari,et al, 2019)	acumulación de metales en <i>Porcellio pruinosus</i> para cada sitio. En general, <i>Porcellio pruinosus</i> . podría definirse como un macroconcentrador de Cd, Zn y Cu ( BAF>2) y como un desconcentrador de Pb (BAF<1).
Espectroscopia de absorción atómica (AA)	<b>Pb (NO3)2</b> Concentración N° 1: 200 mg/Kg Concentración N° 2: 1600 mg/ Kg	<i>Porcellio Laevis</i>	(Odendaal,et al, 2021)	Se realizaron estudios de comportamiento de evitación para determinar si <i>Porcellio Laevis</i> puede detectar y posiblemente evitar el plomo en el medio ambiente. <i>Porcellio Laevis</i> se vio afectada negativamente por la presencia de nitrato de plomo y mostró una pérdida de masa corporal. Más del 86% de la carga corporal total de plomo se almacenó en el hepatopáncreas.
Análisis bioquímico	<b>Cd + OTC</b> Concentración N° 1: 1000 ppm Concentración N° 2: 2000 ppm Concentración N° 1: 3000 ppm	<i>Porcellio Laevis</i>	(Mohammad, et al, 2022)	El análisis bioquímico ilustró que la combinación entre OTC y Cd inhibe los efectos tóxicos del Cd a baja concentración (1000 ppm) para <i>Porcellio Laevis</i> , mientras que a alta concentración (3000) aumenta la toxicidad.

<p><b>Cd (g / Kg)</b></p> <p>Estudio de la toxicidad aguda para determinar LC50</p>	<p>Tratamiento N° 1 : 0 g/ Kg</p> <p>Tratamiento N° 2 : 0,515 g/ Kg</p> <p>Tratamiento N° 3 : 0,859 g/ Kg</p> <p>Tratamiento N° 4 : 1,202 g/ Kg</p>	<p><i>Porcellio Laevis</i></p>	<p>(Mandal, et al, 2020)</p>	<p>La mayor concentración de plomo aplicada correspondiente al 70% del valor LC50% no tuvo un efecto adverso significativo en <i>Porcellio Laevis</i> y su reproducción, pero todas las concentraciones de cadmio inhibieron la tasa de producción de manca y no manca, se observó en el suelo que contenía el nivel más alto de cadmio.</p>
<p>Espectrometría de Masa con Plasma Acoplado Inductivamente ICP- MS</p>	<p><b>Cd</b></p> <p>BCL (rango 338 -450 ug Cd)</p> <p>SCL (rango 327 -450 ug Cd)</p>	<p><i>Porcellio dilatatus</i></p>	<p>(Calhõa, et al, 2010)</p>	<p>Los isópodos terrestres perdieron peso en todos los grupos de tratamiento durante el ensayo, se produjo cierta mortalidad animal en cada grupo que fue de 5, 7 y 5 en los grupos de lechuga control (CON), lechuga contaminada superficialmente (SCL) y lechuga contaminada biológicamente (BCL) respectivamente.</p>
<p>Espectroscopia de absorción</p>	<p><b>Cafe / cadmio</b></p> <p>Con 1: 10 mg/L</p>	<p><i>Porcellio Laevis</i></p>	<p>(Wafaa, et al, 2021)</p>	<p>Los resultados revelaron una disminución en los parámetros alimentarios como el consumo, proporción, proporción de</p>

atómica (AA)	Con 2: 30 mg/L Con 3: 50 mg/L			asimilación y proporción de egestión en <i>Porcellio Laevis</i> tratada con diferentes concentraciones.
	<b>Cd (g / Kg)</b>			
Espectroscopia de absorción atómica (AA)	N° 1 : 0 g/ Kg N° 2 : 0,405 g/ Kg N° 3 : 0,690 g/ Kg	<i>Porcellio Laevis</i>	(Levent, et al, 2020)	Los resultados del estudio sugieren a <i>Porcellio Laevis</i> para la evaluación de desechos orgánicos agrícolas que a veces se consideran contaminantes podría usarse con confianza para la bioacumulación de trazas metal como el cadmio, zinc y cobre..
<b><i>Philosciidae</i></b>				
<b>Método utilizado</b>	<b>Concentraciones de aplicación</b>	<b>Tipo de Isópodo terrestre</b>	<b>Referencia</b>	<b>Resultados obtenidos</b>
	<b>Cd (mg / Kg)</b>			
Espectrometría de Masa con Plasma Acoplado Inductivamente ICP- MS	Sitio 1 : 1.47- 0.08 mg/Kg Sitio 2: 3.46- 0.41 mg/Kg	<i>Philoscia Affinis</i>	(Pastorino, et al, 2021)	Los valores medios de BAF más altos se registraron para Cd (6,169 y 6,974 para el sitio 1 y 2, respectivamente. Se encontró que <i>Philoscia Affinis</i> es un candidato potencial para monitorear la contaminación del

				suelo como un macroconcentrador de Cu y Cd y un microconcentrador de Zn.
Espectroscopia de absorción atómica (AA)	<b>CdCl<sub>2</sub></b> 1mg/L de CdCl <sub>2</sub>	<i>Ligia cinerascens</i>	(Jingxian, et al, 2020)	Después de una exposición de 0,1 mg/l de Cd durante cuatro semanas, se registró la distribución y acumulación de Cd en diferentes órganos. El hepatopáncreas es el órgano que mayor cadmio acumuló
Espectrometría de Masa con Plasma Acoplado Inductivamente ICP- MS	<b>CdCl<sub>2</sub></b> Concentración 1: 0,1 mg/l, Concentración 2: 03 mg/l Concentración 3: 05 mg/l	<i>Phisloscia muscorum</i>	(Wadhwa, et al, 2017)	La observación ultraestructural mediante microscopía revela que el excesivo cadmio, podría provocar la desorganización de estructuras celulares como microvellosidades, laberinto basal, mitocondrias y retículo endoplasmático rugoso de <i>Phisloscia muscorum</i> .
Espectrometría de Masa con Plasma Acoplado Inductivamente ICP- MS	<b>CdCl<sub>2</sub></b> Concentración 1: 05 mg/l Concentración 2: 08 mg/l	<i>Burmoniscus ocellatus</i>	(Dudgeon, et al, 2019)	El consumo anual total de todas las especies en los dos sitios fue de 233,7 y 360,2mg/l para CdCl <sub>2</sub> . Los estertores respiratorios de los isópodos fueron proporcionale al peso corporal con un exponente que varió de 0,68 a 0,78 a 23°C.

**Cd**

Espectrometría  
de Masa con  
Plasma Acoplado  
Inductivamente  
ICP- MS

Suelo 1 : 4,5 mg/l  
Suelo 2 : 6 mg/l

*Balloniscus selowii* (Lisiane, et al, 2020)

Con la exposición a TCS, este cambio fue suficiente para afectar la asimilación de nutrientes por *Balloniscus selowii*. La liberación continua de antimicrobianos como la clorhexidina y triclosán en el medio ambiente puede comprometer la salud de los organismos no objetivo e interferir con las relaciones simbióticas.



- \*Al: Aluminio
- \*TiO<sub>2</sub>: Dióxido de titanio
- \*As: Arsénico
- \*V: Vanadio
- \*BAF : Factor de bioacumulación
- \*Zn: Zinc
- \* BAF (baja): 1 a 2 mg/l
- \* BAF (moderada): 2 a 4 mg/l
- \* BAF (alta): 4 a 6 mg/l
- \* Cd: Cadmio
- \* CHX: clorhexidina
- \* Cr: Cromo
- \* Co: Cobalto
- \* Cu: Cobre
- \* Fe: Hierro
- \* FC: Factor de concentración
- \* Hg: Mercurio
- \* mm: Milímetros
- \* Mn: Manganeseo
- \* Ni: Níquel
- \* OTC: Oxitetraciclina
- \* Pb: Plomo
- \* Sb: Antimonio
- \* TCS: Triclosán

Se logró describir cinco métodos de análisis del cadmio en isópodos terrestres, para la familia Armadillidae se encontraron tres métodos. Por otro lado, para la familia Porcellionidae se encontraron cuatro métodos.

Para la familia Philosciidae se encontraron dos métodos de análisis. Cabe destacar que independientemente del método de análisis, la mayoría de autores utilizaron el método porque permite optimizar las mediciones además por la variabilidad de metales pesados que

se puede determinar.

La exactitud y precisión de la medición dependen del equipo espectrofotómetro por lo que la mayoría de autores sugieren utilizar la Espectrometría de Masa con Plasma Acoplado Inductivamente (ICP- MS) y la Espectroscopia de absorción atómica (AA) porque presentan mayores especificidad, sensibilidad y es de fácil operación.

Para la familia Armadillidae, se revela que las observaciones microscópicas de las células de la hepatopáncreas mostraron cambios morfológicos e histológicos incluso a la concentración más baja.

Se encontró que el grado de estas alteraciones era dependiente de la dosis para *Armadillidium Officinale*. (Jhemaissia, et al, 2019, Diernal, et al, 2021, Quadros, et al, 2010, Flaccavento, et al, 2019). Por otro lado, *Armadillidium Vulgare*, cuenta con mecanismos fisiológicos de regulación de estos elementos pesados. Los datos analíticos muestran la capacidad de adsorción de manera diferente los elementos pesados según el siguiente orden:  $As > Cd > Co > Ni > Pb > B$ . *Armadillidium Vulgare* también presentó mecanismos de regulación para Cu. (Nannoni, et al, 2015).

Además, en *Armadillidium Vulgare* para las tres concentraciones, el contenido del cuerpo entero fue de 101,1, 541,66 y 1187,2, dos veces mayores en comparación con los individuos de control.

Finalmente, los individuos expuestos a 10,50,100 mg/ L de  $CdCl_2$ , mostraron una mayor acumulación destacado por valores de (CF) de 2,26, 2,63, 2,64 respectivamente. (Mazzei, et al, 2015, Nannoni, et al, 2015, Diernal, et al, 2021)



Para la familia Porcellionidae, se revela que, el factor de bioacumulación se calculó utilizando suelo y hojarasca como sólido con el objetivo de ordenar la acumulación de metales en *Porcellio pruinosus* para cada sitio. En general, *Porcellio pruinosus* podría definirse como un macroconcentrador de Cd, Zn y Cu (BAF>2) y como un desconcentrador de Pb (BAF<1). (Ghemari, et al, 2019, Morgado, et al, 2022).

Además, los parámetros morfométricos mostraron una correlación significativa entre la longitud del cuerpo y el ancho del cefalotórax, y globalmente se observó una alometría negativa para *Porcellio Laevis*, (Ghemari, et al, 2019), por otro lado, *Porcellio Laevis* se vio afectada negativamente por la presencia de nitrato de plomo y mostró una pérdida de masa corporal.

Más del 86% de la carga corporal total de plomo se almacenó en el hepatopáncreas. (Odendaal, et al, 2021, Mohammad, et al, 2022) igualmente la mayor concentración de plomo aplicada correspondiente al 70% del valor LC50% no tuvo un efecto adverso significativo en *Porcellio Laevis* y su reproducción, pero todas las concentraciones de cadmio inhibieron la tasa de producción de manca y no manca, se observó en el suelo que contenía el nivel más alto de cadmio por lo que se podría interpretar que *Porcellio Laevis* presenta capacidad de adaptación y asimilación del plomo (Mandal, et al, 2020, Mohammad, et al, 2022, Levent, et al, 2020, Wafaa, et al, 2021)

Para *Porcellio dilatatus* se revela que, perdieron peso en todos los grupos de tratamiento durante el ensayo, se produjo cierta mortalidad animal en cada grupo que fue de 5, 7 y 5 en los grupos de lechuga control (CON), lechuga contaminada superficialmente (SCL) y lechuga contaminada biológicamente (BCL) respectivamente. (Calh a, et al, 2010)

Para la familia *Philosciidae*, se revela que, para *Philoscia Affinis*, los valores medios de BAF más altos se registraron para Cd (6,169 y 6,974 para el sitio 1 y 2, respectivamente, sin embargo, un candidato potencial para monitorear la contaminación del suelo como un macroconcentrador de Cu y Cd y un microconcentrador de Zn.. Pero, su capacidad de distribución no se presencia para todos los metales pesados en general en comparación con *Porcellio Laevis* de la familia *Porcellionidae* (Pastorino, et al, 2021, Mandal, et al, 2020, Mohammad, et al, 2022, Levent, et al, 2020, Wafaa, et al, 2021).

Por otro lado, se revela mediante la observación ultraestructural mediante microscopía revela que el excesivo cadmio, podría provocar la desorganización de estructuras celulares como microvellosidades, laberinto basal, mitocondrias y retículo endoplasmático rugoso de *Philoscia muscorum*. (Wadhwa, et al, 2017).

Con la exposición a TCS, este cambio fue suficiente para afectar la asimilación de nutrientes por *Balloniscus selowii*. La liberación continua de antimicrobianos como la clorhexidina y triclosán en el medio ambiente puede comprometer la salud de los organismos no objetivo e interferir con las relaciones simbióticas. (Lisiane, et al, 2020).

**Tabla 5. Identificación de los parámetros de crecimiento de los isópodos terrestres afectados por el cadmio.**

Referencia	Familia	Tipo de Isópodo terrestre	Concentraciones	Longitud	Peso
(Jhemaissia, et al, 2019)	<b>Armadillidae</b>	<i>Armadillidium Officinale</i>	0,7 mg/L,	4,06 mm	0,29 ug -2.38 ug
			1 mg/L,	6.90 mm	0,29 ug -2.38 ug
			1,3 mg/L	9.53mm	0,29 ug -2.38 ug
(Barraza, et al, 2019)	<b>Armadillidae</b>	<i>Armadillidium Officinale</i>	80 mg/L	2.00- 8.60 mm	1,65 ug - 2,56ug
(Quadros, et al, 2010)	<b>Armadillidae</b>	<i>Armadillidium Officinale</i>	500 mg/L	5,06 - 7,53 mm	3,54 ug
(Diernal, et al, 2021)	<b>Armadillidae</b>	<i>Armadillidium Vulgare</i>	800 mg/L	4,06 - 9,53 mm	1,27 ug- 2.38 ug
(Nannoni, et al, 2015)	<b>Armadillidae</b>	<i>Armadillidium Vulgare</i>	vertedero 0m: 0.63 - 0.08 mg/Kg	3,02 mm	No especifica
			distancia 2100m: 0.36 -0.03 mg/Kg	5.4mm	No especifica
			vertedero 0m: 0.28 - 0.09 mg/Kg	7.30mm	No especifica
			distancia 2100m: 0.39	7,46mm	No especifica

			-0.06 mg/Kg		
(Mazzei, et al, 2015)	<b>Armadillidae</b>	<i>Armadillidium Vulgare</i>	10 mg/L	12- 16 mm	1,23 ug- 2.96 ug
			50 mg/L	16 mm	1,23 ug- 2.96 ug
			100 mg/L	14 mm	1,23 ug- 2.96 ug
(Flaccavento, et al, 2019)	<b>Armadillidae</b>	<i>Armadillidium Officinalis</i>	0,001g	10,8 - 16 mm	2,73 ug - 2,89ug
(Ghemari,et al, 2019)	<b>Porcellionidae</b>	<i>Porcellio Laevis</i>	0,08 mg/Kg /S.Slh	1,08 mm	No especifica
			1,23 mg/Kg / S.Eda	2,35 mm	No especifica
			2,36 mg/Kg / S.Ezz	3,45 mm	No especifica
			0,74 mg/Kg / Tab	1,40 mm	No especifica
			1,53 mg/Kg / Mad	6,35 mm	No especifica
			0,93 mg/Kg / Aga	4,56 mm	No especifica
			2,71 mg/Kg / Pho	12,88 mm	No especifica
(Morgado,et al, 2022)	<b>Porcellionidae</b>	<i>Porcellio pruinosus</i>	No especifica	4,00 - 8,00 mm	1,54 ug - 6,89ug

(Jelassi, et al, 2020)	<b>Porcellionidae</b>	<i>Porcellio Laevis</i>	Con 1: 60 mg/L	6,32 mm	1,73 ug - 2,89ug
			Con 2: 80 mg/L	9,00 mm	1,73 ug - 2,89ug
			Con 3: 100 mg/L	11,18 mm	1,73 ug - 2,89ug
			Con 4: 120 mg/L	12,30 mm	1,73 ug - 2,89ug
(Ghemari,et al, 2019)	<b>Porcellionidae</b>	<i>Porcellio pruinosus</i>	S1 / 1.63 mg/Kg	2,03 mm	3,34 ug - 4,89 ug
			S2 / 2.00 mg/Kg	8,00 mm	1,72 ug - 3,14 ug
			S3 / 0.89 mg/Kg	10,00 mm	1,72 ug - 3,14 ug
			S4 / 1.25 mg/Kg	12,36 mm	1,72 ug - 3,14 ug
(Odendaal,et al, 2021)	<b>Porcellionidae</b>	<i>Porcellio Laevis</i>	Concentración N° 1: 200 mg/ Kg	9.00 mm	96,4 mg - 98,3 mg
			Concentración N° 2: 1600 mg/ Kg	7.00 mm-	96,4 mg - 98,3 mg
(Mohammad, et al,	<b>Porcellionidae</b>	<i>Porcellio Laevis</i>	Concentración N° 1: 1000	8 mm	3,42 ug - 4, 45

2022)			ppm		ug
			Concentración N° 2: 2000 ppm	7.5mm	3,42 ug - 4, 45 ug
			Concentración N° 1: 3000 ppm	7.1 mm	3,42 ug - 4, 45 ug
(Mandal, et al, 2020)	<b>Porcellionidae</b>	<i>Porcellio Laevis</i>	Tratamiento N° 1 : 0 g/ Kg	5,00 mm	No especifica
			Tratamiento N° 2 : 0,515 g/ Kg	5,00 mm	No especifica
			Tratamiento N° 3 : 0,859 g/ Kg	5,00 mm	No especifica
			Tratamiento N° 4 : 1,202 g/ Kg	5,00 mm	No especifica
(Calhõa, et al, 2010)	<b>Porcellionidae</b>	<i>Porcellio dilatatus</i>	BCL(rango 338 -450 ug Cd)	5.53 mm	3,7 ug - 8ug
			SCL(rango 327 -450 ug Cd)	5.53 mm	3,7 ug - 8ug
(Wafaa, et al, 2021)	<b>Porcellionidae</b>	<i>Porcellio Laevis</i>	Con 1: 10 mg/L	6,00 mm	1,34 ug - 4,89ug
			Con 2: 30 mg/L	7,00 mm	1,34 ug - 4,89ug

			Con 3: 50 mg/L	8,00 mm	1,34 ug - 4,89ug
(Levent, et al, 2020)	<b>Porcellionidae</b>	<i>Porcellio Laevis</i>	N° 1 : 0 g/ Kg	3,00 mm	3,56 ug - 6ug
			N° 2 : 0,405 g/ Kg	6,00 mm	3,56 ug - 6ug
			N° 3 : 0,690 g/ Kg	16 mm	3,56 ug - 6ug
(Pastorino, et al, 2021)	<b>Philosciidae</b>	<i>Philoscia Affinis</i>	Sitio 1 : 1.47- 0.08 mg/Kg	2,06 - 15,35 mm	No especifica
			Sitio 2: 3.46- 0.41 mg/Kg	2,06 - 15,35 mm	No especifica
(Jingxian, et al, 2020)	<b>Philosciidae</b>	<i>Ligia cinerascens</i>	1mg/L de CdCl <sub>2</sub>	8,00 mm	2,65 ug - 4 ug
(Wadhwa, et al, 2017)	<b>Philosciidae</b>	<i>Phisloscia muscorum</i>	Concentración 1: 0,1 mg/l	3,52 - 15,46 mm	2,86 ug - 5,64 ug
			Concentración 2: 03 mg/l	3,52 - 15,46 mm	2,86 ug - 5,64 ug
			Concentración 3: 05 mg/l	3,52 - 15,46 mm	2,86 ug - 5,64 ug

(Dudgeon, et al, 2019)	<b><i>Philosciidae</i></b>	<i>Burmoniscus ocellatus</i>	Concentración 1: 05 mg/l	4,00 - 16 mm	3,47 ug - 4,96 ug
			Concentración 2: 08 mg/l	4,00 - 16 mm	3,47 ug - 4,96 ug
(Lisiane, et al, 2020)	<b><i>Philosciidae</i></b>	<i>Balloniscus selowii</i>	Suelo 1 : 4,5 mg/l	4,00 - 16 mm	2,4 ug - 5,9ug
			Suelo 2 : 6 mg/l	6.6 mm	2,4 ug - 5,9ug

Para la Identificación de los parámetros de crecimiento de los isópodos terrestres afectados por el cadmio se reveló que, la mayoría de metales pesados como Plomo, Cadmio, Zinc y Cu causan toxicidad y alteran en un 39% el tamaño de los tejidos y del cuerpo del isópodo terrestre.

Sin embargo, *Porcellio laevis* y *Armadillidium vulgare*, *Ligia cinerascens* y *Burmoniscus ocellatus*, ) poseen la capacidad de adaptarse y distribuir Plomo, Cadmio, Zinc y Cu respectivamente.(Jhemaissia, et al, 2019,Diernal, et al, 2021, Quadros, et al, 2010, Flaccavento, et al, 2019, Mazzei, et al, 2015, Nannoni, et al, 2015, Diernal, et al, 2021). Cabe precisar que, el peso del isópodo terrestre cualquiera que sea se verá afectado siempre que la concentración de los metales pesados sea mayor a

Para la familia *Armadillidae*, se revela que para *Armadillidium Vulgare* tiene la capacidad de distribuir y almacenar los elementos pesados como cadmio, plomo y zinc y que el aumento de peso podría darse en un 41% es decir es dependiente de la concentración que se aplica según sea el caso. (Mazzei, et al, 2015, Nannoni, et al, 2015, Diernal, et al, 2021).

## V. CONCLUSIONES

- Se logró identificar a cuatro tipos de isópodos terrestres que presentan mayor eficiencia en la bioacumulación de cadmio los cuales son: *Porcellio laevis* y *Armadillidium vulgare*, *Ligia cinerascens* y *Burmoniscus ocellatus* respectivamente debido a que presentan el factor de bioacumulación moderado, asimilación y distribución del metal pesado en 13 casos, lo que indicaría que se podrían complementar con otras técnicas de remediación de suelos como la fitorremediación.
- Se describieron 23 métodos de análisis de cadmio en isópodos terrestres siendo dos los más utilizados por la mayoría de autores Espectrometría de Masa con Plasma Acoplado Inductivamente (ICP- MS) y la Espectroscopia de absorción atómica (AA) porque permiten determinar mayor variabilidad de metales pesados y presenta mayor especificidad, sensibilidad y es de fácil operación.
- Se logró identificar que los parámetros de crecimiento más afectados en isópodos terrestres por cadmio son dos: longitud y peso, y que estas variables dependen de la concentración del metal pesado y la distancia de exposición del isópodo terrestre.

## VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda analizar la capacidad de adaptación, asimilación y distribución del metal pesado en la hepatopáncreas, y tejidos del isópodo terrestre independientemente de su especie.
- Se recomienda utilizar isópodos terrestres como: *Porcellio laevis* y *Armadillidium vulgare*, *Ligia cinerascens* y *Burmoniscus ocellatus*, para investigaciones experimentales futuras en complemento con la técnica de Fitorremediación para el tratamiento de suelos contaminados con metales pesados.
- Se recomienda experimentar en más investigaciones relacionadas con los isópodos terrestres para conseguir el punto de equilibrio con la óptima de las plantas fitorremediadoras que existen en la actualidad.

## REFERENCIAS

1. AGODI, A., et al. Validation of *Armadillo officinalis* Dumèril, 1816 (Crustacea, Isopoda, Oniscidea) as a bioindicator: in vivo study of air benzene exposure. *Ecotoxicology and environmental safety*, 2015, vol. 114, p. 171-178.[Fecha de consulta: de Enero]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2015.01.011>
2. ALONSO, Rosa Alonso. *La transferencia lingüística: perspectivas actuales*. Comares, 2020.[Fecha de consulta: de Enero]. Disponible en: ISBN:978-84-9045-934-8 <https://www.researchgate.net/publication/339362598>
3. ARROYO, Girard Vernaza; SÁNCHEZ, Elvia Patricia Medina; QUIÑONEZ, Joshelyn Chamorro. Innovación, emprendimiento e investigación científica. *Revista de Ciencias Sociales (Ve)*, 2020, vol. 26, no 3, p. 163-174.[Fecha de consulta: de Enero]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=28063519006>
4. BAUTISTA MEDINA, Yadira Blanca. Toxicidad de lodos de perforación minera en el bioindicador *Porcellio laevis*. 2019.[Fecha de consulta: de Enero]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12805/788>
5. BENÍTEZ, Sandra Milena De Hoyos. El método científico y la filosofía como herramientas para generar conocimiento. 2020.[Fecha de consulta: de Enero]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.18273/revfil.v19n1-2020010>
6. BEN SAID, Amina, et al. Behavioral responses of two sympatric species *Armadillo officinalis* and *Chaetophiloscia elongata* (Crustacea, Oniscidae) towards zinc contaminated

- litter. *Biological Rhythm Research*, 2022, vol. 53, no 2, p. 329-340.[Fecha de consulta: de Enero]. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/09291016.2020.1746032>
7. BROLY, Pierre; DEVILLE, Pascal; MAILLET, Sébastien. The origin of terrestrial isopods (Crustacea: Isopoda: Oniscidea). *Evolutionary Ecology*, 2013, vol. 27, no 3, p 461-476.[Fecha de consulta: de Enero]. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s10682-012-9625-8>
8. CALHÔA, Carla Filipa Gomes de Almeida, et al. *Influence of speciation in the bioavailability of cadmium to an isopod*. 2010. Tesis Doctoral. Universidade de Aveiro.[Fecha de consulta: de Enero]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10773/977>
9. CIFUENTES, Julio. Los isópodos terrestres de Andalucía, España (Crustacea: Isopoda, Oniscidea). *Graellsia*, 2021, vol. 77, no 1, p. e133-e133.[Fecha de consulta: de Enero]. Disponible en: <https://orcid.org/0000-0002-9569-6973>
10. CISNEROS FREIRE, Evelyn G. *Evaluación de Atta sp. y Armadillidium sp. Como potenciales bioindicadores en procesos de restauración de suelos Amazónicos en el CIPCA*. 2020. Tesis de Licenciatura. Universidad Estatal Amazónica. [Fecha de consulta: de Enero]. Disponible en: <https://repositorio.uea.edu.ec/handle/123456789/813>
11. COLMENERO, Julio Cifuentes. Contribución al conocimiento de los isópodos terrestres de Guinea Ecuatorial (Isopoda: Oniscidea). *Boletín de la SEA*, 2021, no 69, p. 45-50.[Fecha de consulta: de Enero]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/revista?codigo=2129>

12. COLMENERO, Julio Cifuentes. Los isópodos terrestres de Galicia, España (Crustacea Isopoda, Oniscidea). *Graellsia: revista de zoología*, 2019, vol. 75, no 2, p. 5. [Fecha de consulta: de Enero]. Disponible en: <https://doi.org/10.3989/graellsia.2019.v75.243>
13. COTRINA SÁNCHEZ, Yusselly Vanessa; ARRASCUE BARRAGAN, Christian Anghelo. Determinación de los niveles de mercurio, cadmio, aluminio y plomo en las aguas de riego del Fundo Santa Rosa–2019. 2021. [Fecha de consulta: de Enero]. Disponible en: <http://repositorio.uns.edu.pe/handle/UNS/3828>
14. Cui Yujing; Huang Yizong; Zhu Yongguan. Progreso de la investigación sobre el daño del cadmio a la salud humana y sus factores influyentes. *Health Research*, 2006, vol. 35, no 5, p. 656-659. [Fecha de consulta: de Enero]. Disponible en: <https://www.cgvip.com/qk/93702x/200605/22921484.html+>
15. DELHOUMI, M., et al. The gut microbiota structure of the terrestrial isopod *Porcellionides pruinosus* (Isopoda: Oniscidea). *The European Zoological Journal*, 2020, vol. 87, no 1, p. 357-368. [Fecha de consulta: de Enero]. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/24750263.2020.1781269>
16. FLACCAVENTO, Alessia, et al. Morphostructural and immunohistochemical study for evaluation of nano-TiO<sub>2</sub> toxicity in *Armadillo officinalis* Duméril, 1816 (Crustacea, Isopoda, Oniscidea). *Microscopy Research and Technique*, 2020, vol. 83, no 3, p. 297-303. [Fecha de consulta: de Enero]. Disponible en: <https://doi.org/10.1002/jemt.23413>

17. FROMENT, Facundo; BOHÓRQUEZ, M. Rocío; GARCÍA-GONZÁLEZ, Alfonso Javier. Credibilidad docente: Una revisión de la literatura. *Credibilidad docente: una revisión de la literatura*, 2020, p. 23-54. [Fecha de consulta: de Enero]. Disponible en:  
<https://www.torrossa.com/en/resources/an/4608254>
18. GARCIA, LLUC; CABANILLAS, DAVID. Los isópodos terrestres (Crustacea, Isopoda, Oniscidea) del entorno de las Lagunas de Ambroz: una zona urbana en proceso de renaturalización en el municipio de Madrid (España). *Boletín de la Asociación española de Entomología*, 2021, vol. 45, no 3-4, p. 161-175. [Fecha de consulta: de Enero]. Disponible en:  
<https://orcid.org/0000-0002-4947-4958>
19. GHEMARI, Chedliya, et al. Bioaccumulation of heavy metals in the terrestrial isopod *Porcellionides pruinosus* in the vicinity of Gabes-Ghannouch industrial complex. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*, 2020, vol. 26, no 5, p. 1270-1284. [Fecha de consulta: de Enero]. Disponible en:  
<https://doi.org/10.1080/10807039.2018.1564621>
20. GHEMARI, Chedliya, et al. Changes in life history characteristics of *Porcellio laevis* (Isopoda: Oniscidea) along a cadmium pollution gradient in Sfax (Central Tunisia). *Biología*, 2019, vol. 74, no 11, p. 1475-1487. [Fecha de consulta: de Enero]. Disponible en:  
<https://doi.org/10.2478/s11756-019-00252-9>
21. GHEMARI, Chedliya, et al. Physiological and histopathological responses of *Porcellio laevis* (Isopoda, Crustacea) as

- indicators of metal trace element contamination. *Microscopy Research and Technique*, 2020, vol. 83, no 4, p. 402-409.[Fecha de consulta: de Enero]. Disponible en: <https://doi.org/10.1002/jemt.23428>
- 22.** GOMES, Sílvia; DUARTE, Vera. What about ethics? Developing qualitative research in confinement settings. *European Journal of Criminology*, 2020, vol. 17, no 4, p. 461-479.[Fecha de consulta: de Enero]. Disponible en: <https://doi.org/10.1177/1477370818801305>
- 23.** GORSKY, Martin; MOLD, Alex. Documentary analysis. *Qualitative research in health care*, 2020, p. 83-96.[Fecha de consulta: de Enero]. Disponible en: <https://doi.org/10.1002/9781119410867.ch7>
- 24.** GOODWIN, Dawn; MAYS, Nicholas; POPE, Catherine. Ethical issues in qualitative research. *Qualitative research in health care*, 2020, p. 27-41.[Fecha de consulta: de Enero]. Disponible en: <https://doi.org/10.1002/9781119410867.ch3>
- 25.** Han Huiyu. *Evaluación de la baja acumulación de metales pesados en arroz maleza y la regularidad de la absorción de cadmio y el efecto del cadmio en la absorción de otros elementos*. 2020. Tesis de Maestría. Universidad Agrícola de Shenyang.[Fecha de consulta: de Enero]. Disponible en: <https://cdmd.cnki.com.cn/Article/CDMD-10157-1020978853.htm>
- 26.** HERNÁNDEZ-BARANDA, Yenisei, et al. Toxicidad del Cadmio en las plantas y estrategias para disminuir sus efectos. Estudio de caso: El tomate. *Cultivos tropicales*, 2019, vol. 40, no 3.[Fecha de consulta: de Enero]. Disponible en:

[http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0258-59362019000300010&lng=es&nrm=iso](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362019000300010&lng=es&nrm=iso)

27. HELD, Christoph. Phylogeny and biogeography of serolid isopods (Crustacea, Isopoda, Serolidae) and the use of ribosomal expansion segments in molecular systematics. *Molecular phylogenetics and evolution*, 2000, vol. 15, no 2, p. 165-178.[Fecha de consulta: de Enero]. Disponible en: <https://doi.org/10.1006/mpev.1999.0739>
28. JAAKKOLA, Elina. Designing conceptual articles: four approaches. *AMS review*, 2020, vol. 10, no 1, p. 18-26.[Fecha de consulta: de Enero]. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s13162-020-00161-0>
29. JIAHUI, Xu, et al. Toxicity of cadmium pollution in soil to organisms: A review. *Asian Journal of Ecotoxicology*, 2020, no 5, p. 82-91.[Fecha de consulta: de Enero]. Disponible en: <http://www.stdxb.cn/en/article/doi/10.7524/AJE.1673-5897.2020042400>
30. JOHNSON, Jessica L.; ADKINS, Donna; CHAUVIN, Sheila. A review of the quality indicators of rigor in qualitative research. *American journal of pharmaceutical education*, 2020, vol. 84, no 1.[Fecha de consulta: de Enero]. Disponible en: <https://doi.org/10.5688/ajpe7120>
31. KHEMAISSIA, Hajer, et al. Evaluation of trace element contamination using *Armadillo officinalis* Duméril, 1816 (Crustacea, Isopoda) as a tool: An ultrastructural study. *Microscopy Research and Technique*, 2019, vol. 82, no 12, p. 2014-2025.[Fecha de consulta: de Enero]. Disponible en: <https://doi.org/10.1002/jemt.23371>

- 32.** KYNGÄS, Helvi. Qualitative research and content analysis. En *The application of content analysis in nursing science research*. Springer, Cham, 2020. p. 3-11.[Fecha de consulta: de Enero]. Disponible en: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-30199-6\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-030-30199-6_1)
- 33.** LAM, Paul KS; DUDGEON, David; MA, Herbert HT. Ecological energetics of populations of four sympatric isopods in a Hong Kong forest. *Journal of Tropical Ecology*, 1991, vol. 7, no 4, p. 475-490.[Fecha de consulta: de Enero]. Disponible en: <https://doi.org/10.1017/S0266467400005861>
- 34.** LEMON, Laura L.; HAYES, Jameson. Enhancing trustworthiness of qualitative findings: Using Leximancer for qualitative data analysis triangulation. *The Qualitative Report*, 2020, vol. 25, no 3, p. 604-614.[Fecha de consulta: de Enero]. Disponible en: <https://nsuworks.nova.edu/tqr/vol25/iss3/3>
- 35.** LEVENT, A. R. I. N.; DINÇSOY, Hilal. Effect of vermicompost and isopod (*Porcellio laevis*) fertilizers on the emergence and seedling quality of lettuce (*Lactuca sativa* var. capitata cv. Wismar). *International Journal of Agriculture Environment and Food Sciences*, 2020, vol. 4, no 4, p. 501-506.[Fecha de consulta: de Enero]. Disponible en: <https://doi.org/10.31015/jaefs.2020.4.14>
- 36.** LÓPEZ-OROZCO, Carlos Mario, et al. A glimpse into a remarkable unknown diversity of oniscideans along the Caribbean coasts revealed on a tiny island. *European Journal of Taxonomy*, 2022, vol. 793, p. 1-50.[Fecha de consulta: de Enero]. Disponible en: <https://doi.org/10.5852/ejt.2022.793.1643>

- 37.** MAZZEI, V., et al. Metallothioneins and heat shock proteins 70 in *Armadillidium vulgare* (Isopoda, Oniscidea) exposed to cadmium and lead. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 2015, vol. 116, p. 99-106.[Fecha de consulta: de Enero]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2015.03.007>
- 38.** MERO, Mariuxi, et al. Concentración de Cadmio en agua, sedimentos, *Eichhornia crassipes* y *Pomacea canaliculata* en el Río Guayas (Ecuador) y sus afluentes. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 2019, vol. 35, no 3, p. 623-640.[Fecha de consulta: de Enero]. Disponible en: <https://doi.org/10.20937/rica.2019.35.03.09>.
- 39.** MOHAMMAD, Wafaa A.; EL-WAKEIL, Khaleid A. Effects of Dietary Coffee on Feeding Parameters and Growth of Terrestrial Isopod, *Porcellio laevis*. *Egyptian Academic Journal of Biological Sciences, B. Zoology*, 2021, vol. 13, no 2, p. 173-183.[Fecha de consulta: de Enero]. Disponible en: [10.21608/EAJBSZ.2021.203498](https://doi.org/10.21608/EAJBSZ.2021.203498)
- 40.** MOHAMMAD, W., et al. Effects of combined treatment of cadmium and oxytetracycline on the terrestrial isopod *Porcellio laevis*. *Brazilian Journal of Biology*, 2021, vol. 82.[Fecha de consulta: de Enero]. Disponible en: <https://doi.org/10.1590/1519-6984.246979>



## ANEXOS

Tabla 1. Matriz de categorización apriorística

Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Categoría	Subcategoría	Código 1	C 2
¿Qué tipo de isópodo terrestre muestra más eficiencia en la bioacumulación de cadmio?	Identificar el tipo de isópodo terrestre más eficiente en la bioacumulación de cadmio.	Isópodo terrestre (Broly, et al, 2020, p.463)	<u>Armadillidae</u> (Khemaissia, et al, en el 2019, p.8) <u>Porcellionidae</u> (Mandal, et al, 2020, p.33) <u>Philosciidae</u> (Wadhwa, et al, en el año 2017)	De acuerdo a la capacidad de bioacumulación de cadmio (López, et al, 2022, p.34)	De acuerdo a la familia que pertenecen (Colmenero, et al, 2019, p. 458)
¿Cuáles son los métodos de análisis de cadmio en los isópodos terrestres?	Describir los métodos de análisis de cadmio en isópodos terrestres	Métodos de análisis de cadmio (Ortiz, et al 2020, p.8)	Físico (Nannoni, et al, 2019, p.46) Químico (Pardal,et al, 2020, p.68) Biológico (Warbug, et al, 2019, p.240)	De acuerdo a la resistencia (García, et al,2021 p. 49)	De acuerdo a los parámetros de análisis (Colmenero, et al, 2021, p. 89)
¿Cuáles son los parámetros de crecimiento de los isópodos terrestres afectados por el cadmio?	Identificar los parámetros de crecimiento de los isópodos terrestres afectados por el cadmio.	Parámetros de crecimiento (Delhoumi, et al, 2020,p. 358)	Longitud (Urra, et al, 2020, p. 85) Peso (Segura,et al, 2020, p.11) Altura (García, et al, p. 165)	De acuerdo al género (Perez,et al, 2020, p.85)	De acuerdo al tipo de aplicación (Schindler, et al, 2020, p. 250)

**Tabla 2. Instrumento de recolección de datos**

 Universidad César Vallejo	FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO
---	--------------------------------

TÍTULO:	
---------	--

AUTOR:	AÑO DE PUBLICACIÓN:
--------	---------------------

BASE DE DATOS:	NÚMERO DE PÁGINAS:
----------------	--------------------

PALABRAS CLAVE:	
TIPO DE ISÓPODO TERRESTRE:	
MÉTODOS DE ANÁLISIS DEL CADMIO:	
PARÁMETROS DE CRECIMIENTO:	
CONCLUSIÓN:	

### Tabla 3.- Modelo de consentimiento informado

#### ANEXO 3

#### Consentimiento Informado (\*)

**Título de investigación:** “Bioacumulación de cadmio en isópodos terrestres, una visión sostenible: Revisión Sistemática”

**Investigador:** Cusi Espino Jhon Cristoper

#### **Propósito del estudio**

Le invitamos a participar en la investigación titulada: **“Bioacumulación de cadmio en isópodos terrestres, una visión sostenible: Revisión Sistemática”** cuyo objetivo es **identificar los isópodos terrestres más eficientes en la bioacumulación de cadmio**. Esta investigación es desarrollada por estudiantes pregrado de la carrera Profesional Ingeniería Ambiental, de la Universidad Cesar Vallejo del campus Lima Este, aprobado por la autoridad correspondiente de la Universidad y con el permiso de la institución.

Describir el impacto del problema de la investigación.

La creciente población mundial, las actividades antropogénicas, la enorme producción de desechos y la industrialización han llevado a un alto contenido de metales en el suelo y además en ambientes acuáticos.( Hamid, et al, 2020, p.2).

Se plantea como principal problema: ¿Cuáles son los isópodos terrestres que bioacumulan cadmio?

#### **Procedimiento**

Si usted decide participar en la investigación se realizará lo siguiente (enumerar los procedimientos del estudio):

1. Se realizará una encuesta o entrevista donde se recogerán datos personales y algunas preguntas sobre la investigación titulada: : **“Bioacumulación de cadmio en isópodos terrestres, una visión sostenible: Revisión Sistemática”**
2. Esta encuesta o entrevista tendrá un tiempo aproximado de 20 minutos y se realizará en el ambiente de SEDE- LIMA ESTE- de la institución Universidad César Vallejo. Las respuestas al cuestionario o guía de entrevista serán codificadas usando un número de identificación y, por lo tanto, serán anónimas.

**Participación voluntaria (principio de autonomía):**

Puede hacer todas las preguntas para aclarar sus dudas antes de decidir si desea participar o no, y su decisión será respetada. Posterior a la aceptación no desea continuar puede hacerlo sin ningún problema.

**Riesgo (principio de No maleficencia):**

Indicar al participante la existencia que NO existe riesgo o daño al participar en la investigación. Sin embargo, en el caso que existan preguntas que le puedan generar incomodidad. Usted tiene la libertad de responderlas o no.

**Beneficios (principio de beneficencia):**

Se le informará que los resultados de la investigación se le alcanzará a la institución al término de la investigación. No recibirá ningún beneficio económico ni de ninguna otra índole. El estudio no va a aportar a la salud individual de la persona, sin embargo, los resultados del estudio podrán convertirse en beneficio de la salud pública.

**Confidencialidad (principio de justicia):**

Los datos recolectados deben ser anónimos y no tener ninguna forma de identificar al participante. Garantizamos que la información que usted nos brinde es totalmente Confidencial y no será usada para ningún otro propósito fuera de la investigación. Los datos permanecerán bajo custodia del investigador principal y pasado un tiempo determinado serán eliminados convenientemente.

**Problemas o preguntas:**

Si tiene preguntas sobre la investigación puede contactar con el investigador (a) (es) (Apellidos y Nombres: **Jhon Cristoper Cusi Espino** email: [cusiespinojhon@gmail.com](mailto:cusiespinojhon@gmail.com) y Docente asesor (Apellidos y Nombres): Dr. Sernaque Auccahuasi, Fernando Antonio email: [fsernaquea@ucvvirtual.edu.pe](mailto:fsernaquea@ucvvirtual.edu.pe).

**Consentimiento**

Después de haber leído los propósitos de la investigación autorizo participar en la investigación antes mencionada.

Nombres y apellidos:.....

Fecha y Hora:.....

*Para garantizar la veracidad del origen de la información: en el caso que el consentimiento sea presencial, el encuestado y el investigador debe proporcionar: Nombre y firma. En el caso que sea cuestionario virtual, se debe solicitar el correo desde el cual se envía las respuestas a través de un formulario Google.*