



UNIVERSIDAD CATÓLICA LOS ÁNGELES
CHIMBOTE

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
ESCUELA PROFESIONAL DE FARMACIA Y
BIOQUÍMICA

REVISIÓN SISTEMÁTICA DE LA INFLUENCIA
MITIGANTE DEL QUITOSANO SOBRE LA
CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL
DE QUÍMICO FARMACÉUTICO

AUTOR

ROBLES AVILA, INOCENCIO

ORCID: 0000-0002-1814-6599

ASESOR

ZEVALLOS ESCOBAR, LIZ ELVA

ORCID ID: 0000-0003-2547-9831

TRUJILLO – PERÚ

2023

EQUIPO DE TRABAJO

AUTOR

Robles Avila, Inocencio

ORCID: 0000-0002-1814-6599

Universidad Católica Los Ángeles de Chimbote. Estudiante de pregrado
Trujillo, Perú.

ASESOR

Zevallos Escobar, Liz Elva

ORCID ID: 0000-0003-2547-9831

Universidad Católica Los Ángeles de Chimbote. Facultad de Ciencias de la
Salud. Escuela profesional de Farmacia y Bioquímica. Trujillo, Perú.

JURADO

Camones Maldonado, Rafael Diomedes

ORCID: 0000-0002-7839-4498

Claudio Delgado, Alfredo Bernard

ORCID: 0000-0002-1152-5617

Matos Inga, Matilde Anais

ORCID: 0000-0002-3999-8491

JURADO EVALUADOR Y ASESOR

Dr. Rafael Diomedes, Camones Maldonado

Presidente

Mgtr. Alfredo Bernard, Claudio Delgado

Miembro

Mgtr. Matilde Anais, Matos Inga

Miembro

Dra. Liz Elva, Zevallos Escobar

Asesor

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, que nos ha conservado con vida y salud; por darnos inteligencia y por su guía y cuidado hasta hoy.

A mis padres, por sus palabras de ánimo y confianza que me han dado durante toda mi carrera profesional y por el cariño demostrado.

A mis docentes y amigos, por compartir sus conocimientos, experiencias y brindarme su amistad durante toda mi formación profesional, a pesar de nuestras distintas opiniones.

DEDICATORIA

A mis padres y hermanos por su apoyo brindado en todo momento, por sus consejos, sus valores, y por la motivación constante que me ha permitido ser un hombre de bien pero más que nada, por su confianza y amor.

A mis Amigos (as) más cercanos que me acompañaron y motivaron a seguir adelante, a lo largo de la vida universitaria en los buenos y malos momentos donde apoyarnos mutuamente es esencial. Un reconocimiento especial a los compañeros que contribuyeron directamente con la investigación.

RESUMEN

La presente investigación, se desarrolló como respuesta a una problemática latente a nivel nacional e internacional que trata sobre las diversas intoxicaciones o envenenamientos con metales pesados a los que estamos expuesto habitualmente. El objetivo fue determinar a través de una revisión sistemática la influencia del quitosano como mitigante de concentraciones de metales pesados. El diseño del estudio fue de tipo descriptivo, nivel cuantitativo y diseño no experimental; el análisis y recolección de datos se ejecutó mediante la técnica de análisis documental mediante el empleo de palabras clave. Teniendo como instrumento una ficha de registro en Excel. Los resultados de esta investigación permiten afirmar que el quitosano si posee influencia mitigante sobre diversas concentraciones de metales pesados debido a que, los porcentajes de efectividad correspondientes a los 35 metales pesados tóxicos mitigados (100,0 %) muestran que: para el 68,6 % la efectividad mitigante es alta, para el 17,1 % la efectividad mitigante es media y para el 14,3 % la efectividad mitigante es baja. Se concluye que, tras la revisión sistemática de los trabajos que cumplieron los criterios de inclusión y exclusión se obtuvo 22 investigaciones científicas que contienen en total 35 metales tóxicos mitigados los cuales permiten afirmar que el quitosano si posee influencia mitigante sobre las concentraciones de metales pesados a las cuales estamos expuesto ya sea en forma directa o indirecta.

Palabras claves: envenenamiento, metales pesados, mitigación, quitosano.

ABSTRACT

The present investigation was developed in response to a latent problem at the national and international level that deals with the various intoxications or poisonings with heavy metals to which we are regularly exposed. The objective was to determine through a systematic review the influence of chitosan as a mitigant of heavy metal concentrations. The study design was descriptive, quantitative level and non-experimental design; The analysis and data collection was carried out using the documentary analysis technique through the use of keywords. Having as an instrument a record sheet in Excel. The results of this research allow us to affirm that chitosan does have a mitigating influence on various concentrations of heavy metals because the percentages of effectiveness corresponding to the 35 mitigated toxic heavy metals (100.0%) show that: for 68.6 % the mitigating effectiveness is high, for 17.1% the mitigating effectiveness is medium and for 14.3% the mitigating effectiveness is low. It is concluded that, after the systematic review of the works that met the inclusion and exclusion criteria, 22 scientific investigations were obtained that contain a total of 35 mitigated toxic metals, which allow us to affirm that chitosan does have a mitigating influence on the concentrations of heavy metals. to which we are exposed either directly or indirectly.

Keywords: chitosan, heavy metal, mitigation, poisoning.

CONTENIDO

1. Título.....	i
2. Equipo de trabajo	ii
3. Jurado evaluador y asesor.....	iii
4. Agradecimiento y dedicatoria.....	iv
5. Resumen y abstract.....	vi
6. Contenido.....	viii
7. Índice de gráficos, tablas cuadros.....	ix
I. Introducción.....	1
II. Revisión de literatura.....	4
2.1 Antecedentes	5
2.2 Bases teóricas de la investigación	8
III. Hipótesis.....	9
IV. Metodología.....	10
4.1 Diseño de la investigación.....	10
4.2 Población y muestra.....	10
4.3 Definición y operacionalización de variables e indicadores.....	11
4.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	12
4.5 Plan de análisis.....	13
4.6 Matriz de consistencia.....	14
4.7 Principios éticos.....	15
V. Resultados.....	16
5.1 Resultados.....	16
5.2 Análisis de resultados.....	19
VI. Conclusiones.....	20
6.1 Recomendaciones	21
Referencias bibliográficas.....	22
Anexos.....	33

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1:

Influencia mitigante del quitosano sobre las concentraciones de metales pesados.....	16
--	----

Tabla 2.

Efectividad mitigante del quitosano sobre diversas concentraciones de metales pesados	17
---	----

I. INTRODUCCIÓN

Los envenenamientos por metales pesados sean estos de: organismos vivos, agua, aire, suelo o de los productos alimenticios es un problema grave. Entre los causantes de esto encontramos a los gases con efecto invernadero, la búsqueda y explotación de elementos químicos, desechos industriales y exposición a metales pesados. De esto último tratara esta investigación, pues estos constituyen una amenaza para la salud pública y para el medio ambiente a causa de su toxicidad, tanto para el ser humano y otros organismos. Por consiguiente, el eliminarlos o mitigarlos es una medida saludable que todos deberíamos adoptar debido a que los metales pesados son un conjunto de elementos químicos que conllevan efectos contaminantes, tóxicos u ecotóxicos a diferentes sistemas bióticos y abióticos ⁽¹⁾.

El quitosano es un polisacárido biocompatible, compuesto por monómeros de glucosamina (monómero desacetilado) y N-acetil-glucosamina (monómero acetilado) unidos entre sí por enlaces glicosídicos β (1 \rightarrow 4). En la actualidad hay diversos estudios que muestran al quitosano como una alternativa limpia, biodegradable y biocompatible para utilizarse en sistemas bióticos; este es un derivado de la quitina la cual está ampliamente distribuida y se lo puede aislar estratégicamente a partir de: hongos; moluscos; y artrópodos; entre otros más, no obstante, las fuentes más accesibles para su obtención son el exoesqueleto de crustáceos y artrópodos ^(2, 3).

La justificación para desarrollar la presente investigación, es revisar estudios sobre la influencia mitigante del quitosano sobre diversas concentraciones de metales pesados, para poder considerar a este polisacárido (una harina) de uso vernacular como un posible agente quelante de metales pesados. El envenenamiento por metales pesados es

un problema álgido en el Perú y a nivel internacional en cuanto a costos e información accesible, ya que la acumulación de estos metales tóxicos es en casi todos los tejidos del cuerpo y causa múltiples toxicidades sistémicas a varios órganos como: los pulmones, hígado, órganos reproductivos, corazón, riñones, y otros más. La relevancia y beneficios de la presente investigación para los intereses públicos y en especial para los grupos más vulnerables, radica en que sus resultados determinarán científicamente si el quitosano, una harina de uso vernacular tanto en animales y humanos es capaz de mitigar envenenamientos por metales pesados a los que estamos expuestos ⁽⁴⁾.

Entre todas las sustancias mitigantes de metales pesados encontramos que solo un grupo muy limitado pueden utilizarse en sistemas biológicos; a esto aunado el elevado costo monetario conjuntamente con los problemas de acceso (compra/venta) son solo algunas de las limitantes para el uso del quitosano. Atendiendo a esta problemática la presente investigación propone documentar científicamente la influencia de un polisacárido de uso vernacular (quitosano) para poderlo considerar como un posible agente quelante para resolver problemas de envenenamientos por metales pesados. A nivel mundial en las últimas décadas han venido dándose una serie de reportes que indican a los metales pesados como sustancias causantes de múltiples enfermedades ⁽⁴⁾. Por ejemplo, encontramos al cadmio que ingresa al organismo vía oral: Pescados, mariscos, etc. A nivel gastrointestinal alcanza un 5% de concentración, mientras que por vía inhalatoria alcanza un 50% de absorción en los pulmones ^(5, 6).

En el Perú la contaminación con metales pesados como consecuencia ocupacional, representa el 19% de todos los casos de canceres. Esto a grandes rasgos se puede evidenciar que es una problemática latente, debido en gran parte a la irresponsable

legislación, constantes explotaciones mineras, procesos de cromado, vertidos industriales, uso de estos elementos en diferentes fábricas y exposición cotidiana mediante: Cañerías de agua, utensilio de cocina, limpieza, y algunos agentes cosméticos. En el departamento la Libertad en especial, en poblaciones vulnerables alejadas a la ciudad esta problemática no es distinta y en un esfuerzo por contribuir a solucionar esta problemática, la presente investigación busca recabar las evidencias científicas sobre la influencia mitigante del quitosano sobre diversas concentraciones de metales pesados mediante una revisión sistemática ⁽⁷⁾.

La metodología es de tipo descriptivo, nivel cuantitativo y diseño no experimental; el análisis y recolección de datos se ejecutó mediante la técnica de análisis documental mediante el empleo de palabras clave, teniendo como instrumento una ficha de registro en Excel. Se espera que, los resultados de la revisión sistemática permitan confirmar la supuesta influencia mitigante que tendría el quitosano sobre diversas concentraciones de metales pesados, para esto se analizará un total de 35 metales tóxicos donde se identificarán las efectividades mitigantes que correspondan (alta, media o baja).

Como conclusión se espera que, la revisión sistemática de 22 investigaciones sobre la influencia del quitosano en la mitigación de concentraciones de metales pesados permita afirmar que, si existe o no existe influencia mitigante por parte del quitosano sobre las diversas concentraciones de metales pesados a los cuales estamos expuestos directa o indirectamente. Actualmente el uso de terapias de quelación sea éstas de uso vernacular o ya establecidas farmacológicamente se caracterizan por ser tratamientos no invasivos en las cuales se administran sustancias que logran eliminar los tóxicos indeseables de los sistemas bióticos o abióticos ^(5, 7).

Teniendo en cuenta lo expuesto en líneas anteriores, se plantea la siguiente interrogante:
¿El quitosano tendrá influencia mitigante sobre la concentración de metales pesados?

Objetivo general.

Determinar a través de una revisión sistemática la influencia mitigante del quitosano sobre la concentración de metales pesados.

Objetivos específicos.

1. Describir la influencia mitigante del quitosano sobre la concentración de metales pesados mediante una revisión sistemática.
2. Demostrar la efectividad mitigante del quitosano sobre diversas concentraciones de metales pesados mediante una revisión sistemática.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2. 1 Antecedentes

Thilagar et al ⁽⁸⁾. 2020 India, en su investigación, quitosano de desechos de conchas de crustáceos y su función protectora contra la toxicidad del plomo en *Oreochromis mossambicus*. Se propusieron como objetivo investigar la influencia protectora del quitosano contra la toxicidad del plomo, para esto en su metodología se dividió a los peces en cuatro grupos (cada grupo consta de 20 peces). El grupo 1 sirvió como control, el grupo 2 recibió una dieta suplementaria de quitosano, el grupo 3 estuvo expuesto al plomo y alimentado con quitosano, y el grupo 4 estuvo expuesto al plomo y se alimentó con una dieta estándar de pescado. Los resultados fueron los esperados evidenciándose en el grupo 3 una mitigación de 0,65 ppm de plomo. Se concluyó que el quitosano puede ser un material muy prometedor para la eliminación de metales pesados y también mejora la salud de los peces.

Sudjarwo et al ⁽⁹⁾. 2019 China, investigaron el efecto del quitosano contra la toxicidad testicular inducida por acetato de plomo en ratas. Como objetivo se propusieron investigar la influencia del quitosano sobre la toxicidad inducida por acetato de plomo. Su metodología consistió en dividir: en un grupo control, grupo de acetato de plomo [20 mg / kg de peso], y grupo de tratamiento (quitosano 150; 300 y 600 mg/kg de peso corporal y acetato de plomo 20 mg/kg). Los resultados muestran que la dosis 600 mg/kg, pero mas no las dosis 150 y 300 mg/kg disminuyó las concentraciones del toxico. Se concluye que el quitosano protege los testículos de rata de la apoptosis causada por el plomo, aumenta el antioxidante e inhibe la expresión de la caspasa 3; por lo que presenta un potencial efecto mitigante sobre las concentraciones de plomo.

Zia et al ⁽¹⁰⁾. 2019 Reino Unido, en su investigación una revisión sistemática sobre el quitosano para la eliminación de metales pesados, se plantearon como objetivo revisar sistemáticamente las investigaciones pasadas y presentes sobre el quitosano para la eliminación de metales pesados. En su metodología realizaron una revisión detallada de las capacidades del quitosano y sus modificaciones, registrando sus datos mediante tablas en Excel y Word. Los resultados muestran diversos porcentajes de eliminación, donde destaca la efectividad mitigante para Cu (II) en un 95% mediante quitosano magnético a partir de aguas envenenadas. Se concluye que el quitosano y sus modificaciones presentan un potencial efecto mitigante sobre las concentraciones de metales pesados, además hacen un especial énfasis en el muy importante papel que juega el PH y otras condiciones físico-químicas.

Wardani et al ⁽¹¹⁾. En el año 2019 Indonesia, investigaron la actividad de la nanopartícula de extracto de quitosano contra la toxicidad inducida por acetato de plomo en páncreas de rata. Como objetivo se propusieron evaluar la actividad del quitosano sobre la toxicidad inducida por el acetato de plomo. La metodología consistió en dividir las ratas en un grupo de control (únicamente agua destilada), un grupo de acetato de plomo (20 mg / kg de peso corporal) y el grupo de tratamiento (quitosano a 150 mg; 300 mg; 600 mg / kg de peso corporal y se inyectó con acetato de plomo 20 mg / kg de peso). Los resultados muestran que el acetato de plomo indujo la pérdida de la estructura normal de las células pancreáticas y la necrosis, mientras que la nanopartícula de quitosano inhibe esto. Se concluyó que el quitosano puede contrarrestar las intoxicaciones por acetato de plomo ya que tiene un potencial efecto mitigante sobre las concentraciones del plomo.

Buitrón ⁽¹²⁾. 2015 Ecuador, en su trabajo sobre bioadsorción de Cromo y níquel en aguas contaminadas usando quitosano, se planteó como objetivo evaluar este biopolímero como mitigante de estos metales pesados. Su metodología consistió en obtener el quitosano proveniente de camarón mediante método químico (desmineralización y desproteinización) y se determinó la concentración de los metales por espectrofotometría. Los resultados mostraron una capacidad máxima de adsorción de 49,019 mg de Cr+6/g de quitosano. Se concluyó que, para ambos metales se obtuvieron buenas efectividades de mitigación; a bajas concentraciones con valores de 84,47 % para níquel y 46,86 % para cromo (VI). Además, se informa que la cantidad del biosorbente (quitosano) fue la variable que más influyó en el proceso de mitigación demostrándose que a mayor cantidad de bioadsorbente mayor es la concentración del metal pesado eliminado.

Pájaro ⁽¹³⁾. 2015 Colombia, en su artículo remoción de Cromo (VI) de aguas contaminadas usando quitosano obtenido de camarón. Persigue como objetivo obtener el quitosano para remover y/o mitigar el Cromo (VI). En su metodología obtuvo el quitosano mediante procesos como: desproteinización, desmineralización, y desacetilación, luego se realizaron los estudios de mitigación para lo cual se filtró las muestras y se midieron las concentraciones iniciales y finales de Cr (VI). Los resultados muestran una capacidad de adsorción máxima de 200 mg Cr+6/g de quitosano y una mitigación de Cr (VI) del 99,98%. Se concluyó que el quitosano si posee influencia sobre la concentración del metal pesado Cr (VI), además se destaca que se puede producir quitosano con reactivos comerciales de muy bajos costos en reemplazo de los costosos reactivos analítico.

2.2 Bases teóricas

Metales pesados

Son un conjunto heterogéneo de metales con un peso específico alto, tienen espectros complejos y se caracterizan por formar sales coloreadas y sales dobles, además de poseer un potencial de electrodo bajo; estos elementos químicos conllevan efectos contaminantes, tóxicos o eco tóxicos a cualquier sistema biótico o abiótico por ser principalmente no biocompatibles y no biodegradables, por actuar como agentes oxidantes o reductores, por ser productores de bases o ácidos débiles y otras características tóxicas más. Entre los más estudiados por su capacidad tóxica tenemos como ejemplo al: Cromo, Cadmio, Mercurio, Cobre, Zinc, Níquel, Plomo, Hierro, Aluminio ^(14, 15).

Envenenamiento por metales pesados

Es una afección de un sistema biótico o abiótico que resulta de la interacción de los tóxicos con el sistema. En organismos vivos los envenenamientos con metales pesados ingresan mediante ingestión, inhalación o absorción cutánea crónica o aguda de estas sustancias. Esto suele ocurrir a través de diversas formas entre las más comunes está el beber agua (a través de tuberías metálicas, aguas consumidas sin tratamiento salubre); exposiciones ocupacionales como minería, industrias de baterías plomo-cadmio, industrias del acero, refinerías y/o productos petroquímicos, joyería, cosméticos, y algunos recipientes u utensilios de cocina no salubres ⁽¹⁶⁾.

Quitosano.

Es un agente quelante y/o secuestrante habitualmente es usado para eliminar metales pesados, toxinas y otros sustratos contaminantes; también es usado como agente contra la obesidad y como antifúngico. Cabe señalar que estos usos del quitosano son reportados en la gran mayoría de investigaciones a nivel in vitro debido a que para su uso in vivo es necesario un quitosano de pureza y/o grado médico. Este puede ser obtenido de distintas materias primas por un proceso de desacetilación de la quitina mediante hidrólisis y calor de los grupos acetamida en un medio alcalino concentrado; químicamente se trata de un polisacárido (una harina) formado por monómeros de glucosamina (monómero desacetilado) y N-acetil-glucosamina (monómero acetilado) unidos entre sí por enlaces glicosídicos β (1 \rightarrow 4)⁽¹⁷⁾.

Mitigación de concentraciones de metales pesados.

Es la capacidad de eliminación de una concentración dada de estos tóxicos, esto ocurre mediante la formación de complejos entre el agente quelante (quitosano) y los iones metálicos que subsisten en un medio dado; en este proceso tienen grandes influencias las condiciones físico – químicas como el potencial de hidrogeno (pH), el grado de agitación, temperatura, tiempo de contacto y otras condiciones experimentales⁽¹⁸⁾. En otras palabras, la influencia mitigante que ejerce el quitosano sobre la concentración de metales pesados esta designada por la concentración eliminada luego del tratamiento con quitosano⁽¹⁹⁾.

III. HIPÓTESIS

Implícita.

IV. METODOLOGÍA

4.1 Diseño de la investigación

La presente investigación es de tipo descriptivo, nivel cuantitativo y diseño no experimental, debido a que se ejecutó sin manipular las variables simplemente se observó los fenómenos y se documentó las búsquedas, análisis, críticas e interpretación de datos obtenidos o registrados por otros investigadores ^(20, 21).

4.2. Población y muestra

Población. Todos los artículos publicados en las bases de datos: Scopus, Google académico, PubMed, Sciencedirect y RENATI. Respecto a la influencia mitigante del quitosano sobre la concentración de metales pesados. La sumatoria de los resultados de búsqueda arrojó 55 artículos lo cual constituyó la población del presente trabajo.

Muestra. La investigación alcanzó una muestra no probabilística de 22 investigaciones respecto a la influencia mitigante del quitosano sobre la concentración de metales pesados. Su selección se realizó siguiendo criterios de inclusión y exclusión.

Criterios de inclusión

- 1) Se trabajó con investigaciones que emplearon al quitosano sobre concentraciones conocidas de metales pesados.
- 2) Ubicarse en la cohorte enero 2000 a diciembre 2021.
- 3) Investigaciones publicadas en fuentes fidedignas y de uso científico.

Criterios de exclusión

- 1) No se trabajó con investigaciones que emplearon al quitosano para mitigar concentraciones desconocidas de metales pesados.
- 2) No ubicarse en la cohorte enero 2000 a diciembre 2021.
- 3) Investigaciones publicadas en fuentes de uso no científicas.

4.3. Definición y operacionalización de las variables

Variable	Definición conceptual	Dimensiones	Definición operacional	Indicador	Escala de medición
Mitigación de la concentración de metales pesados	Capacidad de eliminación mediante la formación de complejos entre el quitosano y los metales pesados	Concentración de metal pesado	Reporte de la concentración de metal pesado mitigado	Porcentajes (%)	Variable cuantitativa de razón
		Efectividad mitigante	Efectividad mitigante sobre la concentración del metal pesado	Nivel de la efectividad mitigante: alto medio, bajo.	Variable cualitativa nominal

4.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

Técnica.

Para la recolección de datos, la presente investigación empleó como técnica análisis documental (búsqueda documental) mediante el empleo de palabras clave en los metabuscadores: Scopus, Google académico, PubMed, Sciencedirect y RENATI. Esto consiste en la extracción de conocimientos o ideas mediante un proceso intelectual para representarlos y facilitar el acceso original ⁽²²⁾.

Instrumentos.

Como instrumento se empleó una ficha de registro para revisiones sistemáticas en Excel, esta fue validada y tomada desde la tesis de Cruz E, et al 2020 ⁽²³⁾. Mediante la cual se enlista los datos relevantes y determinantes para trabajos que realizan una revisión sistemática como la presente investigación.

Procedimiento.

Para la localización de las investigaciones se implementó búsquedas a través de diversos metabuscadores tales como: Scopus, Google académico, PubMed, Sciencedirect y RENATI (Registro Nacional de Trabajos de Investigación) mediante los cuales se introdujo el algoritmo de búsqueda conformado por las palabras claves y todas sus posibles combinaciones: envenenamiento, metales pesados, mitigación y quitosano además de sus equivalentes a otros idiomas. La sumatoria de los resultados de búsqueda en estas bases de datos arrojó 55 artículos lo cual conformó la población del presente trabajo. A estos resultados se les analizó y aplicó criterios de inclusión y exclusión (ver sección 4.2) para obtenerse el tamaño muestral no probabilístico de la investigación de

22 artículos científicos (35 metales tóxicos mitigados) todas estas investigaciones fidedignas se muestran en la ficha Excel de recolección de datos del anexo 2.

Niveles de efectividad mitigante del quitosano sobre las diversas concentraciones de metales pesados.

La efectividad del quitosano como mitigante de las concentraciones de metales pesados se desprende de las investigaciones objeto de estudio, determínese así que porcentajes (%) que oscilan entre: 1 - 40 corresponden a un nivel de efectividad mitigante bajo; 41 - 70 nivel de efectividad mitigante medio y 71 - 100 nivel de efectividad mitigante alto. Es preciso señalar que los resultados de efectividad mitigante medio y bajo también son significativos para la presente investigación, ya que indican que si hay mitigación de las concentraciones de metales pesados sólo que se evidencian en concentraciones más bajas ⁽²³⁾.

4.5 Plan de análisis

El análisis y procesamiento de datos se ejecutó a través del programa Microsoft Excel, al tratarse de una revisión sistemática, para procesar los resultados se revisó los antecedentes de la investigación para extraer de ellos los resultados expresados en la tabla 1. Mientras que para la tabla 2 se realizó el análisis documental de las investigaciones que cumplieron los criterios de inclusión y exclusión, estas investigaciones fidedignas se muestran en la ficha de registro Excel del anexo 2.

4.6. Matriz de consistencia

Título	formulación problema	Objetivos	tipo y diseño	hipótesis	variables	definición operacional	plan de análisis
Revisión sistemática de la influencia mitigante del quitosano sobre la concentración de metales pesados	¿El quitosano tendrá influencia mitigante sobre la concentración de metales pesados?	<p>Objetivo general. Determinar a través de una revisión sistemática la influencia mitigante del quitosano sobre la concentración de metales pesados</p> <p>Objetivos específicos. 1. Describir la influencia mitigante del quitosano sobre la concentración de metales pesados mediante una revisión sistemática 2. Demostrar la efectividad mitigante del quitosano sobre diversas concentraciones de metales pesados mediante una revisión sistemática</p>	El presente trabajo emplea un diseño no experimental-analítico cuantitativo retrospectivo.	Implícita	Mitigación de la concentración de metales pesados	Reporte de la concentración de metal pesado mitigado	El análisis de datos se ejecutó a través del programa Microsoft Excel 2019. Al tratarse de una revisión sistemática, para procesar los resultados se revisó los antecedentes de la investigación para extraer de ellos los resultados expresados en la tabla 1. Mientras que para la tabla 2 se revisó las investigaciones obtenidas como muestra no probabilista.

4.7. Principios éticos.

La presente investigación, sigue los principios éticos del código de ética para la investigación versión 005 de la universidad católica los ángeles de Chimbote ⁽²⁴⁾.

Beneficencia y no maleficencia.

La conducta del investigador debe responder a las siguientes reglas generales: no causar daño, disminuir los posibles efectos adversos y maximizar los beneficios

Integridad científica.

Debe regir no sólo la actividad científica, sino que debe extenderse a sus actividades de enseñanza y mantenerse la integridad científica al declarar los conflictos de interés que pudieran afectar el normal desarrollo del estudio o la comunicación de sus resultados.

V. RESULTADOS

5.1 Resultados

Tabla 1. Influencia mitigante del quitosano sobre concentraciones de metales pesados

Ref	Titulo	Resultados
8	Chitosan from crustacean shell waste and its protective role against lead toxicity in <i>Oreochromis Mossambicus</i>	Matriz de estudio: pez <i>O. Mossambicus</i> Influencia del quitosano: mitigo 0.65 ppm de Pb. Dieta (sin quitosano 0,90 ppm Pb); dieta (con quitosano 0,25 ppm de Pb).
9	Antioxidant and anti-caspase effect of chitosan-Pinus merkusii extract nanoparticle against lead acetate-induced testicular toxicity in rat	Matriz de estudio: <i>Rattus norvegicus</i> . Influencia: mitigo concentraciones de Pb dosis dependiente, además protegió a los testículos de las ratas de la apoptosis celular causada por la intoxicación con Plomo.
10	A Review on Chitosan for the Removal of Heavy Metals Ions.	Matriz de estudio: agua Influencia: eliminación de Cu (II) con una efectividad mitigante del 95 %.
11.	Role of Antioxidant Activity of Chitosan Extract Nanoparticle in against Lead Acetate Toxicity in Rat Pancreas	Matriz de estudio: <i>Rattus norvegicus</i> . Influencia: inhibe la necrosis y pérdidas de estructuras de células pancreáticas, informan un efecto mitigante de Pb dosis dependiente.
12	Biosorción de cromo y níquel en aguas contaminadas usando quitosano	Matriz de estudio: agua Influencia: eliminación de Ni (II) y Cr (VI): en un 84,47 % para Ni y 46,86% para Cr.
13	Remoción de Cr (VI) de aguas contaminadas usando quitosano de camarón	Matriz de estudio: agua Influencia: efectividad mitigante del 99,9 %, remoción máxima 200 mg Cr+6/g de quitosano

Fuente: Elaboración propia en base a los antecedentes de la investigación.

Tabla 2. Efectividad mitigante del quitosano sobre diversas concentraciones de metales pesados

Mitigante	Metal pesado mitigado	efectividad mitigante (%)	nivel de efectividad	fuentes
Quitosano	Fe (III)	90%	Alto	25
	Pb (II)	65%	Medio	
	Cd (II)	29%	Bajo	
Quitosano - UiO66	Pb (II)	98.21%	Alto	26
	Cd (II)	98.70%	Alto	
Quitosano	Pb (NO ₃) ₂	72%	Alto	8
	Pb (NO ₃) ₂	51%	Medio	
Quitosano	Cu (II)	95%	Alto	10
Quitosano	Ni (II)	84,47 %	Alto	12
	Cr (VI)	46,86%	Medio	
Quitosano	Cr (VI)	99,98%.	Alto	13
Quitosano	Pb (II)	91,67%	Alto	27
	Cu (II)	54,15%	Medio	
Quitosano	Zn (II)	86,15%	Alto	28
Quitosano	Pb (II)	97,6%	Alto	29
Quitosano - hierro	As (III)	60%	Medio	30
Quitosano -MICB	As (V)	96%	Alto	31
Quitosano	Cr (VI)	94.7%	Alto	32

Quitosano -N- cianoguanidina	Hg (II)	96%	Alto	33
Quitosano – PCF	V (IV)	99%	Alto	34
	Na (II)	5,82%	Bajo	
Quitosano	Al (II)	1,08	Bajo	35
	Cu (II)	83,1%	Alto	
Quitosano – PVA	Cu (II)	85%	Alto	36
	Ni (II)	27%	Bajo	
Quitosano	Cr (VI)	99,86%	Alto	37
Quitosano - tiosemicarbazida	Pb (II)	86%	Alto	38
Quitosano	Pb (II)	93.6%	Alto	39
	Hg (II)	94.5%	Alto	
Quitosano	Cd (II)	93%	Alto	40
	Al (III)	99%	Alto	
Quitosano	Cd (II)	24%	Bajo	41
Quitosano	Fe (III)	95,6%	Alto	42
	Cu (II)	60,8%	Medio	
Quitosano	Pb (II)	66,32%	Medio	43

Fuente: Elaboración propia en base a la efectividad mitigante del quitosano sobre los 35 metales tóxicos mitigados.

5.2 ANÁLISIS DE RESULTADOS

En la tabla 1, se describió la influencia del quitosano para mitigar concentraciones de metales pesados, se observa que todos los autores coinciden en sus resultados y aseguran que el quitosano si influyo sobre dichas concentraciones como por ejemplo con el: Pb, Cu, Ni, Cr. Cabe señalar que los usos del quitosano aquí reportados son a nivel in vitro debido a que su uso in vivo requiere una pureza médica; la mitigación se atribuye a la interacción de las formas coexistentes de los metales con las aminos e hidroxilos del quitosano y en efecto su aplicación podría darse en diferentes formas y sistemas debido a la no toxicidad, bajo costo y biodegradación. Similares hallazgos informo Guibal E, referente al mecanismo de eliminación de metales pesados que son debidos a las atracciones electrostáticas entre los iones metálicos y los grupos aminos e hidroxilos del quitosano además de la oxido reducción de las especies metálicas ⁽⁴⁴⁾.

En la tabla 2, se muestra la efectividad mitigante del quitosano sobre diversas concentraciones de metales pesados, estos diferentes porcentajes correspondientes a los 35 metales tóxicos mitigados (100,0 %) muestran que: para el 68,6 % la efectividad mitigante es alta, para 17,1 % la efectividad mitigante es media y para el 14,3 % la efectividad mitigante es baja; cabe señalar que los resultados de efectividad media y baja son significativos para la investigación ya que indican que si existe la mitigación del tóxico. Estas diferencias en la efectividad mitigante dependen del grado de desacetilación del quitosano y las condiciones físico-químicas de los ensayos de mitigación. Similares hallazgos reportan Gerente C, et al ⁽⁴⁵⁾ sobre la efectividad del quitosano para mitigar metales pesados tóxicos influye el grado de desacetilación (pureza) del quitosano; conjuntamente con las condiciones experimentales de la matriz de estudio principalmente: la dosis, pH, tamaño de partículas y resistencia iónica ⁽⁴⁶⁾.

VI. CONCLUSIONES

1. Tras revisar sistemáticamente los trabajos que cumplieron los criterios de inclusión y exclusión se obtuvo 22 investigaciones científicas que determinan que el quitosano si posee influencia mitigante sobre las concentraciones de metales pesados; estas fueron extraídos de las siguientes bases de datos: Scopus, Google académico, PubMed, Sciencedirect y RENATI.

2. La influencia mitigante que ejerce el quitosano, se vio reflejada en la disminución de la concentración de los metales pesados en las diversas matrices de estudio. Esto debido a las atracciones electrostáticas entre los iones de los metales pesados y los grupos aminos e hidroxilos del quitosano, además por propiciar reacciones de oxido reducción.

3. Luego de revisar sistemáticamente se demostró que el quitosano si posee influencia mitigante sobre diversas concentraciones de metales pesados debido a que la efectividad correspondiente a los 35 metales tóxicos mitigados (100,0 %) muestran que: para el 68,6 % la efectividad mitigante es alta, para 17,1 % la efectividad mitigante es media y para el 14,3 % la efectividad mitigante es baja. Es preciso señalar que los usos del quitosano reportados en la gran mayoría de investigaciones, es a nivel in vitro debido a que su uso in vivo requiere un quitosano de pureza y/o grado médico.

Recomendaciones

1. Se recomienda seguir investigando el quitosano, ya que las efectividades descritas se pueden mejorar al realizar modificación en su estructura como, por ejemplo: el quitano, la formación de poli complejos, elaboración de hidrogeles, etc.
2. Se sugiere que al continuar con la investigación se evalúe la eliminación de otros metales pesados (esencialmente los más tóxicos y habituales a los que estamos expuestos) como, por ejemplo: Mercurio, Plomo, Cadmio, Aluminio, Arsénico, etc.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Choque M. Remoción de iones Cadmio (II), Plomo (II) Y Níquel (II) De lodos sedimentados en la bahía interior de Puno - lago Titicaca utilizando bioadsorbente acuoso de la semilla de *Tarwi* (*Lupinus Mutabilis*). [Tesis de grado]. Puno, Perú. Universidad nacional del altiplano [Internet]. 2017. [citado 2019 junio 20]. Disponible en: <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/6209>
2. Castro R, Álvarez A, Machado E, Mendoza M, Gómez R, García P. Caracterización de una quitinasa extracelular producida por *Serratia* sp. biomi-363706 usando quitina coloidal como sustrato. Revista de la Sociedad Química del Perú [Internet]. 2011. [cited 2019 Jun 28];77(2):101–8. Available from: <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=fua&AN=73918383&lang=es&site=ehost-live>
3. Moya L, Ayala M. Obtención de quitina a partir del endoesqueleto de *Potamogeton* (*Dosidicus Gigas*) por desmineralización química y desproteización bacteriana. Boletín de investigación [internet]. 2005 [cited 2019 Jun 28]; 7:49–55. Available from: <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=fua&AN=32044438&lang=es&site=ehost-live>

4. Valderas J, Mejías E, Riquelme J, Aedo K, Aros S, Barrera F. Intoxicación familiar por mercurio elemental: Caso clínico. Rev. chil. pediatr. [Internet]. 2013. [citado 2020 Abr 25].; 29(12): 3372-3385 Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4067/S0370-41062013000100009>.
5. Rodríguez D. Intoxicación ocupacional por metales pesados. MEDISAN [Internet]. 2017. [citado 2019 Jun 24]; 21(12): 3372-3385. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1029-30192017001200012&lng=es.
6. Tejada C, Villanoba A, Garcés L. Adsorción de metales pesados en aguas residuales usando materiales de origen biológico. [revista online] Tecno Lógicas. 2015. [citado 2019 Julio 01] 18(34):109-123. disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/teclo/v18n34/v18n34a10.pdf>
7. Ramírez A. El cuadro clínico de la intoxicación ocupacional por plomo. Rev. Fac. med. [Internet]. 2005. [citado 2019 Jun 24]; 66(1): 57-70. Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1025-55832005000100009&lng=es
8. Thilagar G, Samuthirapandian R. Chitosan from crustacean shell waste and its protective role against lead toxicity in *Oreochromis mossambicus*. [Rev Online]

Toxicol Rep. 2020 [Consultado 1 de abril de 2021]; 7. 296. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214750018305018?via%3Dihub>

9. Sudjarwo S, Wardani G, Eraiko K, Koerniasari, Ernawati. Antioxidant and anti-caspase 3 effect of chitosan-Pinus merkusii extract nanoparticle against lead acetate-induced testicular toxicity in rat. [Revista Online] Indian J Pharm Educ Res 2019. [Consultado 1 de abril de 2021]; 53 (2). Disponible en: https://scholar.google.com/scholar?cluster=5816995633201974424&hl=es&as_sdt=0,5
10. Zia Q, Tabassum M, Gong H, Li J. A Review on Chitosan for the Removal of Heavy Metals Ions. [internet] Journal of Fiber Bioengineering and Informatics. 2019. [Citado 15 septiembre 2021]; 12(3), 103-128. Disponible en: https://scholar.google.com/scholar?cluster=12354267905624221692&hl=es&as_sdt=0,5&scilib=1024
11. Wardani G, Ernawati, Eraiko K, Sudjarwo SA. The Role of Antioxidant Activity of Chitosan-Pinus merkusii Extract Nanoparticle in against Lead Acetate-Induced Toxicity in Rat Pancreas. [Revista Online] Vet Med Int. 2019. [Consultado 1 de abril de 2021]. Disponible en: <https://www.hindawi.com/journals/vmi/2019/9874601/#conclusion>

12. Buitrón D. Biosorción de cromo y níquel en aguas contaminadas usando quitosano. [. Tesis de grado] Quito, Ecuador. Universidad Central del Ecuador [internet]. 2015. [Citado 15 mayo 2020]; Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/5639/1/T-UCE-0017-142.pdf>

13. Pájaro Y, Díaz F. Remoción de cromo hexavalente de aguas contaminadas usando quitosano obtenido de exoesqueleto de camarón. [internet] Revista Colombiana de Química; 2012. [Citado 15 mayo 2020]; 41(2):283-297. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/3090/309028756008.pdf>

14. Nava C, Méndez M. Efectos neurotóxicos de metales pesados (cadmio, plomo, arsénico y talio). Archivos de Neurociencias [Internet]. 2011. [cited 2019 Jun 28];16(3):140–7. Available from: <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=lth&AN=88923981&ls&site=ehost-live>

15. Cuberos E, Rodríguez A, Prieto E. Niveles de Cromo y Alteraciones de Salud en una Población Expuesta a las Actividades de Curtiembres en Bogotá, Colombia. Revista de Salud Pública [Internet]. 2009. [cited 2019 Jun 28];11(2):278–89. Available from: <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=lth&AN=41978041&lang=es&site=ehost-live>

16. Das K, Honnutagi R, Mullur L, Reddy RC, Das S, Majid D, et al. Heavy Metals and Low-Oxygen Microenvironment-Its Impact on Liver Metabolism and Dietary Supplementation. *Dietary Interventions in Liver Disease: Foods, Nutrients, and Dietary Supplements*; [libro electrónico]; Elsevier; 2019. [Citado 15 mayo 2020]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128028568000089>

17. Lárez C. Quitina y quitosano: materiales del pasado para el presente y el futuro. [libro electrónico]; Caracas, Venezuela; 2003. [Citado 15 mayo 2020]; Disponible en: <https://ebookcentral.lib/bibliocauladechsp/detail.action?docID=3189710>

18. Lezcano J. Efecto del pretratamiento de biomasa procedente de un hábitat eutrofizado sobre la bioadsorción de metales pesados. [libro electrónico] Madrid: Universidad Complutense de Madrid; 2009. [Citado 15 mayo 2020]. Disponible en: <https://ebookcentral.proquest.com/lib/bibliocauladechsp/detail.action?docID=3196263>

19. Cruz E, González S, Moncada C, Arce S, Humberto C. Biocompatibilidad del fosfato tricálcico con quitosano para uso en regeneración ósea. *Universitas Odontológica* [Internet]. 2015 [cited 2019 Jun 28];34(73):1–14. Available from:

<https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=lth&AN=115953042&lang=es&site=ehost-live>

20. Tarrillo G, Yshpilco L, Murillo J, Cláudio J. Importancia de la investigación y modelos, ¿qué sesgos debemos de evitar para poder publicar? [Internet]. CIMEL; 2016. [cited 2019 Jul 8]; 21(2):51-4. Available from: https://scholar.google.com/scholar?cluster=7055303290005610894&hl=es&as_sdt=0,5
21. Cañs J, Folguera L. Investigación cualitativa I. [libro electrónico] Madrid: CIS - Centro de Investigaciones Sociológicas; 2014. Disponible en: <https://ebookcentral.proquest.com/lib/bibliocauladechsp/detail.action?docID=3226066>
22. Pena T, Pirela J. La complejidad del análisis documental. Inf. cult. soc. [online]. 2007. Vol n.16 [citado 2023-01-08], pp.55-81. Disponible en: http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1851-17402007000100004&lng=es&nrm=iso. ISSN 1514-8327
23. Cruz E, Jimenez K. Biomazas Residuales En La Mitigación De La Polución Por Metales Pesados En Cuerpos Naturales De Agua. Revisión Sistemática Y Metanálisis [Tesis de grado]. Lima, Perú. Universidad Cesar Vallejo [Internet].

2020. [citado 2019 junio 20]. Disponible en:
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/47416>
24. Universidad Católica los Ángeles de Chimbote. Código de ética para la investigación versión 005. [Internet]; 2022. [Citado 15 diciembre 2022]. Disponible en: <https://www.uladech.edu.pe/uladech-catolica/documentos/?documento=codigo-de-etica-para-la-investigacion><https://www.uladech.edu.pe/images/stories/universidad/documentos/2019/codigo-de-etica-para-la-investigacion-v005.pdf>
25. Bornet A, Teissedre P. Chitosan, chitin-glucan and chitin eVects on minerals (iron, lead, cadmium) and organic (ochratoxin A) contaminants in wines. [internet] Eur Food Res Technol, 2008; [cited 2021 Aug 09]; 226, 681-689. Available from: https://scholar.google.es/scholar?cluster=7409234111101049166&hl=es&as_sdt=0,5&as_ylo=2000
26. Yang W, Cheng M, Han Y, Luo X, Li C, Tang W, et al. Heavy metal ions' poisoning behavior-inspired etched UiO-66/CTS aerogel for Pb (II) and Cd (II) removal from aqueous and apple juice. J Hazard Mater 2021. [cited 2021 Aug 09] vol 401. Available from:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304389420313078?via%3Dihub>

27. Petronela N. Applications of Chitosan in Wastewater Treatment. [libro electronicot] Biological Activities and Application of Marine Polysaccharides. Intech Open, 2017. [cited 2021 Aug 09] Available from: <https://www.intechopen.com/books/biological-activities-and-application-of-marine-polysaccharides/applications-of-chitosan-in-wastewater-treatment>
28. Mohanasrinivasan V, Mishra M, Paliwal S, Singh K, Selvarajan E, Suganthi V, Devi C. Studies on heavy metal removal efficiency and antibacterial activity of chitosan prepared from shrimp shell waste. [internet]; 3 Biotech 2014. [cited 2021 Aug 09] 4. (2); Available from: <https://link.springer.com/article/10.1007/s13205-013-0140-6>
29. Khanniri E, Yousefi M, Mortazavian A, Khorshidian N, Sohrabvandi S, Arab M, et al. Effective removal of lead (II) using chitosan and microbial adsorbents: Response surface methodology (RSM). [internet]; Int J Biol Macromol 2021. [cited 2021 Aug 09]; 178:53-62; Available from: https://scholar.google.es/scholar?cluster=18055703139796750691&hl=es&as_sdt=0,5
30. Gang D, Deng B, Lin L. As (III) removal using an iron-impregnated chitosan sorbent. [internet]; J Hazard Mater 2010; [cited 2021 Aug 09]; 182(1-3):156-

161. Available from: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-77955565259&origin=reflist&sort=plf-f&cite=2-s2.0-34248664067&src=s&imp=t&sid=04d01c0d9629559ecb62895adc453c4c&sot=cite&sdt=a&sl=0>
31. Wang J, Xu W, Chen L, Huang X, Liu J. Preparation and evaluation of magnetic nanoparticles impregnated chitosan beads for arsenic removal from water. [internet]; Chem Eng J 2014 [cited 2021 Aug 09]; 251:25-34. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1385894714004938?via%3Dihub>
32. Jung C, Heo J, Han J, Her N, Lee S, Oh J, et al. Hexavalent chromium removal by various adsorbents: Powdered activated carbon, chitosan, and single/multi-walled carbon nanotubes. [internet]; Sep Purif Technol 2013; [cited 2021 Aug 09]; 106:63-71. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1383586613000026?via%3Dihub>
33. Wang Y, Qi Y, Li Y, Wu J, Ma X, Yu C, et al. Preparation and characterization of a novel nano-adsorbent based on multi-cyanoguanidine modified magnetic chitosan and its highly effective recovery for Hg (II) in aqueous phase. [internet]; J Hazard Mater 2013; [cited 2021 Aug 09]; 260:9-15. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304389413003154>

34. Padilla A, Hernández J, Peralta J, Gardea J, Perales O, Román F. Synthesis of protonated chitosan flakes for the removal of vanadium (III, IV and V) oxyanions from aqueous solutions. [internet]; *Microchem J* 2015; [cited 2021 Aug 09]; 118:1-11. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0026265X140014413>
35. Wang B, Bai Z, Jiang H, Prinsen P, Luque R, Zhao S, et al. Selective heavy metal removal and water purification by microfluidically-generated chitosan microspheres: Characteristics, modeling and application. [internet] *Hazardous Materials Magazine*; 2019. [cited 2021 Aug 09]; 364, 192-205. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304389418309312>
36. Abu M, Wycisk R, Abbassy M, Abd G, Demerdash F, Youssef M, et al. Sulfated chitosan/PVA absorbent membrane for removal of copper and nickel ions from aqueous solutions—Fabrication and sorption studies [internet] *rev: Carbohydrate polymers*, 2017. [cited 2021 Aug 09]; 165, 149-158. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0144861716314229>
37. Muthulingam S, Suganthi J, Gopalakrishnan S, Malar G, Priya M, Kumar M. Effective utilization of crustacean shells for preparing chitosan composite beads: applications in ameliorating the biosorption of an endocrine disrupting heavy metal. [internet] *Desalination and Water Treatment*, 2018. [cited 2021 Aug 09]; 121, 28-35. Available from:

https://scholar.google.es/scholar?cluster=16248309223547232518&hl=es&as_sdt=0,5&as_ylo=2000

38. Li M, Zhang Z, Li R, Wang J, Ali A. Removal of Pb (II) and Cd (II) ions from aqueous solution by thiosemicarbazide modified chitosan [internet] International Journal of Biological Macromolecules. 2016. [cited 2021 Aug 09]; vol (86) Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26879912/>

39. Hadi A. Study of Heavy Metal Pb 2 and Hg 2 Ions Adsorption by Extracted Chitosan. [internet] Journal of University of Babylon, 2016. [cited 2021 Aug 09]; 24 (5). Available from: https://scholar.google.es/scholar?cluster=7985301733126534171&hl=es&as_sdt=0,5&as_ylo=2000

40. Hamza M, Ahmed F, El-Aassy I, Fouda A, Guibal E. Groundwater Purification in a Polymetallic Mining Area (SW Sinai, Egypt) Using Functionalized Magnetic Chitosan Particles. [internet] Water Air Soil Pollut, 2018. [cited 2021 Aug 09]; 229(11). Available from: <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs11270-018-3999-3>

41. Jia H, Ren H, Maita M, Satoh S, Endo H, Hayashi T. Development of functional fish feed with natural ingredients to control heavy metals. [internet] Toxicol

- Mechan Methods 2006; [cited 2021 Aug 09]; 16(8):411-417. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20021015/>
42. Magomedov Z, Mamedov I, Mametnabiev T. Extraction of heavy metal cations from wine materials using chitosan. [internet] Storage and Processing of Farm Products; 2014. [cited 2021 Aug 09]; 6. 31-65. Available from: <https://scholar.google.com/scholar?oi=gsb90&q=Extraction%20of%20heavy%20metal%20cations%20from%20wine%20materials%20using%20chitosan%20C2%A0%5B2014%5D&lookup=0&hl=es>
43. Zareie C, Kholghi S, Najafpour G, Sharifzadeh M, Younesi H, Ramakrishna S. Uptake of Pb (II) ions from simulated aqueous solution via nanochitosan. [internet] Coatings, 2019. [cited 2021 Aug 09]; 9(12), 862. Available from: <https://www.mdpi.com/2079-6412/9/12/862>
44. Guibal E. Interactions of metal ions with chitosan-based sorbents: A review. [Revista Online]; Sep Purif Technol; 2004. [Consultado 17 febrero 2021];38(1):43-74. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1383586603002648>
45. Gerente C, Lee V, Cloirec P, McKay G. Application of Chitosan for the Removal of Metals from Wastewaters by Adsorption—Mechanisms and Models Review. [Revista Online] Critical Reviews in Environmental Science and

Technology. 2007. [Consultado 17 febrero 2011]; 37. 41. Disponible en:
https://scholar.google.es/scholar?cluster=3563856681885800862&hl=es&as_sdt=0,5

46. Xingtang L, Fan X, Li R, Li S, Shen S, Hu D. Efficient removal of Cr (VI) from water by quaternized chitin/branched polyethylenimine biosorbent with hierarchical pore structure [Internet]. Bioresource technology; 2018. [Citado 15 mayo 2021]; 250 (1): pp 178-184; Disponible en:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960852417319004>

ANEXO N° 2: Ficha de Registro

Autor: Robles Avila, Inocencio

Título de investigación: Revisión sistemática de la influencia mitigante del quitosano sobre la concentración de metales pesados.

FICHA DE REGISTRO

N°	Autor	Publicación tipo	Nombre	Base de Datos	Título	Palabras Claves
25	Bornet A, et al.	revista	Investigación y tecnología alimentaria europea	Google scholar	Efectos de quitosano, quitina-glucano y quitina en minerales (hierro, plomo, cadmio) y contaminantes orgánicos (ocratoxina A) en vinos	Plomo, Cadmio, Hierro, Ocratoxina, Quitina · Quitina-glucano · Quitosano · Vino
26	Yang W, et al.	revista	Diario de materiales peligrosos	Elsevir	Aerogel de UiO-66 / CTS grabado inspirado en el comportamiento de envenenamiento por iones de metales pesados para la eliminación de Pb (II) y Cd (II) del jugo acuoso y de manzana	quitosano, Seguridad alimenticia, Metal pesado, Adsorción biocinética
8	Thilagar G, et al	revista	Informes de toxicología	Elsevir	Quitosano de desechos de conchas de crustáceos y su función protectora contra la toxicidad del plomo en <i>Oreochromis mossambicus</i>	Toxicidad por plomo, Eliminación de plomo, Quitosano

10	Zia Q, et al	revista	Bioengineering and Informatics	Google scholar	Una revisión sobre el quitosano para la eliminación de iones de metales pesados	Quitosano; Metales pesados; Adsorción; Quitosano
12	Buitron D, et al.	Tesis	Universidad Central del Ecuador	Google scholar	Biosorción de cromo y níquel en aguas contaminadas usando quitosano	remocion, quitosano, cromo, níquel
13	Pájaro Y, et al.	revista	Revista Colombiana de Química	Google scholar	Remoción de cromo hexavalente de aguas contaminadas usando quitosano obtenido de exoesqueleto de camarón	quitosano, cromo hexavalente, desechos de camaron
27	Petronela N, et al.	revista	Actividades biológicas y aplicación de polisacáridos	Google scholar	Aplicaciones del quitosano en el tratamiento de aguas residuales	Quitosano, Compuestos de quitosano, Quitosano-magnetita, Zeolitas de quitosano
28	Mohanasrinivasan V, et al.	revista	3 Biotech	PuBmed	Estudios sobre la eficiencia de eliminación de metales pesados y la actividad antibacteriana del quitosano preparado a partir de desechos de cáscara de camarón	Cáscaras de camarón, Quitosano, Desacetilación, Eficiencia de remoción de metal
29	Khanniri E, et al	revista	Macromoléculas Biológicas	Elsevir	Eliminación efectiva de plomo (II) utilizando quitosano y adsorbentes microbianos: metodología de superficie de respuesta (RSM)	Adsorción, Bifidobacterium longum, Quitosano, Plomo (II)
30	Gang D, et al	revista	Diario de materiales peligrosos	Elsevir	Eliminación de As (III) utilizando un sorbente de quitosano impregnado con hierro	Arsénico trivalente, Hierro-quitosano, Adsorción, Cinética de adsorción como (III)

31	Wang J, et al	revista	Revista de Ingeniería Química	Elsevir	Preparación y evaluación de perlas de quitosano impregnadas de nanopartículas magnéticas para la eliminación de arsénico del agua	Arsénico, Nanopartículas magnéticas impregnadas de perlas de quitosano, Adsorción
32	Jung C, et al	revista	Tecnología de separación y purificación	Elsevir	Eliminación de cromo hexavalente mediante varios adsorbentes: carbón activado en polvo, quitosano y nanotubos de carbón de pared simple o múltiple.	Carbón activado en polvo, Quitosano, Nanotubos de carbono de pared simple, Nanotubos de carbono de paredes múltiples
33	Wang Y, et al	revista	Diario de materiales peligrosos	Elsevir	Preparación y caracterización de un novedoso absorbente a base de quitosano modificado con múltiples cianoguanidinas y su altamente eficaz recuperación de Hg (II) en fase acuosa	Grupo de cianoguanidina, Quitosano magnético, Adsorción selectiva, Regeneración
34	Padilla A, et al	revista	Revista microquímica	Elsevir	Síntesis de escamas de quitosano protonado para la eliminación de oxianiones de vanadio (III, IV y V) de soluciones acuosas	Vanadio, Hojuelas de quitosano protonadas, Perlas de quitosano, Langmuir
35	Wang B, et al	revista	Revista de materiales peligrosos	Elsevir	Eliminación selectiva de metales pesados y purificación de agua mediante microesferas de quitosano generadas microfluídicamente: características, modelado y aplicación	Tratamiento de aguas, Eliminación selectiva de iones de metales pesados, Tecnología microfluídica, Microesferas de quitosano
36	Abu M, et al.	revista	<i>Polímeros de carbohidratos</i>	Elsevir	Membrana absorbente de quitosano / PVA sulfatado para la eliminación de iones de cobre y níquel de soluciones acuosas. Estudios de fabricación y sorción	Quitosano, Alcohol de polivinilo, Absorbente, Membrana Iones de metales pesados

37	Muthulingam S, et al	revista	Desalinización y tratamiento de aguas	Google scholar	Utilización eficaz de conchas de crustáceos para preparar perlas de compuesto de quitosano: aplicaciones para mejorar la biosorción de un metal pesado disruptor endocrino	Biosorción; Conchas de crustáceos; Perlas de compuesto de quitosano; Regeneración
38	Li M, et al	revista	macromoléculas biológicas	PuBmed	Eliminación de iones Pb (II) y Cd (II) de una solución acuosa mediante quitosano modificado con tiosemicarbazida	Adsorción; Hidrogel de quitosano; Tiosemicarbazida
39	Hadi A	revista	Revista de la Universidad de Babilonia	Google scholar	Estudio de la adsorción de iones de metales pesados Pb 2 y Hg 2 por quitosano extraído.	quitosano, metal pesado, bioadsorción, complejo
40	Hamza M, et al.	revista	Contaminación del agua, el aire y el suelo volumen	Google scholar	Purificación de agua subterránea en una zona minera polimetálica (SW Sinai, Egipto) utilizando partículas magnéticas de quitosano funcionalizadas	quitosano magnético. Glicina, derivado. Absorbente a base de hidrazida. Remoción de metales pesados
41	Jia H, et al.	revista	Métodos Toxicol Mech	Elsevir	Desarrollo de piensos funcionales para peces con ingredientes naturales para el control de metales pesados	Aceleración; Acumulación; Cadmio; Perejil chino; Quitosano; Excreción
42	Magomedov Z, et al.	revista	Almacenamiento y procesamiento de productos	Elsevir	Extracción de cationes de metales pesados de materiales vinícolas utilizando quitosano.	Hierro, Cobre, Quitosano, Vino
43	Zareie C, et al.	revista	Revestimientos	Google scholar	Captación de iones Pb (II) de una solución acuosa simulada mediante nanoquitosano	quitosano; nanoquitosano ; Eliminación de iones Pb (II)

Nº: Es el número de referencia bibliográficas correspondiente