



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

CARRERA DE INGENIERÍA EN MEDIO AMBIENTE

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Título:

“ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN CIENTÍFICA DE BIOMASA
AGRÍCOLA RESIDUAL UTILIZADA PARA REMEDIACIÓN DE AGUAS
CONTAMINADAS POR METALES PESADOS”

Proyecto de Investigación previo a la obtención del Título de Ingeniero en
Medio Ambiente

Autor:

Juan Francisco Viteri Canchig

Tutor:

Ing. Wilman Paolo Chasi Vizuete MSc.

LATACUNGA- ECUADOR

Septiembre 2020

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Juan Francisco Viteri Canchig, con cédula de ciudadanía No. 1727501858 declaro ser autor del presente proyecto de investigación: “Análisis de la información científica de biomasa agrícola residual utilizada para remediación de aguas contaminadas por metales pesados”, siendo el Ingeniero MSc Wilman Paolo Chasi Vizuite, Tutor del presente trabajo; y, eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

Latacunga, 22 de septiembre del 2020

Juan Francisco Viteri Canchig

CC: 1727501858

CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte **VITERI CANCHIG JUAN FRANCISCO**, identificado con cédula de ciudadanía **1727501858**, de estado civil soltero, a quien en lo sucesivo se denominará **EL CEDENTE**; y, de otra parte, el Ing. M.B.A. Cristian Fabricio Tinajero Jiménez, en calidad de Rector y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA. - EL CEDENTE es una persona natural estudiante de la carrera de **Ingeniería en Medio Ambiente**, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado **Proyecto de Investigación**, la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad según las características que a continuación se detallan:

Historial académico

Fecha de inicio de la carrera: Septiembre 2015 – Febrero 2016

Fecha finalización: Mayo 2020 – Septiembre 2020

Aprobación de Consejo Directivo: 07 de Julio de 2020

Tutor. - Ing. MSc. Wilman Paolo Chasi Vizuete

Tema: “Análisis de la información científica de biomasa agrícola residual utilizada para remediación de aguas contaminadas por metales pesados.”

CLÁUSULA SEGUNDA. - LA CESIONARIA es una persona jurídica de derecho público creada por ley, cuya actividad principal está encaminada a la educación superior formando profesionales de tercer y cuarto nivel normada por la legislación ecuatoriana la misma que establece como requisito obligatorio para publicación de trabajos de investigación de grado en su

repositorio institucional, hacerlo en formato digital de la presente investigación.

CLÁUSULA TERCERA. - Por el presente contrato, **EL CEDENTE** autoriza a **LA CESIONARIA** a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

CLÁUSULA CUARTA. - OBJETO DEL CONTRATO: Por el presente contrato **EL CEDENTE**, transfiere definitivamente a **LA CESIONARIA** y en forma exclusiva los siguientes derechos patrimoniales; pudiendo a partir de la firma del contrato, realizar, autorizar o prohibir:

- a) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
- b) La publicación del trabajo de grado.
- c) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.
- d) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.
- e) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

CLÁUSULA QUINTA. - El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que **LA CESIONARIA** no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **EL CEDENTE** declara que no existe obligación pendiente a su favor.

CLÁUSULA SEXTA. - El presente contrato tendrá una duración indefinida, contados a partir de la firma del presente instrumento por ambas partes.

CLÁUSULA SÉPTIMA. - CLÁUSULA DE EXCLUSIVIDAD. - Por medio del presente contrato, se cede en favor de **LA CESIONARIA** el derecho a explotar la obra en forma exclusiva, dentro del marco establecido en la cláusula cuarta, lo que implica que ninguna otra persona incluyendo **EL CEDENTE** podrá utilizarla.

CLÁUSULA OCTAVA. - LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS. - **LA CESIONARIA** podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento de **LA/EL CEDENTE** en forma escrita.

CLÁUSULA NOVENA. - El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en la cláusula cuarta, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia, la resolución se producirá de pleno derecho cuando una de las partes comunique, por carta notarial, a la otra que quiere valerse de esta cláusula.

CLÁUSULA DÉCIMA. - En todo lo no previsto por las partes en el presente contrato, ambas se someten a lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, Código Civil y demás del sistema jurídico que resulten aplicables.

CLÁUSULA UNDÉCIMA. - Las controversias que pudieran suscitarse en torno al presente contrato, serán sometidas a mediación, mediante el Centro de Mediación del Consejo de la Judicatura en la ciudad de Latacunga. La resolución adoptada será definitiva e inapelable, así como de obligatorio cumplimiento y ejecución para las partes y, en su caso, para la sociedad. El costo de tasas judiciales por tal concepto será cubierto por parte del estudiante que lo solicitare.

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga a los 22 días del mes de septiembre del 2020.

Juan Francisco Viteri Canchig
EL CEDENTE

Ing. M.B.A. Cristian Tinajero
Jiménez
LA CESIONARIA

AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tutor del Proyecto de Investigación con el título:

“ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN CIENTÍFICA DE BIOMASA AGRÍCOLA RESIDUAL UTILIZADA PARA REMEDIACIÓN DE AGUAS CONTAMINADAS POR METALES PESADOS”, de Juan Francisco Viteri Canchig, de la carrera Ingeniería en Medio Ambiente, considero que el presente trabajo investigativo es merecedor del Aval de aprobación al cumplir las normas, técnicas y formatos previstos, así como también ha incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la Pre defensa.

Latacunga, 22 de septiembre del 2020

Ing. MSc. Wilman Paolo Chasi Vizuet
TUTOR DEL PROYECTO
CC. 0502409725

AVAL DE LOS LECTORES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprobamos el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi; y, por la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales; por cuanto, el postulante: Viteri Canchig Juan Francisco, con el título del Proyecto de Investigación: “ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN CIENTÍFICA DE BIOMASA AGRÍCOLA RESIDUAL UTILIZADA PARA REMEDIACIÓN DE AGUAS CONTAMINADAS POR METALES PESADOS”, ha considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de sustentación del trabajo de titulación.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, 22 de Septiembre del 2020

Lic. MSc. Patricio Clavijo Cevallos
LECTOR 1 (PRESIDENTE)
CC: 0501444582

Ing. MSc. Joseline Ruiz Depablos
LECTOR 2
CC: 1758739062

Ing. Mg. José Luis Agreda Oña
LECTOR 3
CC: 0401332101

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, quiero agradecer a mi tutor Ing. Wilman Paolo Chasi Vizuite, quien con sus conocimientos y apoyo me guio a través de cada una de las etapas de este proyecto para alcanzar los resultados que buscaba.

También quiero agradecer a la Universidad Técnica de Cotopaxi por brindarme todos los recursos y herramientas que fueron necesarios para llevar a cabo el proceso académico. No hubiese podido arribar a estos resultados de no haber sido por su incondicional ayuda.

Por último, quiero agradecer a Dios y a mi familia, por apoyarme aun cuando mis ánimos decaían. En especial, quiero hacer mención de mis padres y hermana, que siempre estuvieron ahí para darme palabras de apoyo y un abrazo reconfortante para renovar energías.

Juan Francisco Viteri Canchig

DEDICATORIA

A mis padres Juan y América quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más, gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo, dedicación y valentía de no temer las adversidades porque Dios está conmigo siempre.

A mi hermana María Verónica y mi tía Guadalupe por su cariño y apoyo incondicional, durante todo este proceso, por estar conmigo en todo momento. Gracias familia porque con sus oraciones, consejos y palabras de aliento hicieron de mí una mejor persona.

Finalmente quiero dedicar esta tesis a todos mis ángeles que desde el cielo me han cuidado y protegido cuando mi vida se ha visto expuesta, mil gracias mis ángeles de la guarda, siempre los llevo en mi corazón.

Juan Francisco Viteri Canchig

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS
NATURALES

TÍTULO: “ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN CIENTÍFICA DE BIOMASA AGRÍCOLA RESIDUAL UTILIZADA PARA REMEDIACIÓN DE AGUAS CONTAMINADAS POR METALES PESADOS”.

AUTOR: Viteri Canchig Juan Francisco

RESUMEN

En la actualidad, la contaminación por metales pesados se ha convertido en uno de los problemas ambientales más significativos a nivel mundial, debido a las aguas residuales no tratadas, provenientes de minas y fábricas industriales, impactan a los ríos y deterioran la calidad del agua afectando drásticamente la seguridad alimentaria y salud pública de la población. El presente proyecto de investigación tuvo como objetivo principal analizar la información científica del uso de biomasa agrícola residual como remediadores de aguas contaminadas por metales pesados. La metodología empleada fue analítica y descriptiva, para el desarrollo de esta investigación se examinó veintisiete fuentes bibliográficas, constituidas de la siguiente manera; 20 artículos científicos de impacto regional publicados en revistas tales como: Revista Internacional de Contaminación Ambiental, Ingeniería Revista Académica, Revista Colombiana de Biotecnología, Revista Luna Azul entre otras y 7 tesis de educación superior difundidas en repositorios institucionales del Ecuador durante los años 2009-2020, con esta información se elaboró una lista de control para determinar si los resultados de los estudios seleccionados fueron positivos o negativos. Se realizó una sistematización de la información mediante una base de datos con la ayuda del programa Access; distribuidas de acuerdo al rigor científico que estas representan. Se elaboró gráficos estadísticos, tomando en cuenta a las veintisiete fuentes bibliográficas como tamaño total de la muestra y de manera hábil se ingenió cinco preguntas de acuerdo al rol que desempeña la biomasa agrícola residual para remover metales pesados en aguas contaminadas; donde se identificó la biomasa agrícola residual sobresaliente de los estudios realizados en el lapso del tiempo estimado y de esta manera tener una información de alta relevancia científica. Los resultados analizados de las bases científicas seleccionadas más sobresalientes; permitieron apreciar que, con el empleo de biomasa agrícola residual, procedente de cáscaras cítricas (*Citrus Limonium*, *Citrus sinensis*, *Tamarindus indica*, *Citrus aurantium*) presentan una variedad más amplia de mecanismos de acumulación de metales pesados, obteniendo porcentajes de remoción muy eficientes, por otro lado, la biosorción de metales pesados empleando biomasa agrícola residual es considerada como una alternativa accesible debido a su alta eficiencia y bajo costo, en relación a los métodos tradicionales aplicados. Con los resultados descritos en las investigaciones analizadas se demostró que el uso de biomasa agrícola residual tiene la capacidad de remover metales pesados en aguas contaminadas.

Palabras clave: Aguas residuales, Biomasa, Biosorción, Contaminación, Metales pesados

COTOPAXI TECHNICAL UNIVERSITY
FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCES AND NATURAL
RESOURCES

THEME: “ANALYSIS OF SCIENTIFIC INFORMATION ON RESIDUAL AGRICULTURAL BIOMASS USED FOR REMEDIATION OF HEAVY METAL CONTAMINATED WATER.”

Author: Viteri Canchig Juan Francisco

ABSTRACT

Today, heavy metal pollution has become one of the most significant environmental problems worldwide, due to untreated wastewater from mines and industrial factories, impacting rivers and impairing water quality by drastically affecting food security and public health of the population. The main objective of this research project was to analyze scientific information on the use of residual agricultural biomass as water remediators contaminated by heavy metals. The main objective of this research project was to analyze scientific information on the use of residual agricultural biomass as water remediators contaminated by heavy metals. The methodology used was analytical and descriptive, twenty-seven bibliographic sources, constituted as follows, were examined for the development of this research; twenty scientific articles of regional impact published in journals such as: International Journal of Environmental Pollution, Academic Journal Engineering, Colombian Journal of Biotechnology, Luna Azul Magazine among others and seven higher education theses disseminated in institutional repositories of Ecuador during the years 2009-2020, with this information a checklist was developed to determine whether the results of the selected studies were positive or negative. Information systematization was performed using a database with the help of the Access program; distributed according to the scientific rigor they represent. Statistical graphs were developed, taking into account the twenty-one bibliographic sources as the total sample size and in a skillful manner five questions were skilled according to the role of residual agricultural biomass in removing heavy metals in contaminated water; where the outstanding residual agricultural biomass of the studies carried out over the period of the estimated time was identified and in this way have information of high scientific relevance. The analyzed results of the most outstanding selected scientific bases; they made it possible to appreciate that, with the use of residual agricultural biomass, from citrus shells (*Citrus Limonium*, *Citrus sinensis*, *Tamarindus indica*, *Citrus aurantium*) they have a wider variety of heavy metal accumulation mechanisms, obtaining very efficient removal percentages, on the other hand, the biosorption of heavy metals using residual agricultural biomass is considered an accessible alternative due to its high efficiency and low cost, relative to the traditional methods applied. The results described in the research analyzed showed that the use of residual agricultural biomass has the ability to remove heavy metals in contaminated water.

Keywords: Biomass, Biosorption, Heavy Metals, Pollution, Wastewater

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	ii
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR	iii
AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	vi
AVAL DE LOS LECTORES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	vii
AGRADECIMIENTO	viii
DEDICATORIA	ix
RESUMEN.....	x
ABSTRACT.....	xii
ÍNDICE DE TABLAS	xvi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xvi
ÍNDICE DE GRÁFICAS	xvi
INFORMACIÓN GENERAL.....	1
1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	2
2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	3
3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO	4
4. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	4
5. OBJETIVOS	5
5.1. General	5
5.2. Específicos.....	5
5.3. Actividades y sistema de tareas en relación a los objetivos planteados ...	6
6. FUNDAMENTACIÓN CIÉNTIFICO TÉCNICA	7
6.1. Agua	7
6.1.1. <i>Definición</i>	7
6.2. Calidad de agua	8

6.3.	Contaminación del agua	8
6.3.1.	<i>Definición</i>	8
6.4.	Contaminación Minera	9
6.5.	Contaminación Industrial	10
6.5.1.	<i>Definición</i>	10
6.6.	Remediación	11
6.6.1.	<i>Definición</i>	11
6.6.2.	<i>Técnicas de remediación de aguas contaminadas</i>	11
6.6.3.	<i>Fitorremediación</i>	11
6.6.4.	<i>Humedales artificiales</i>	11
6.7.	Adsorción	11
6.7.1.	<i>Adsorción Física</i>	12
6.7.2.	<i>Quimisorción</i>	12
6.8.	Elementos del proceso de adsorción.....	12
6.8.1.	<i>Efecto de la temperatura</i>	12
6.8.2.	<i>Efecto del pH</i>	12
6.8.3.	<i>Efecto del tamaño de la partícula</i>	13
6.8.4.	<i>Presencia de otros iones</i>	13
6.9.	Isotermas experimentales de adsorción	13
6.9.1.	<i>Modelos matemáticos teóricos de adsorción</i>	13
6.10.	Biosorción.....	14
6.11.	Biomasa agrícola.....	15
6.11.1.	<i>Definición</i>	15
6.11.2.	<i>Biomasa agrícola residual utilizada en el proceso de biosorción</i> ..	15
6.12.	Biosorbentes.....	15
6.13.	Las pectinas.....	15

6.13.1.	<i>Estructura de la pectina</i>	16
6.13.2.	<i>Pectina como biosorbente</i>	16
6.14.	Técnica de Biosorción a través de biomasa residual	16
6.15.	Cinética de biosorción	17
6.16.	Factores que afectan el proceso de biosorción (Mendoza, L; Molina, N, 2015)	17
6.17.	BIOSORCIÓN Y SUS POSIBILIDADES DE APLICACIÓN	17
6.17.1.	<i>Industrial</i>	17
6.17.2.	<i>Medio Ambiente</i>	18
7.	PREGUNTA CIENTÍFICA	18
8.1.	Técnicas	19
8.1.1.	<i>Investigación descriptiva</i>	19
8.1.2.	<i>Investigación Bibliográfica</i>	19
8.2.	Método(s)	19
8.2.1.	<i>Método Inductivo</i>	19
8.3.	Instrumentos	19
8.4.	Metodología aplicada en la investigación	19
8.4.1.	<i>Unidad de estudio</i>	20
9.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	21
9.1.	<i>Lista de control</i>	21
9.2.	Base de datos	27
9.3.	Gráficos estadísticos	33
9.4.	<i>Estado actual de la información</i>	36
10.	IMPACTOS	43
10.1.	<i>Científico</i>	43
10.2.	<i>Ambiental</i>	43

11.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	43
11.1.	<i>Conclusiones</i>	43
11.2.	<i>Recomendaciones</i>	44
12.	BIBLIOGRAFÍA	45
13.	ANEXOS	53

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Beneficiarios	4
Tabla 2	Actividades y sistema de tareas	6
Tabla 3	Metales pesados y efectos adversos a la salud humana	9
Tabla 4	Ecuaciones matemáticas para determinar el grado de adsorción	14
Tabla 5	Lista de control.....	21
Tabla 6	Base de datos rango 1.....	27
Tabla 7	Base de datos rango 2.....	31

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Estructura básica de la pectina.....	16
----------	--------------------------------------	----

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1	Tiempo de remoción	33
Gráfica 2	Nivel de biosorción	34
Gráfica 3	Tipo de metales pesados removidos.....	34
Gráfica 4	Parámetros del proceso de biosorción.....	35
Gráfica 5	Análisis bibliográfico	35

INFORMACIÓN GENERAL

Título del Proyecto:

“Análisis de la información científica de biomasa agrícola residual utilizada para remediación de aguas contaminadas por metales pesados”.

Fecha de inicio: Septiembre de 2019.

Fecha de finalización: Septiembre 2020.

Lugar de ejecución:

Universidad Técnica de Cotopaxi.

Facultad que auspicia

Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales (CAREN).

Carrera que auspicia:

Carrera de Medio Ambiente.

Proyecto de investigación vinculado:

Determinación del nivel de filtración que tiene la cáscara de plátano, para reducir metales pesados presentes en aguas residuales en la empresa Weatherford, Cantón Francisco de Orellana, Provincia de Orellana, periodo 2014.

Equipo de Trabajo:

Tutor de Titulación: Ing. Wilman Paolo Chasi Vizuete MSc.

Lectores del Proyecto de Investigación:

Lector 1: Mgs. Manuel Patricio Clavijo Cevallos.

Lector 2: Ing. Joseline Luisa Ruiz DePablos MSc.

Lector 3: Ing. José Luis Agreda Oña Mg.

Estudiante: Juan Francisco Viteri Canchig.

Área de Conocimiento:

Área: Servicios

Subárea: Protección del medio ambiente conservación.

Control de la contaminación atmosférica y del agua.

Línea de investigación:

Energías Alternativas y Renovables, Eficiencia Energética y Protección Ambiental.

Sublíneas de investigación de la Carrera:

Sub línea: Manejo y Conservación del Recurso Hídrico.

Línea de vinculación (CAREN):

Gestión de recursos naturales, biodiversidad, biotecnología y genética, para el desarrollo humano y social.

1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Debido a la problemática que provoca la contaminación del agua y esta afecta a la salud humana, es esencial analizar mediante la investigación de la información científica sobre el uso de cáscaras frutales como remediadores de aguas contaminadas por metales pesados principalmente en zonas urbanas, tomando en consideración que, las empresas industriales realizan descargas directas a los efluentes sin previo tratamiento; ocasionando impactos negativos en el recurso hídrico, así como también, la calidad del agua durante los últimos años se ha visto alterada.

La metodología aplicada para el progreso de la investigación fue: analítica, descriptiva y bibliográfica, utilizando como referencia veintisiete fuentes bibliográficas subidos en portales web de bases científicas tales como: (SciELO, Redalyc, Dialnet y ResearchGate), así como también repositorios institucionales del Ecuador como fuentes de análisis durante el desarrollo de la investigación, mediante la sistematización de la información se tomó en cuenta la capacidad de biosorción que cumple la biomasa agrícola residual, para remover metales pesados en aguas contaminadas. Cabe resaltar que la biomasa agrícola proveniente de frutas cítricas sobresale en la mayoría de estudios como proceso eficaz para la remoción de metales pesados, debido a que poseen un alto contenido de sustancias en sus pectinas.

La intención de este proyecto investigativo es dar a conocer si existe la suficiente información científica del empleo de biomasa agrícola residual para remover metales pesados, otorgando de esta manera un aporte científico y ambiental, el cual permite difundir una búsqueda de información eficiente sobre el uso de biomasa agrícola residual como una alternativa ecológica y sustentable.

Palabras clave: Biomasa, biosorción, metales pesados

2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

Los estudios investigativos sobre el empleo de biomasa agrícola residual como materia prima para remover metales pesados en el agua son de vital importancia, debido a que la calidad del agua ha sufrido alteraciones por la contaminación originadas por las actividades antrópicas como, prueba de ello son: la minería, empresas industriales y textilerías, entre otras.

El problema de contaminación de agua sin lugar a duda, es un tema de carácter alarmante, es decir de la degradación de los espacios naturales por parte de la sociedad actual, lo cual significa una amenaza para las diferentes formas de vida en especial, la salud humana. Esto nos permite sugerir nuevas alternativas de tratamiento de aguas residuales menos costosos, a los tratamientos tradicionales conocidos.

Dentro de las diferentes biomásas agrícolas residuales utilizadas las cáscaras cítricas, banano, maíz, cacao, café, entre otras han sido utilizados hace años atrás, como una técnica de biosorción de metales pesados, es decir, estas absorben los contaminantes presentes en el agua.

Por lo cual se necesita generar una sistematización de información científica para ser utilizada como un estudio base, y este pueda reforzar futuras investigaciones relacionadas a la temática y toda la información recopilada pueda afirmar que, el uso de estas biomásas agrícolas cumple un papel importante para remover metales pesados presentes en el agua.

La presente investigación pretende analizar la información científica de biomasa agrícola residual que ayude a sustentar futuras investigaciones, sobre el uso de la misma para remediar aguas contaminadas por presencia de metales pesados, originados principalmente en zonas urbanas. De manera que, exista una estrecha vinculación entre la sociedad y el estado actual hacia la contaminación del recurso hídrico, que ha ido ganando terreno durante el paso de los años y a su vez como las investigaciones realizadas han ido garantizando de que el empleo de biomasa agrícola residual sirve para remover metales pesados.

3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

Tabla 1.

Beneficiarios

Directos		Indirectos	
Estudiantes de la Universidad Técnica de Cotopaxi carrera de Medio Ambiente		Provincia de Cotopaxi	
Hombres	221	Hombres	198.625
Mujeres	300	Mujeres	210.580
Total	521 estudiantes	Total	409.205 habitantes

Fuente: (INEC, 2010), (Secretaría Facultad CAREN, 2019)

Elaborado por: Viteri Francisco, 2020

4. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

La calidad de agua actualmente es uno de los problemas ambientales más severos e importantes en el mundo:

Alrededor del mundo, los lagos, ríos, canales y otros cuerpos de agua son contaminados por descargas industriales, por la actividad antropogénica o por procesos naturales. En los países en desarrollo, la mayor parte de los desechos industriales se vierten al agua sin tratamiento alguno, contaminando así el recurso hídrico disponible, mientras que los países industrializados generan grandes cantidades de desechos peligrosos que impactan los ecosistemas y deterioran el agua, el aire y el suelo. (Arango Ruiz, 2013, pág. 1)

En los últimos años en el Ecuador, las industrias han crecido de manera alarmante, estas industrias han ocasionado grandes inconvenientes debido a sus descargas en las cuales hay concentraciones de metales, las descargas son directas a los efluentes sin tratamientos previos, esto ha ocasionado una preocupación en la población ya que los metales pesados pueden causar grandes lesiones a los seres vivos siendo precursores de enfermedades cancerígenas. (Verdugo Vergara, 2017, pág. 3)

“La minería a pequeña escala, la piscicultura, el uso intensivo de agroquímicos y los vertederos municipales probablemente sean las principales causas de esta contaminación” (Orbe, 2020) en zonas rurales del Ecuador, la presencia de metales

pesados en el agua están afectando drásticamente la seguridad alimentaria y salud pública de la población.

Por esta razón, nace la biosorción como una tecnología innovadora para remover metales pesados en afluentes industriales, la cual consiste en utilizar biomasa agrícola residual como biosorbentes ya que estos son abundantes y de bajo costo.

“La biosorción es un proceso de adsorción que consiste en la captación de diversas especies químicas por una biomasa ya sea viva o muerta, a través de mecanismos fisicoquímicos como la adsorción o el intercambio iónico” (Pinzón-Bedoya & Cardona, 2015).

“Ventajas que presenta la biosorción: bajo costo, alta eficiencia, minimización de productos químicos y lodos biológicos, no requiere nutrientes adicionales, regeneración de los biosorbentes, y posibilidad de recuperación de metales” (Das, 2010).

En la presente investigación se pretende recopilar y analizar la información bibliográfica para comprender el papel fundamental de las cáscaras frutales en el proceso de biosorción para remover metales presentes en el agua.

Aunque existe mucha información dispersa en la red sobre estudios de biosorción de metales pesados con la utilización de biomasa agrícola, por lo que se ha podido verificar que no son de libre acceso ya que en su mayoría son colgados en portales web de paga, en consecuencia, este tipo de investigaciones no están saliendo a flote para la comunidad científica y estudiantes interesados en la temática.

5. OBJETIVOS

5.1.General

- Analizar la información científica reciente del uso de biomasa agrícola residual con potencial remediador de aguas contaminadas mediante la biosorción de metales pesados.

5.2.Específicos

- Examinar en bases de datos de revistas científicas y repositorios institucionales que contengan la información correspondiente al uso de

biomasa agrícola residual con potencial remediador de aguas contaminadas mediante la biosorción de metales pesados durante los años 2009-2020.

- Sistematizar la información correspondiente al uso de biomasa agrícola residual con potencial remediador de aguas contaminadas.
- Redactar el estado actual de la utilización de biomasa agrícola residual con potencial remediador de aguas contaminadas mediante la biosorción de metales pesados

5.3. Actividades y sistema de tareas en relación a los objetivos planteados

Tabla 2.

Actividades y sistema de tareas

OBEJTIVO	ACTIVIDAD	RESULTADO	MEDIO DE VERIFICACION
<ul style="list-style-type: none"> • Examinar en bases de datos de revistas científicas y repositorios institucionales que contengan la información correspondiente al uso de biomasa agrícola residual con potencial remediador de aguas contaminadas mediante la biosorción de metales pesados durante los periodos 2009-2020. 	<ul style="list-style-type: none"> • Búsqueda de artículos científicos de la temática en portales web de bases científicas considerados de impacto regional • Búsqueda tesis en repositorios institucionales públicos y privados del Ecuador. 	<p>Número de 20 artículos científicos encontrados.</p> <p>Número de 7 tesis encontrados</p>	<p>Lista de control de 20 artículos científicos de impacto regional</p> <p>Lista de Control de 7 tesis de educación superior</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Sistematizar la información correspondiente al uso de biomasa agrícola residual con potencial remediador de 	<ul style="list-style-type: none"> • Formulación de preguntas en base a la información obtenida en las investigaciones, relacionados a la remoción de 	<p>Identificación de la biomasa agrícola residual sobresaliente en los estudios realizados durante tiempo estipulado.</p>	<p>Gráficos estadísticos</p>

aguas contaminadas.	metales pesados con la utilización de biomasa agrícola residual.	Bibliografía actualizada y relevante.	Base de datos sistematizada durante los años 2009-2020 en el programa Access.
<ul style="list-style-type: none"> Redactar el estado actual de la utilización de biomasa agrícola residual con potencial remediador de aguas contaminadas mediante la biosorción de metales pesados 	<ul style="list-style-type: none"> Redacción del estado actual de la investigación con la utilización de material bibliográfico 	Información reciente de las investigaciones recopiladas	Documento con relevancia científica y ambiental

Elaborado por: Viteri Francisco, 2020

6. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA

6.1. Agua

6.1.1. Definición

El agua cubre más del 70 % de la superficie del planeta; se la encuentra en océanos, lagos, ríos; en el aire, en el suelo. Es la fuente y el sustento de la vida, contribuye a regular el clima del mundo y con su fuerza formidable modela la Tierra. Posee propiedades únicas que la hacen esencial para la vida. Es un material flexible: un solvente extraordinario, un reactivo ideal en muchos procesos metabólicos; tiene una gran capacidad calorífica y tiene la propiedad de expandirse cuando

se congela. Con su movimiento puede modelar el paisaje y afectar el clima. (Fernández Cirelli, 2012, pág. 148)

Organización de las Naciones Unidas. (2019) menciona que, el agua está en el epicentro del desarrollo sostenible y es fundamental para el desarrollo socioeconómico, la energía y la producción de alimentos, los ecosistemas saludables y para la supervivencia misma de los seres humanos. El agua también forma parte crucial de la adaptación al cambio climático, y es el vínculo crucial entre la sociedad y el medioambiente.

6.2. Calidad de agua

La disponibilidad de agua es de suma importancia para la vida y el desenvolvimiento económico de cualquier región del mundo. Los recursos disponibles deben repartirse entre numerosos usuarios además de tener en cuenta las necesidades del medio ambiente. Durante muchos años, todos los recursos eran considerados disponibles para cualquier uso antrópico, sin tener en cuenta la calidad o las necesidades para los usos ambientales. Cuando se considera la distribución del agua entre los distintos usuarios, la agricultura aparece como el sector de mayor demanda. Las dos terceras partes de los recursos hídricos se destinan al uso agrícola, con una demanda creciente para el turismo, usos urbanos e industriales, compitiendo por un acceso a un recurso cada vez menos disponible. (Fernández Cirelli, 2012, pág. 153)

6.3. Contaminación del agua

6.3.1. Definición

La contaminación se ha convertido en un problema visible y cotidiano. Las actividades industriales de distinto orden y las aguas servidas que se arrojan desde las ciudades sin ningún tratamiento, son las mayores fuentes de contaminación de los recursos hídricos. A esto se añade la convivencia con animales de pastoreo junto a las fuentes y a prácticas inadecuadas de uso, que provocan también contaminación a pequeña escala. Las actividades productivas de más fuerte impacto contaminante son la minera - petrolera, la industrial y la agroindustrial, por el excesivo uso de agrotóxicos. (L, Edgar Isch, 2011, pág. 9)

6.4. Contaminación Minera

“La minería en América del Sur es fundamental en el desarrollo económico, aunque, no se ha logrado concientizar sobre las repercusiones ambientales que produce esta actividad, cabe señalar que, hoy en día el desafío es crear un desarrollo sostenible y sustentable en mencionada actividad” (Moya Castillo, 2018, pág. 4).

“En las actividades de explotación minera se realizan cuatro fases que son: separación, molienda, trituración, mezcla y homogenización, relavado y concentración a que se somete el mineral extraído para su posterior transformación y utilización” (Moya Castillo, 2018, págs. 4-5).

Estudios recientes han establecido el uso de metodologías alternativas para la adsorción de contaminantes, tales como los metales pesados, que emplean materiales de origen biológico como bacterias, algas y hongos, residuos industriales, agrícolas y urbanos, debido a su gran viabilidad, bajo costo y alta eficiencia de remoción. Dentro de este amplio conjunto de materiales biológicos se destaca la aplicación de las cáscaras de frutas cítricas. (Vizcaíno Mendoza & Fuentes Molina, 2015, pág. 43); (Muñoz Carpio, J. C.; Tapia Huanambal, N. J., 2007, pág. 4), (Villanueva, H. C.; Tapia, H. N., 2008, págs. 11-12)

“Investigaciones recientes reportan la presencia de metales pesados como: el mercurio (Hg), arsénico (As), plomo (Pb), cadmio (Cd), zinc (Zn), níquel (Ni) y cromo (Cr) en hortalizas tales como la lechuga, repollo, calabaza, brócoli y papa” (Reyes, Vergara, Torres, Díaz, & González, 2016, págs. 66-77); (Singh, A. et al., 2010, págs. 375–387). En la Tabla 3 se registran los principales metales pesados y efectos sobre la salud humana.

Tabla 3.

Metales pesados y efectos adversos a la salud humana

Metales	Fuentes de contaminación	Efecto sobre la salud
Cd	Plantas electrónicas, las fundiciones, fabricación de aleaciones, pigmentos, plásticos, pilas y procesos de refinación.	Irritación grave del estómago, lo que produce vómitos y diarrea, daño en los riñones, en ciertas ocasiones la muerte.

Zn	Industrias galvanizado, y la fabricación de acero y otras aleaciones, baterías y pigmentos.	La ingestión de niveles altos de zinc durante varios meses puede producir anemia, daño del páncreas, calambres estomacales, náusea y vómitos y disminución del tipo de colesterol beneficios.
Cr	Galvanoplastia, la fabricación de colorantes y pigmentos, la producción de aceros y aleaciones, así como conservantes de la madera.	Erupciones cutáneas, malestar de estómago y úlceras, problemas respiratorios, debilitamiento del sistema inmune, daño en los riñones e hígado, alteración del material genético, e incluso la muerte.
Ni	Fabricación de acero, en baterías y en la producción de algunas aleaciones	Dolores de estómago y efectos adversos en la sangre, los riñones, o bronquitis crónica y alteraciones del pulmón.
Hg	Minería, Producción de cloro soda caustica, policloruro de vinilo, espuma de poliuretano.	Daño en los riñones, daños neurosensoriales y cognitivos.

Fuente: (Tejada Tovar, Villabona Ortiz, & Garcés Jaraba, 2015); (Roig Marino, 2006), (Pérez Marín, y otros, Dec. 2009.), (Xiao, y otros, Mar. 2010), (Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades, 2005), (Gaioli, Amoedo, & González, 2012)
Elaborado por: Viteri Francisco, 2020

6.5. Contaminación Industrial

6.5.1. Definición

Es la incontrolable degradación del medio ambiente por el crecimiento industrial no planeado, el cual está directamente relacionado con la descarga a la atmósfera de sustancias contaminantes sin ningún control de la cantidad, densidad y composición química. La causa principal de la contaminación industrial es la quema a gran escala de combustibles fósiles como el petróleo, el carbón, el gas, más el agua residual envenenada que contamina tierra, ríos y lagunas. (Salvador García, Contaminación industrial, 2015)

La búsqueda de nuevos materiales y técnicas utilizables “como alternativa para el tratamiento de aguas residuales provenientes de procesos industriales y de minería se ha constituido como un desafío de los últimos tiempos” (Muñoz Carpio, J. C.; Tapia Huanambal, N. J., 2007, pág. 3).

6.6. Remediación

6.6.1. Definición

“La remediación es el conjunto de medidas a las que se someten los sitios contaminados para eliminar o reducir los contaminantes hasta un nivel seguro para la salud y el ambiente o prevenir su dispersión en el ambiente sin modificarlos” (Sedas Larios & Ruíz Saucedo, 2012, pág. 48).

6.6.2. Técnicas de remediación de aguas contaminadas

Estos sistemas son de mucha utilidad al ser económicamente más rentables y una generación mínima de subproductos durante su proceso a diferencia de otros métodos convencionales que son extremadamente costosos y gastan mucha energía.

6.6.3. Fitorremediación

Es una técnica moderna e innovadora en el tratamiento de contaminantes y es usada no solo en la descontaminación de los suelos, sino también para la remoción de contaminantes en el agua. Su función es hacer uso de determinadas especies de plantas para remover contaminantes orgánicos e inorgánicos presentes en el medio, mediante procesos bioquímicos propios de las plantas. (Ballesteros Lara, 2011, pág. 8); (L., y otros, 2005, pág. 59)

6.6.4. Humedales artificiales

Son usados debido a que su fabricación no es costosa, por lo que: no requiere de productos químicos, no necesita energía eléctrica para funcionar, aporte de oxígeno de forma natural, no genera lodos residuales, soporta cambios de caudal, uso de procesos y medios naturales, amplio campo de aplicación, beneficios medioambientales, aporte de vida salvaje y su estética. (Aguilar, 2011, pág. 1); (Espinosa Narváez & Mera Córdoba, 2015, pág. 26)

6.7. Adsorción

Es un fenómeno de atracción de partículas (átomos, iones, moléculas), que se encuentran en una determinada fase, por la superficie de un sólido o líquidos. La adsorción es un fenómeno espontáneo debido a la existencia de fuerzas no compensadas en la superficie de división de fases, por lo que existen especies con distintos grados de polaridad, que

se explican mediante las reglas de Rebindler y Traube que se resume en “lo polar adsorbe lo polar y lo apolar adsorbe lo apolar”. (Muñoz Carpio, J. C.; Tapia Huanambal, N. J., 2007, pág. 7)

6.7.1. Adsorción Física

“Esta adsorción no es específica debido a que las fuerzas de atracción de las moléculas hacia las superficies sólidas son relativamente débiles. La energía de activación por adsorción física no es más de 1 Kcal/g mol, dichas fuerzas decrecen rápidamente” (Muñoz Carpio, J. C.; Tapia Huanambal, N. J., 2007, pág. 7).

6.7.2. Quimisorción

Esta adsorción es específica y las fuerzas de atracción son mucho más fuertes que la adsorción física, las moléculas adsorbidas son atraídas por fuerzas de valencia del mismo tipo como los que ocurren entre átomos en moléculas, estas son estudiadas utilizando el modelo de Langmuir. (Muñoz Carpio, J. C.; Tapia Huanambal, N. J., 2007, pág. 8)

“El fenómeno de adsorción puede verse perjudicado de manera eficaz o perjudicial, por auténticas variables como lo son: temperatura, pH, tamaño de partículas o solamente por la existencia de otros iones” (Tejada Tovar, Villabona Ortiz, & Garcés Jaraba, 2015, pág. 113).

6.8.Elementos del proceso de adsorción

6.8.1. Efecto de la temperatura

“Un crecimiento prominente de la temperatura puede ocasionar una modificación en la textura del sorbente y a su vez un desgaste del material que concurren en una pérdida de espacio de sorción” (Tejada Tovar, Villabona Ortiz, & Garcés Jaraba, 2015, pág. 113).

6.8.2. Efecto del pH

El pH de la solución acuosa es un primordial parámetro que controla los procesos de adsorción de metales en diferentes adsorbentes, hay que destacar que los iones de hidrógeno se constituyen en un adsorbente fuertemente competitivo. La adsorción de iones metálicos depende tanto de la naturaleza de la superficie adsorbente como de la distribución de las especies químicas del metal en la solución acuosa. (Tejada Tovar, Villabona Ortiz, & Garcés Jaraba, 2015, pág. 113)

El valor del pH de la fase acuosa es el factor más importante tanto en la adsorción de cationes como de aniones, siendo el efecto distinto en ambos casos. Así, mientras que la adsorción de cationes suele estar favorecida para valores de pH superiores a 4,5, la adsorción de aniones prefiere un valor bajo de pH, entre: 1,5 y 4. (Garcés Jaraba & Coavas Romero, 2012)

6.8.3. Efecto del tamaño de la partícula

La adsorción cumple un rol importante en el interior de las partículas, sobre las paredes de los poros en puntos específicos. La cantidad de adsorbente (solute) que se puede adsorber es directamente proporcional al volumen, y es bien conocido que este volumen es directamente proporcional al área externa y también que una partícula pequeña tiene mayor área superficial, o sea mayor área de la superficie interna por su cantidad de poros por unidad de masa. (Tejada Tovar, Villabona Ortiz, & Garcés Jaraba, 2015, pág. 113)

6.8.4. Presencia de otros iones

“La existencia de iones en una disolución permite competir con el metal e interactuar con las zonas de sorción” (Tejada Tovar, Villabona Ortiz, & Garcés Jaraba, 2015, pág. 114).

6.9. Isotermas experimentales de adsorción

Para obtener una isoterma de adsorción de un solo componente es necesario poner en contacto la solución, que contiene al componente iónico, con el adsorbente en polvo o en gránulos durante un tiempo determinado. Durante todo el proceso de adsorción hay que mantener constante el pH de la solución y la temperatura. El tiempo óptimo del proceso de adsorción se determina a través de la cinética de adsorción, el cual se alcanza cuando en la curva cinética ya no se observa la variación de la concentración en el tiempo. (Villanueva Huerta , 2006, pág. 36)

6.9.1. Modelos matemáticos teóricos de adsorción

Para el procesamiento de los datos experimentales obtenidos en las condiciones de equilibrio, y el análisis de los procesos de adsorción, los datos de equilibrio se

expresan normalmente como isothermas de adsorción, lo que permite enlazar de manera ordenada la cantidad de un definido elemento adsorbido en un período a la cual llamaremos origen de la fase.

Los datos experimentales obtenidos con diferentes modelos de isothermas existentes, facultan el grado de purificación que se puede alcanzar, claro que esto depende de la cantidad del absorbente, y a la concentración del producto. En la Tabla 4 se registran los principales modelos de isothermas estudiados en los procesos de biosorción de metales pesados usando biomasa agrícola residual como material adsorbente.

Tabla 4.

Ecuaciones matemáticas para determinar el grado de adsorción

Isothermas	Ecuación	Parámetros
Isoterma de Freundlich	$q = kC_{eq}^{\left(\frac{1}{n}\right)}$	kC es el indicador de la capacidad de adsorción, n es la intensidad de adsorción, e_q es la concentración del metal.
Isoterma de Langmuir	$q = q_{\max} \frac{bC_{eq}}{1+bC_{eq}}$	q_{\max} es la cantidad máxima metal /peso de biomasa, b es la afinidad de los sitios de unión, C_e es la concentración del metal

Fuente: (Tejada Tovar, Villabona Ortiz, & Garcés Jaraba, 2015); (Gautam, Mudhoo, Lofrano, & Chattopadhyaya, Mar. 2014)- (Miretzky & Cirelli, Aug. 2010)
Elaborado por: Viteri Francisco, 2020

6.10. Biosorción

“La biosorción es un proceso espontáneo que consiste en el aumento de la concentración de las moléculas e iones en la superficie de sólidos o líquidos debido a la existencia de fuerzas no compensadas en la superficie de éstos” (Muñoz Carpio, J. C.; Tapia Huanambal, N. J., 2007, pág. 8).

El hallazgo y avance en investigaciones de biosorción son un soporte para una nueva tecnología global impulsada a la remoción de metales pesados en soluciones diluidas, cuyo rango oscila de 1 a 1000 mg/L.

Por esta razón, es una probabilidad lograr recuperar algunos de esos metales. (Muñoz Carpio, J. C.; Tapia Huanambal, N. J., 2007, pág. 9)

6.11. Biomasa agrícola

6.11.1. Definición

Agricultura orgánica de la FAO (2009) menciona a la biomasa agrícola como; materia biológica no fósil, de origen vegetal o animal, tanto viva como muerta, encontrada por encima o por debajo de la vegetación rasante, que incluye los productos y subproductos desechables agrícolas, el estiércol, la fauna edáfica y la biomasa microbiana.

6.11.2. Biomasa agrícola residual utilizada en el proceso de biosorción

- Corteza del árbol del pirul (2010)
- Cáscara de tamarindo, Cáscara de plátano (*Musa paradisiaca*), Cáscara de limón (*Cítricos limonum*, Cáscara de naranja (*Cítricos sinensis*) (2012)
- Hoja de maíz (2016)
- Cáscara de maní (2002)
- Desechos de tallo de uva (2004)

6.12. Biosorbentes

Los biosorbentes son materiales derivados de microorganismos, bacterias, hongos, algas marinas, plantas o algunos polímeros naturales. Estos biosorbentes para ser aplicados necesitan ser pretratados químicamente para tener una mejor capacidad de adsorción en los procesos de aplicación como remoción de metales pesados o recuperación de especies metálicas en solución. (Tapia, N., 2002)

En definitiva, los biosorbentes son capaces de adsorber especies iónicas de metales pesados en soluciones acuosas, esta peculiaridad es utilizada en la biorremediación y recuperación de efluentes industriales contaminados con presencia de metales pesados.

6.13. Las pectinas

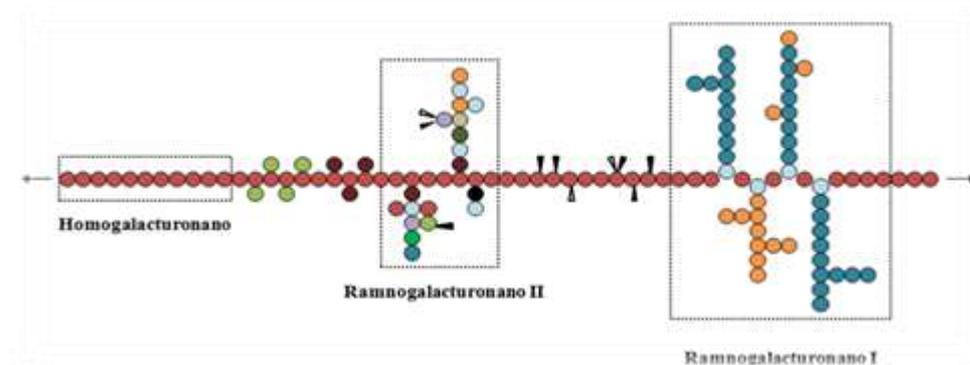
“La pectina es una amplia mezcla de sustancias pépticas cuyo principal componente es el ácido poligalacturónico y están involucradas en la textura y maduración de los frutos, en el crecimiento e interacciones entre la planta huésped y sus patógenos” (Sánchez Aldana Villaruel, 2011); (Rangel Rodríguez, 2014).

6.13.1. Estructura de la pectina

“Están compuestas por distintos elementos estructurales donde homogalacturonano (HG) y ramnogalacturonano I (RGI) constituyen la columna vertebral de la pectina junto con algunos azúcares frecuentes, mientras que el ramnogalacturonano II (RGII) representa complejas cadenas laterales unidas a HG” (Caffall & Mohnen, 2009).

Figura 1.

Estructura básica de la pectina



Fuente: Modificada de (Willats, Knox, & Mikkelsen, 2006)

6.13.2. Pectina como biosorbente

FAO (2009) menciona que, en procesos donde se extraen Jugo de naranjas y otros cítricos se dejan las cáscaras como productos de desecho, estos residuos son serios contaminantes del medio ambiente sin embargo se ha encontrado aplicación para el tratamiento de estos desechos.

6.14. Técnica de Biosorción a través de biomasa residual

“La fuente para estos materiales puede encontrarse en desechos de agricultura, procesos de fermentación o uso de algas marinas. Los costos de estos productos pueden aumentar dependiendo al procedimiento de preparación, pero aun así a ese detalle es relativamente bajo” (Muñoz Carpio, J. C.; Tapia Huanambal, N. J., 2007, pág. 10).

En esta técnica la biomasa separa los metales del efluente industrial contaminado; luego por filtración sólido/líquido, se divide la descarga descontaminada y la biomasa cargada con el contaminante, de esta manera se puede recuperar el metal y ser usada nuevamente en el

proceso de biosorción. (Muñoz Carpio, J. C.; Tapia Huanambal, N. J., 2007, pág. 10)

6.15. Cinética de biosorción

“Se han postulado las siguientes etapas en el mecanismo de la cinética de biosorción” (Seki, H.; Susuki, A., 2002):

- a) Desplazamiento de los iones metálicos desde la solución hasta la capa exterior alrededor de la partícula.
- b) Difusión externa: Desplazamiento desde la capa exterior hasta la superficie del adsorbente.
- c) Difusión Intraparticular: Cuando el soluto se desplaza desde la superficie externa hasta el sitio de adsorción al interior de la partícula. Puede ser difusión Intraparticular de poro o difusión homogénea de superficie.
- d) Adsorción sobre los sitios activos por acomplejamiento, interacción iónica o precipitación.

6.16. Factores que afectan el proceso de biosorción (Mendoza, L; Molina, N, 2015)

- Peso de biosorbente.
- El pH de la solución.
- Concentración de metales en solución.
- Aniones o cationes presentes en la solución.
- Velocidad de agitación.
- Temperatura de la solución.

6.17. BIOSORCIÓN Y SUS POSIBILIDADES DE APLICACIÓN

6.17.1. Industrial

Entre las ventajas que presenta la biosorción, en comparación con las técnicas convencionales se tiene: bajo costo, alta eficiencia, minimización de productos químicos y lodos biológicos, no se requieren nutrientes adicionales, regeneración de los biosorbentes, y posibilidad de recuperación de metales. Sin embargo, a pesar de las ventajas que presenta este método de remoción de metales pesados, se encuentra aún en su etapa de investigación y no se le ha transferido conocimiento tecnológico, por esta razón en la actualidad no ha sido

implementado a nivel industrial. (Das, “Recovery of precious metals through biosorption - A review”, 2010); (Ramírez Franco, Martínez Ávila, & Fernández Ospina, 2013)

6.17.2. Medio Ambiente

El interés en procesos de descontaminación se debe a que los metales pesados son considerados perjudiciales para el medio ambiente. Los valores límite para las emisiones de metales se van reduciendo de forma constante según la Organización Mundial de la Salud (OMS). (Muñoz Carpio, J. C.; Tapia Huanambal, N. J., 2007, pág. 17)

De esa manera la biosorción surge como una técnica eficiente para la remoción de metales pesados. Conviene subrayar que esta tecnología está exclusivamente dirigida a pequeñas y medianas industrias que en su mayoría no disponen de los recursos económicos necesarios para mano de obra, infraestructura o la tecnología para implementar métodos convencionales.

7. PREGUNTA CIENTÍFICA

¿Se puede verificar mediante el análisis de la información científica la capacidad de biosorción de metales pesados con la utilización de biomasa agrícola residual en remediación de aguas contaminadas?

Hay estudios realizados, para los que el análisis concerniente a la utilización de biomasa agrícola residual no es un problema determinar la capacidad de biosorción de metales pesados, pero en algunos casos el libre acceso a la información puede ser un obstáculo que influye a desfavorecer sus investigaciones. Pero al mismo tiempo se debe marcar que este tipo de trabajos se han convertido en iniciativas positivas para remediar aguas contaminadas con presencia de metales pesados, referente a la metodología utilizada en las veintisiete investigaciones analizadas, se debe destacar, que, la discrepancia entre el investigador hacia los autores es mínima, es decir sus pruebas experimentales han sustentado y alimentado de criterios notables para la realización de este proyecto investigativo, las cuales se ven reflejadas en conclusiones como la propuesta de desarrollar investigaciones descriptivas sobre esta temática y por último se debe hacer una consideración sobre el carácter positivo que engloba a esta temática respecto al verificar mediante el análisis de la información científica la capacidad de biosorción de metales pesados

con la utilización de biomasa agrícola residual. Si bien es cierto el uso de biomasa agrícola residual como alternativa de remediación de aguas contaminadas con presencia de metales pesados requiere de un desarrollo experimental para ofrecer resultados notables, por el contrario, en este análisis no experimental la investigación descriptiva permite al investigador coincidir con los autores que el uso de biomasa agrícola residual, contribuye a la descontaminación de metales pesados presentes en aguas residuales.

8. METODOLOGÍAS

8.1. Técnicas

8.1.1. Investigación descriptiva

Este tipo de investigación se ha establecido con la finalidad de conocer el estado actual e importancia de la biomasa agrícola residual para remediar aguas contaminadas con presencia de metales pesados.

8.1.2. Investigación Bibliográfica

Este análisis se realizó para profundizar los conocimientos sobre el tema, apoyado por fuentes bibliográficas y el enfoque amplio con criterios técnicos, conceptualizaciones, conclusiones y recomendaciones apropiadas, facilitando la identificación del problema de estudio y estableciendo conocimientos necesarios para la ejecución del presente estudio.

8.2. Método(s)

8.2.1. Método Inductivo

Este se caracterizó por generalizar las ideas cuya evidencia apoyó la influencia de la biomasa agrícola residual en la biosorción de metales pesados para remediar aguas contaminadas.

8.3. Instrumentos

Para la recopilación de información sobre el tema a tratar, como instrumento se utilizaron portales web de bases de datos científicos y repositorios institucionales del país.

8.4. Metodología aplicada en la investigación

La investigación abordada es de tipo no experimental, debido a que se realizó sin considerar variables dependientes, se analizó la información científica del uso de biomasa agrícola residual con potencial remediador de aguas contaminadas

mediante la biosorción de metales pesados en el periodo 2009-2020. A fin de cumplir cada una de las actividades relacionadas con el logro de los objetivos se realizó un análisis exhaustivo de la información de acuerdo al rigor científico que cuentan este tipo de estudios durante los últimos 11 años establecidos de publicación y de esta manera brindar soporte científico en la investigación abordada.

8.4.1. Unidad de estudio

El número establecido fue de 27 bases científicas clasificados según el año de publicación, portal web al que fueron indexados y revista científica a la que representan cada uno de estos estudios, por lo que esto ayudo a sistematizar y jerarquizar la información obtenida.

A través de una lista de control se argumentó la autenticidad expuesta en las investigaciones realizadas mediante la utilización de biomasa agrícola residual, para remover metales pesados presentes en los cuerpos hídricos, esto mayoritariamente surgió de los criterios por parte de los entendidos al tema que forman el grupo de trabajo, esto quiere decir, que en esta investigación los elementos de estudio no fueron seleccionados de manera casual y mediante esta observación se evidenció si los resultados de las investigaciones fueron positivos o negativos, es decir, a pesar del paso de los años este tipo de investigaciones han ido produciendo cambios positivos en investigaciones relacionadas al uso de biomasa agrícola utilizada para remediar aguas contaminadas por metales pesados.

Las veintisiete fuentes bibliográficas seleccionadas fueron sistematizadas y divididas en dos rangos significativos, en el primer rango se ubicaron veinte artículos científicos de impacto regional, mientras que en el segundo rango siete tesis de educación superior del Ecuador. Además, se realizó de manera hábil cinco preguntas de acuerdo al rol que desempeña la biomasa agrícola residual para remover metales pesados en aguas contaminadas; donde se identificó la biomasa agrícola residual sobresaliente de los estudios realizados en el lapso del tiempo estimado y de esta manera tener una información de alta relevancia científica.

Para el cumplimiento del último objetivo se redactó el estado actual de la información reciente de las investigaciones recopiladas, debido a que, durante la última

década, estos estudios se están convirtiendo en una de las tecnologías medioambientales más interesantes y estudiadas para la remoción de metales pesados en aguas contaminadas.

9. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

9.1. Lista de control

La presente investigación busca comprender y sistematizar los criterios planteados durante la recopilación de información sobre esta temática, para lo cual el investigador hizo uso de una lista de control. A fin de evidenciar los resultados positivos y/o negativos encontrados en los estudios de biosorción de metales pesados empleando biomasa agrícola residual.

Tabla 5.

Lista de control

N ^o	Artículos científicos de impacto regional	Año de publicación	Nombre de la revista	Portal web subido	Observaciones encontradas
1	Biosorción de arsénico en materiales derivados de maracuyá.	2009	Revista Internacional de Contaminación Ambiental	Redalyc	No
2	Evaluación del proceso de biosorción con cáscaras de naranja para la eliminación del colorante comercial Lanazol Navy CE en aguas residuales de la industria textil.	2009	Ingeniería Revista Académica	Redalyc	No
3	Biosorción de Cr (VI) por cáscara de limón (<i>Citrus Limonium</i>), modificada	2009	Rev. Per. Quím. Ing. Química	Redalyc	No
4	Remoción de cromo hexavalente y	2010	Revista CENIC-Ciencias Químicas	Scielo	No

	cromo total por la corteza de (<i>Pyrus Communis</i>).				
5	"Remoción de Cromo (VI) en Solución Acuosa por la Biomasa de la Cáscara de Tamarindo (<i>Tamarindus indica</i>)."	2010	Revista de La Sociedad Mexicana de Biotecnología Y Bioingeniería	Scielo	No
6	Aplicación de la cáscara de la nuez pecanera (<i>Carya illinoensis</i>) en la remoción de cromo, a partir de soluciones acuosas.	2011	Revista Cubana de Química	Scielo	No
7	Evaluación de la biosorción de cobre con cáscara de almendra.	2011	Revista de Química Teórica y Aplicable.	Dialnet	Los datos obtenidos, no detallaban ningún realce a la investigación, por lo que considero: No es muy acertado utilizar este tipo de biomasa.
8	Bioadsorción de cromo (vi) por la cáscara de mamey.	2012	Revista Avances en Ciencias e Ingeniería.	Redalyc	No
9	Evaluación del poder biosorbente de cáscara de naranja para la eliminación de metales pesados, Pb (II) y Zn (II).	2013	Ingeniería Revista Académica	Redalyc	No
10	Adsorción de Cr (VI) por <i>Cocos</i>	2014	Revista Colombiana de Biotecnología	Redalyc	No

	<i>nucífera L.</i> en residuales de Fibrocemento en Santiago de Cuba				
11	Estudio de modificación química y física de biomasa (<i>Citrus sinensis</i> y <i>Musa paradisiaca</i>) para la adsorción de metales pesados en solución.	2014	Revista Luna Azul	Redalyc	No detalla el % total de remoción
12	Remoción de Hierro y Plomo en aguas residuales por bioadsorción de la cáscara de naranja agria.	2016	Revista sobre Estudios o Investigaciones del Saber Académico.	Redalyc	No
13	Estudio de la biosorción de plomo divalente de soluciones acuosas usando biomasa modificada de marlo de maíz (<i>Zea mays</i>)	2016	Revista de la Sociedad Química del Perú	Scielo	No
14	Evaluación del proceso de biosorción del colorante rodamina contenidas en las aguas residuales de la Cooperativa Textil Manufacturas del Centro Ltda. con	2017	Revista Prospectiva Universitaria del Perú	ResearchGate	No

	cáscara de naranja modificada				
15	Determinación de la factibilidad del uso de la tuna (<i>Opuntia ficus-indica</i>) como material biosorbente para la retención de cromo hexavalente (Cr+6)	2017	Revista de Energía Química y Física de México	ResearchGate	No
16	Evaluación de la capacidad de adsorción de Mn^{2+} por biomasa residual de caña de azúcar (<i>Saccharum officinarum</i>).	2019	Revista Cubana de Química	Redalyc	No
17	Uso de residuos de café como biosorbente para la remoción de metales pesados en aguas residuales	2020	Revista de INGENIERÍAS USBMed	ResearchGate	No
18	Remoción de cromo hexavalente de soluciones acuosas por la corteza del duraznero: modelado del proceso cinético de biosorción de cromo.	2020	Congreso Nacional de Biotecnología y Bioingeniería	ResearchGate	No

19	Biosorción de arsénico con biomasas derivadas de las cáscaras de banano, arroz y coco en aguas excedentes de plantas de beneficio.	2017	Centro de Estudios Ambientales, CEA	ResearchGate	No
20	Biosorción de Cd (II) y Pb (II) en columna de lecho fijo con cáscara de cacao.	2018	Centro de Estudios Ambientales, CEA	Scielo	No
N°	Tesis institucionales del Ecuador	Año de publicación	Nombre de la revista	Portal web subido	Observaciones encontradas
21	Cinética de bioadsorción de arsénico utilizando cáscara de banano maduro en polvo	2014	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA	Repositorio Institucional	No
22	Determinación del nivel de filtración que tiene la cáscara de plátano, para reducir metales pesados presentes en agua residual en la empresa weatherford, cantón francisco de orellana, provincia de orellana, periodo 2014.	2014	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI	Repositorio Institucional	No
23	Biosorción en tanque agitado de Cd^{+2} y Pb^{+2} con	2016	UNIVERSIDAD DE CUENCA	Repositorio Institucional	No

	cáscara de cacao”				
24	Evaluación del poder biosorbente de las cáscaras de cítricos (Limón y Toronja) para eliminación de metales pesados; Plomo (Pb) y Mercurio (Hg) en aguas residuales sintéticas.	2016	UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL	Repositorio Institucional	No
25	Bioadsorción de iones de plomo y cromo procedentes de aguas residuales utilizando la cáscara del tomate de árbol (<i>Solanum Betaceum</i>)	2017	UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA-SEDE CUENCA	Repositorio Institucional	No
26	Bioadsorción de iones de plomo y cromo procedentes de aguas residuales utilizando la cáscara de la mandarina (<i>Citrus reticulata</i> var. <i>Clementina</i>)	2017	UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA-SEDE CUENCA	Repositorio Institucional	No
27	Remoción de plomo en aguas residuales procedentes de actividades mineras mediante la utilización de	2018	UNIVERSIDAD DE LAS AMÉRICAS (UDLA)	Repositorio Institucional	No

cáscara de cacao.

Elaborado por: Viteri Francisco, 2020

Esta lista de control permitió establecer observaciones a todas aquellas investigaciones desarrolladas en los años 2009-2020, mínimas han sido las observaciones encontradas en la efectividad de la biomasa agrícola, por lo que es preciso resaltar la eficacia con la que cuenta la biomasa agrícola residual para remover metales pesados en los estudios realizados de biosorción, en este contexto se puede aludir como las investigaciones han ido empleando biomasas agrícolas de: maracuyá, naranja, lima, limón, mandarina, maíz, tamarindo, toronja, café, cacao, zapote, entre otras para obtener porcentajes de remoción apropiados y así dar mayor realce a su investigación.

9.2. Base de datos

La información obtenida se dividió en dos rangos, constituyéndose de la siguiente manera: rango uno son todos aquellos artículos científicos indexados en revistas de impacto regional tales como: Revista Internacional de Contaminación Ambiental, Ingeniería Revista Académica, Revista Colombiana de Biotecnología, Revista Luna Azul, entre otras y para el rango dos se ubicaron tesis de educación superior del Ecuador.

Tabla 6.

Base de datos rango 1

Año	Título	Autores	Link	Idioma
2009	Biosorción de arsénico en materiales derivados de maracuyá.	ILINÁ, MARTÍNEZ-HERNÁNDEZ, SEGURA-CENICEROS, VILLARREAL-SÁNCHEZ, & GREGORIO-JÁUREGUI	http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=37012013001	Español
	Evaluación del proceso de biosorción con cáscaras de naranja para la eliminación del colorante	Vargas Rodríguez, M.; Cabañas Vargas, D.; Gamboa Marrufo, M.; Domínguez Benetton, X..	https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46712187005	Español

	comercial Lanasol Navy CE en aguas residuales de la industria textil.			
	Biosorción de Cr (VI) por cáscara de limón (<i>Citrus Limonium</i>), modificada	Armijo, Javier; Rivera, Dolores; Mallma, Gliseth	https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/quim/article/view/4963/4028	Español
	Remoción de cromo hexavalente y cromo total por la corteza de (<i>Pyrus Communis</i>).	Netzahuatl-Muñoz, Pineda-Camacho, Barragán-Huerta, & Cristiani-Urbina	https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181620500026	Español
2 0 1 0	"Remoción de Cromo (VI) en Solución Acuosa por la Biomasa de la Cáscara de Tamarindo (<i>Tamarindus indica</i>).	Acosta, López, & Coronado	http://www.smbb.com.mx/revista/Revista_2010_3/GALERAS_ART_53FINAL.pdf	Español
	Aplicación de la cáscara de la nuez pecanera (<i>Carya illinoensis</i>) en la remoción de cromo, a partir de soluciones acuosas.	Pineda-Camacho, Netzahuatl-Muñoz, & Cristiani-Urbina	https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=4435/443543723007	Español
2 0 1 1	Evaluación de la biosorción de cobre con cáscara de almendra.	Calero, Hernáinz, Blázquez, Dionisio, & Martín-Lara	https://www.raco.cat/index.php/afinidad/article/view/268107/355688	Español
2 0 1 2	Bioadsorción de cromo (VI) por la cáscara de mamey.	Acosta, Ismael; Sandoval, Patricia; Bautista, Diana; Hernández, Nathalie; Cárdenas, Juan F.; Martínez, Víctor M.	https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=3236/323627686001	Español

2013	Evaluación del poder biosorbente de cáscara de naranja para la eliminación de metales pesados, Pb (II) y Zn (II).	Cardona Gutiérrez, Anahí Fernanda; Cabañas Vargas, Dulce Diana; Zepeda Pedreguera, Alejandro	https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=467/46729718001	Español
2014	Adsorción de Cr (VI) por <i>Cocos nucifera L.</i> en residuales de Fibrocemento en Santiago de Cuba.	Pérez Silva, Rosa María; Calzado Lamela, Orlandes; Cascaret Carmenaty, Dannis Adrián; Tur Naranjo, Enieyis	http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=77631180001	Español
2014	Estudio de modificación química y física de biomasa (<i>Citrus sinensis</i> y <i>Musa paradisiaca</i>) para la adsorción de metales pesados en solución.	Tejeda Benítez, Lesly; Tejeda Tovar, Candelaria; Marimón Bolívar, Wilfredo; Villabona Ortiz, Ángel	https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=3217/3217321732142008	Español
2016	Remoción de Hierro y Plomo en aguas residuales por bioadsorción de la cáscara de naranja agria.	Samaniego Leon, Julie Elizabeth; Arzamendia, Adriano R.; Ayala, María José	http://www.publicaciones.uni.edu.py/index.php/esa/article/viewFile/116/91	Español
2016	Estudio de la biosorción de plomo divalente de soluciones acuosas usando biomasa modificada de marlo de maíz (<i>Zea mays</i>).	Lavado Meza, Carmencita; Oré Jiménez, Franklin	http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2016000400003&lng=es&tlng=es	Español
	Evaluación del proceso de biosorción del colorante rodamina contenida en las aguas residuales de la Cooperativa Textil Manufacturas del Centro Ltda. con	Merino, Arturo	https://www.researchgate.net/publication/320750215_Evaluacion_del_proceso_de_biosorcion_de_l_colorante_rodamina_contenida_en_las_aguas_residuales_de_la_Cooperativa_Textil_Manufacturas_del_Centro_Ltda_con_cascara_de_naranja_modificada	Español

2017	cáscara de naranja modificada. Determinación de la factibilidad del uso de Opuntia ficus-indica como material biosorbente para la retención de cromo hexavalente (Cr+6).	López, Erick; Maldonado, Sandro	https://www.researchgate.net/publication/339313382_Determinacion_de_la_factibilidad_del_uso_de_Opuntia_ficus-indica_como_material_biosorbente_para_la_retencion_de_cromo_hexavalante_Cr_6	Español
	Biosorción de arsénico con biomasas derivadas de las cáscaras de banano, arroz y coco en aguas excedentes de plantas de beneficio.	Maza Maza, Sanchez, & Carmona	https://www.researchgate.net/publication/336839434_Biosorcion_de_arsenico_con_biomasas_derivadas_de_las_cascaras_de_banano_arroz_y_coco_en_aguas_excedentes_de plantas_de_beneficio	Español
2018	Biosorción de Cd (II) y Pb (II) en columna de lecho fijo con cáscara de cacao.	Vera, L.; Bermejo, D.; Uguña, M. F.; García, N.; Flores, M.; Brazales, D.	https://www.raco.cat/index.php/afinidad/article/view/335958/426750?fbclid=IwAR1Kwk9mDcR6szHmMlhxzoGIwdVw6iw55jAERKK441WAgW8_W6Y1ACDxDs	Español
2019	Evaluación de la capacidad de adsorción de MN2+ por biomasa residual de caña de azúcar (<i>Saccharum officinarum</i>).	Rodríguez Matos, Josefina; Cascaret Carmenaty, Dannis Adrian; Ricardo Lobaina, Carlos Alfredo; Pérez Silva, Rosa María; La Rosa Isacc, Katherine	http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=443559859005	Español
	Uso de residuos de café como biosorbente para la remoción de metales pesados en aguas residuales.	Florez, Elizabeth; Marulanda, Luisa	https://www.researchgate.net/publication/343734258_Uso_de_residuos_de_cafe_como_biosorbente_para_la_remocion_de_metales_pesados_en_aguas_residuales	Español

2020	Remoción de cromo hexavalente de soluciones acuosas por la corteza del duraznero: modelado del proceso cinético de biosorción de cromo.	Aranda, Erick; García, Alma; Netzahuatl-Muñoz; Muñoz, Alma; Flores-Garnica, Jonathan; Cristiani-Urbina, Eliseo	https://www.researchgate.net/publication/267807804_REMOCION_DE_CROMO_HEXAVALENTE_DE_SOLUCIONES_ACUOSAS_POR_LA_CORTEZA_DEL_DURAZNERO_MODELADO_DEL_PROCESO_CINETICO_DE_BIOSORCION_DE_CROMO	Español
------	---	--	---	---------

Elaborado por: Viteri Francisco, 2020

Tabla 7.

Base de datos rango 2

Año	Título	Autor	Link	Idioma
	Cinética de bioadsorción de arsénico utilizando cáscara de banano maduro en polvo	Rios, E.	http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/1579/7/CD00006-TESES.pdf	Español
2014	Determinación del nivel de filtración que tiene la cáscara de plátano, para reducir metales pesados presentes en agua residual en la empresa weatherford, cantón francisco de orellana, provincia de orellana, periodo 2014.	Palacios Redrobán, Adrian Alexander	http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/2715/1/T-UTC-00253.pdf	Español
2016	BIOSORCIÓN EN TANQUE AGITADO DE Cd^{+2} y Pb^{+2} CON CÁSCARA DE CACAO	Sánchez Salamea, N. A.	http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/25242/3/Tesis.pdf	Español
	Evaluación del poder biosorbente de	Marshall Sánchez, Richard Enrique;	http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/18100/1/401-1208%20-	Español

	las cáscaras de cítricos (Limón y Toronja) para eliminación de metales pesados; Plomo (Pb) y Mercurio (Hg) en aguas residuales sintéticas.	Espinoza Subía, Joao Fabricio	%20Evaluación%20del%20poder%20biosorbente%20de%20las%20cáscaras%20de%20cítricos.pdf	
2017	“Bioadsorción de iones de plomo y cromo procedentes de aguas residuales utilizando la cáscara del tomate de árbol (<i>solanum betaceum</i>)”	Cabrera Andrade, L. F.	https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/14460/1/UPS-CT007124.pdf	Español
2017	Bioadsorción de iones de plomo y cromo procedentes de aguas residuales utilizando la cáscara de la mandarina (<i>citrus reticulata</i> var. <i>Clementina</i>)	Verdugo Vergara, José Francisco	https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/14249/1/UPS-CT007003.pdf	Español
2018	Remoción de plomo en aguas residuales procedentes de actividades mineras mediante la utilización de cáscara de cacao.	Moya Castillo, Karla Estefanía	http://dspace.udla.edu.ec/bitstream/33000/10001/1/UDLA-EC-TIAM-2018-28.pdf	Español

Elaborado por: Viteri Francisco, 2020

Un aspecto importante a señalar en cuanto a la sistematización de las veintisiete fuentes bibliográficas es que, se observó que en su mayoría los estudios realizados durante los periodos 2009-2020 son en idioma español, permitiendo entender con claridad el porcentaje de eficacia con la que cuenta la biomasa agrícola en absorber metales pesados.

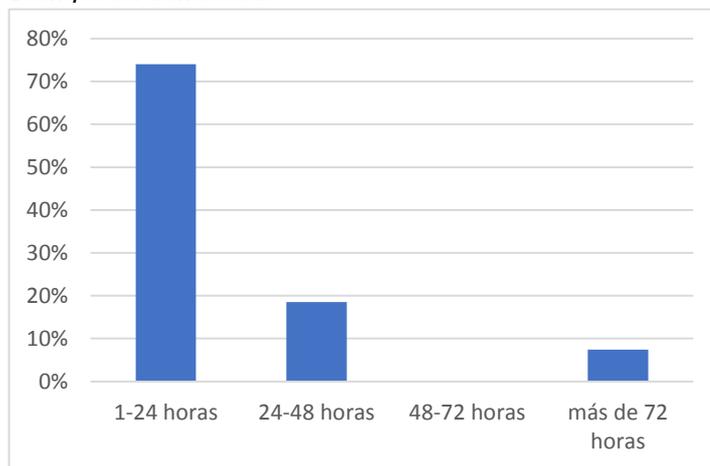
9.3. Gráficos estadísticos

Para la construcción de los gráficos estadísticos se tuvo en cuenta las veintisiete fuentes bibliográficas como tamaño total de la muestra. Así mismo se ingenió de manera hábil cinco preguntas en base a la eficiencia que desempeñan cada una de las biomazas agrícolas utilizadas para absorber metales pesados en los estudios recopilados, posteriormente fueron representados en pasteles y de esta manera se identificó la biomasa agrícola residual sobresaliente de los estudios realizados en el lapso del tiempo estimado.

1) ¿Cuánto tiempo le toma a la biomasa agrícola residual en absorber metales pesados en aguas contaminadas?

Gráfica 1

Tiempo de remoción



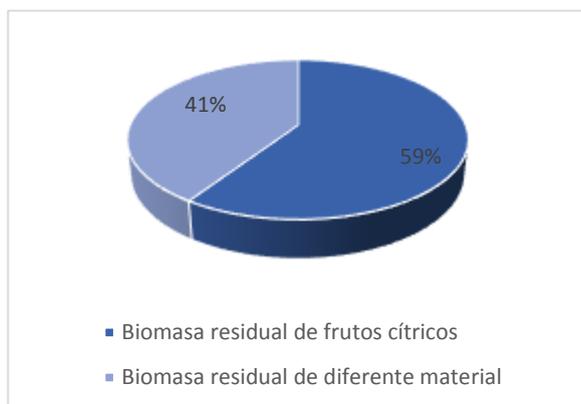
Elaborado por: Viteri Francisco, 2020

De acuerdo a los veintisiete estudios analizados el 74% representa un tiempo de 1-24 horas que le toma a la biomasa agrícola residual para absorber iones metálicos, así también el 19% describe que dura de 24-48 horas, mientras que el 7% enuncia más de 72 horas que se demora la biomasa agrícola residual en remover metales pesados. En otras palabras, el factor tiempo cumple un rol importante en el proceso de biosorción de metales pesados.

2) ¿Qué grado de efectividad cuentan las distintas biomazas agrícolas residuales utilizadas en los estudios recopilados de biosorción de metales pesados?

Gráfica 2

Nivel de biosorción



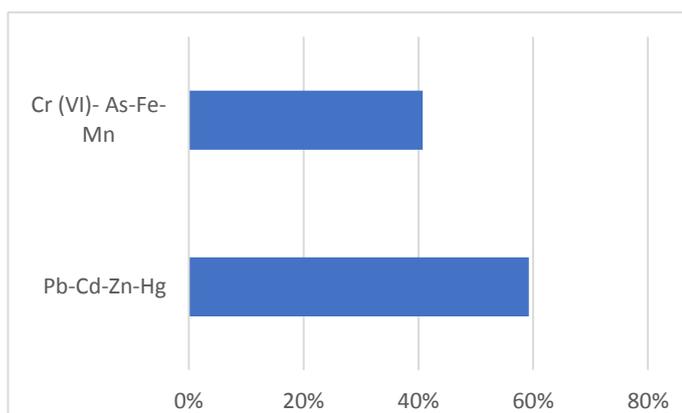
Elaborado por: Viteri Francisco, 2020

Referente a la biomasa agrícola residual analizada el 59% de efectividad cataloga a la biomasa residual proveniente de frutos cítricos y el 41% expresa eficacia en biomasa residual de diferente material. Vale la pena mencionar que en todos los estudios analizados el uso de biomasa agrícola residual presentó resultados positivos al remover metales pesados.

3) ¿Qué tipo de metales pesados remueven las diferentes biomosas agrícolas residuales utilizadas en los estudios recopilados de biosorción de metales pesados?

Gráfica 3

Tipo de metales pesados removidos



Elaborado por: Viteri Francisco, 2020

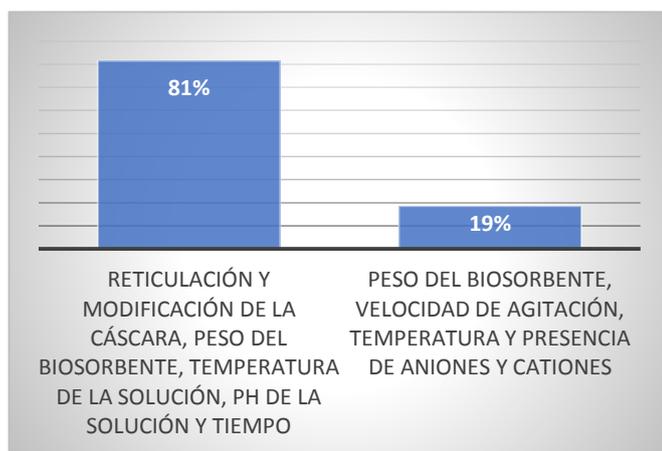
De acuerdo al análisis bibliográfico el 59% reconoce a que un tipo de biomasa agrícola residual (cítrica) remueven Plomo, Cadmio, Zinc y Mercurio mientras que

el 41% de biomasa agrícola residual (de diferente material) logra remover Cromo (VI) y Arsénico, Hierro y Manganeseo.

4) ¿Qué parámetros utilizan los autores en el proceso de biosorción para remover metales pesados?

Gráfica 4

Parámetros del proceso de biosorción



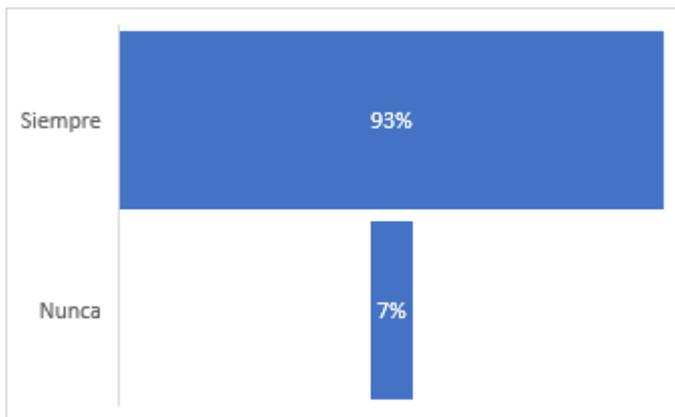
Elaborado por: Viteri Francisco, 2020

Referente a los parámetros que influyen en el proceso de biosorción extraída de los criterios bibliográficos el 81% menciona que la reticulación y modificación de la cáscara, peso del biosorbente, temperatura de la solución, pH de la solución y tiempo son parámetros efectivos para el proceso de biosorción, y solo el 19% expresa que también existe eficiencia al realizar estudios con el peso del biosorbente, velocidad de agitación, temperatura y presencia de aniones y cationes.

5) ¿Se puede verificar mediante el análisis de la información científica la capacidad de biosorción de metales pesados con la utilización de biomasa agrícola residual en remediación de aguas contaminadas?

Gráfica 5

Análisis bibliográfico



Elaborado por: Viteri Francisco, 2020

Se ha catalogado a siempre con el 93% de tolerancia al asegurar de que si se puede verificar mediante el análisis de la información científica la capacidad de biosorción que cuentan las cáscaras frutales para remediar aguas contaminadas por presencia de metales pesados, mientras que el 7% nunca va a lograr demostrar la capacidad de biosorción con el análisis de la información científica, debido a la limitación al acceso de información que en su mayoría el investigador atraviesa para acumular la suficiente bibliografía.

9.4.Estado actual de la información

La biosorción durante la última década, se ha transfigurado en una de las tecnologías medioambientales más interesantes y estudiadas para la remoción de metales pesados en aguas residuales requeridos a las diversas capacidades anteriormente citadas. Para ello, el estado actual de la información ha sido descrita de acuerdo a los resultados más relevantes extraídos en los estudios recopilados.

Iliná, Martínez-Hernández, Segura-Ceniceros, Villarreal-Sánchez, & Gregorio-Jáuregui. (2009) estudiaron la biosorción de arsénico en materiales derivados de la cáscara de maracuyá, la cual demostró el 99% de remoción cuando la concentración de arsénico es menor a 5 ppm, contrariamente a la capacidad de biosorción del arsénico en los materiales potenciados con Fe (III) fue del 60% al 89 % de remoción.

Vargas Rodríguez, Cabañas Vargas, Gamboa Marrufo, & Domínguez Benetton. (2009) evaluaron el impacto que ocasiona el uso de diferentes tamaños de partícula, así como también los tiempos de contacto y concentración de la cáscara de naranja. De esta manera la mayor remoción de colorante se obtuvo con partículas

de 1 mm de diámetro, durante la primera hora de contacto y finalmente observaron también que la relación entre las cantidades de biosorbente y de la concentración de colorante removido fue de comportamiento lineal.

Armijo, Rivera, & Mallma. (2009) realizaron ensayos de biosorción de cromo (VI) utilizando cáscara de limón modificada, inicialmente por un proceso de desmetoxilación con una solución de hidróxido de sodio a 0,2M y pH 10, para después ser sometida a un proceso de reticulación de la cáscara con una solución de bicloruro de calcio a 0,2M y pH 2, demostrando que los ensayos realizados pueden remover el 75% de cromo (VI) en soluciones acuosas de su concentración inicial en un tiempo de veinte minutos.

Netzahuatl-Muñoz, Pineda-Camacho, Barragán-Huerta, & Cristiani-Urbina. (2010) evaluaron la remoción de cromo (VI) y cromo total utilizando cáscara de nuez, presentando alta capacidad de remoción de cromo (VI) ($101.09 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$) y de cromo total ($72.13 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$). a las 120 h de entrar en contacto con el metal, esto quiere decir, que de acuerdo al modelo utilizado (Pseudo-segundo orden) el proceso de biosorción fue efectivo.

Acosta, López, & Coronado. (2010) experimentaron el volumen de biosorción de la cáscara de tamarindo para captar cromo (VI) en soluciones líquidas, inicialmente con una concentración de cromo de $50 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, lo cual significa que 1 g del biosorbente puede remover el 100 % del metal en un tiempo de 30 minutos, por último, lograron mantener el pH de 1,0 a una temperatura de 28 °C.

Pineda-Camacho, Netzahuatl-Muñoz, & Cristiani-Urbina. (2011) evaluaron la capacidad máxima de remoción de Cr (VI) y de cromo total, el estudio no estuvo muy claro, pero de acuerdo a mi punto de vista la cáscara de la nuez pecanera logró remover el 99,75 y 72,79 $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$, respectivamente, demostrando superioridad a otro tipo de biomasa frutales.

Calero, Hernáinz, Blázquez, Dionisio, & Martín-Lara. (2011) determinaron el potencial de la cáscara de almendra como biosorbente de cobre presente en soluciones acuosas, de los diferentes modelos matemáticos utilizados el más sobresaliente es el modelo de Langmuir al reproducir mejor los resultados experimentales, obteniendo una capacidad máxima de biosorción de cobre de $9,44 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$.

Acosta, y otros. (2012) calcularon la capacidad de remoción de cromo (VI) en una solución acuosa con la utilización de cáscara de mamey, para las concentraciones de Cr (VI) analizadas, la cáscara de mamey, revelaron buena capacidad de remoción; es decir (95 % de remoción, 7 días de incubación, 5 g de biomasa), por lo que puede utilizarse para eliminar iones metálicos presentes de aguas residuales industriales.

Cardona Gutiérrez, Cabañas Vargas, & Zepeda Pedreguera. (2013) evaluaron la capacidad de biosorción de Pb (II) y Zn (II) a través de cáscaras de naranja secas, en diferentes tratamientos, destacando el tratamiento de la reticulación de la cáscara de naranja, la cual permitió obtener el 99.5 % de remoción de Pb (II) con una capacidad de remoción de 9.39 mg. g⁻¹, de igual forma para el Zn fue del 99.5 % con una capacidad de remoción de 9.94 mg. g⁻¹, respectivamente un pH de 4.99.

Pérez Silva, Calzado Lamela, Cascaret Carmenaty, & Tur Naranjo (2014) estudiaron la adsorción de Cr (VI) utilizando la cáscara de coco como biomasa orgánica, alcanzando porcentajes de remoción de 96,85 % y 93,71 % con un pH de 3 y 7.

Tejeda Benítez, Tejada Tovar, Marimón Bolívar, & Villabona Ortiz. (2014) el estudio que ellos realizaron consistió en modificar la cáscara para obtener carbón activado y recubrirla con quitosano, a mi parecer debieron identificar un metal específico para estudiarlo, la adsorción descrita a iones de Cr (VI) sobre cáscara de naranja (*Citrus sinensis*) es la más favorable para este proceso con pH 3 y un tamaño de partícula como absorbente de 0,425 mm. Del estudio de cinética de adsorción comprobaron que tanto la cáscara de naranja como la de plátano cuenta con 2 centros activos de adsorción llamados: grupos hidroxilo y carbonilo, esto descrito mediante la correlación de Pseudo Segundo Orden.

Rios (2014) investigó la biosorción del arsénico por biomasa a base de cáscara de banano maduro en polvo variando el tamaño de partícula (0,400 mm y 841 µm), con una cantidad de biomasa (4, 8, 12 y 16 g/L) en soluciones de 50 ppm de arsénico. En consecuencia, los resultados manifestaron un porcentaje de biosorción del 95,5 % de arsénico con un pH de 6.9 y 5.4.

Redrobán. (2014) en su estudio obtuvo resultados positivos debido al proceso de deshidratación a la que fue sometida la cáscara de plátano con una temperatura de

60°C en autoclave, obteniendo de esta forma alrededor de 10g de cáscara pulverizada, lo que equivale a 5ml que sirven para descontaminar medio litro de agua. Cabe destacar que al utilizar una proporción de 10ml de cáscara pulverizada para filtrar un litro de agua contaminada con metales pesados, se logró la reducción del 70% en Bario, el 93.62% en Cadmio, el 90.99% en Plomo, el 93.82% en Níquel y el 65.52% de reducción de Vanadio.

Samaniego Leon, Arzamendia, & Ayala. (2016) investigaron la capacidad de bioadsorción de la cáscara de naranja agria para eliminar hierro y plomo presentes en aguas residuales, para efecto de la misma, se realizaron 4 experimentos diferentes para cada metal, de los 4 experimentos, el que sobresale para el hierro es el experimento 3 con un porcentaje de remoción del 89,65%, mientras tanto en el experimento 4 El mejor porcentaje de remoción de plomo fue 96,61%.

Sánchez Salamea. (2016) desarrolló una investigación indicando que la cáscara de cacao remueve el 86,92% y 96,74% de cadmio y plomo a una temperatura de 25 °C. El pH que existió entre estos dos iones metálicos fluctúa entre 4 y 5 para el plomo, 5 y 6 para el cadmio a 10 minutos de tiempo al estar en contacto. Por consiguiente la cáscara de cacao presenta una alta atracción por el cadmio, mientras que el plomo obtuvo una concentración máxima de biosorción de 39.52mg.g^{-1} a $31.94\text{mg.g}^{-1}\text{min}^{-1}$ para el cadmio y 6.85mg.g^{-1} a $2.29\text{mg.g}^{-1}\text{min}^{-1}$ para el plomo.

Marshall Sánchez & Espinoza Subía (2016) concluyó de manera acertada que el uso de cáscara de toronja, remueve el 93.54% de plomo y 98.80% de mercurio, mientras tanto para las cáscaras de limón, el mejor porcentaje de biosorción de plomo fue de 96.08% y 98.58% de mercurio.

Tal como lo expresan **Lavado Meza & Oré Jiménez. (2016)** estudiaron dos procesos tales como: la remoción de los iones de Pb (II) de soluciones acuosas utilizando la biomasa del marlo de maíz modificado químicamente con una solución 0,2 M de NaOH, mediante un sistema Batch, lograron incrementar la capacidad de adsorción en un 40% frente a su similar sin modificar (ZM), mientras que: el marlo de maíz modificado (MZM) se caracterizó por espectroscopía infrarroja con transformadas de Fourier (FTIR) determinándose la presencia de grupos funcionales como OH y grupos carboxílicos los cuales estarían favoreciendo el

proceso de biosorción, se determinó el área superficial siendo esta igual a 2,2 m² /g.

Verdugo Vergara (2017) los resultados obtenidos en este trabajo experimental, se determinaron en primeras instancias con un pH óptimo de 4,0 para el plomo y el cromo alcanzando el 71% y 54% respectivamente.

Cabrera Andrade. (2017) estableció que el proceso de biosorción a partir de la cáscara de tomate de árbol posee una mayor relación de afinidad por lo iones de plomo que los iones de cromo; sin embargo, se observa que para el cromo a 10 ppm la cáscara de tomate de árbol tuvo un porcentaje del 96% mientras que el plomo solo alcanzó un 70% exhortando que, con las características ideales, la cáscara de tomate de árbol posee un elevado porcentaje de bioadsorción de cromo.

Tal como lo expresa **Maza Maza, Sanchez, & Carmona. (2017)** en la investigación realizada comprobaron que la cáscara de arroz presenta un potencial para la remoción de iones (As), los valores de los iones (Pb, Fe y Zn) fueron bajos con relación a las biomásas de banano seco y coco, debido a que sus contenidos de proteínas y hemicelulosa poseen grupos negativamente cargados a pH levemente ácido (5.8-6.0). Estos grupos se consideran muy buenos para atraer los iones del metal a través de interacciones electrostáticas, este tipo de residuo agroindustrial se puede considerar como una opción para el tratamiento de las aguas que desemboca la actividad minera con contenido de iones de arsénico y plomo.

Merino. (2017) en su estudio demuestra que, el colorante fue removido eficientemente del agua colorida con la cascara de naranja modificada. La cascara de naranja resulta ser un biosorbente potencial para la remoción de este colorante de aguas residuales. El valor adecuado para la remoción resulto ser: tamaño de partícula ≤ 1 mm, tiempo de contacto 60 minutos y concentración de biosorbente 70 g/L.

López & Maldonado. (2017) de acuerdo a sus pruebas experimentales, demuestran una mayor reducción de Cr⁺⁶ en el tratamiento tres usando biomasa deshidratada. Esto indica que la biomasa de *Opuntia ficus-indica* puede usarse como material biosorbente para la remoción de Cr⁺⁶ y con bajo impacto ambiental ya que la especie utilizada es endémica y de fácil propagación.

Vera, y otros. (2018) estudiaron la biosorción de Pb (II) y Cd (II) en aguas sintéticas con cáscara de cacao en columnas de lecho fijo. De ahí que, los datos experimentales fueron ajustados a varios modelos matemáticos que describen la curva de ruptura para un componente y dos componentes de absorción. En síntesis, los porcentajes de remoción de plomo y cadmio en sistemas de 1 solo componente son 91% y 90% respectivamente y en sistemas de 2 componentes el porcentaje de remoción de plomo 88% y cadmio 90%.

Moya Castillo. (2018) realizó pruebas a partir de una columna de lecho fijo con un volumen de 608.05 cm² de biosorbente alcanzando un porcentaje de remoción del 98.47% en 45 min de saturación, constatando que la cáscara de cacao posee un elevado porcentaje de bioadsorción.

Rodríguez Matos, Cascaret Carmenaty, Ricardo Lobaina, Pérez Silva, & La Rosa. (2019) manifestaron que, se alcanzan los mayores niveles de % de adsorción de Mn²⁺ a valores de pH de 4,3 unidades, tiempo de contacto de 1 hora y masa de adsorbente de 0,5 g de adsorbente seco en 50 mL de disolución patrón de Mn²⁺. Este estudio muestra diferencias estadísticamente significativas en definir porcentajes de remoción de Mn²⁺ con la biomasa en su estado natural; ya que es capaz de remover el 5,31 % de Mn²⁺ en medios naturales y un 33,36 % al reticular la cáscara con hidróxido de sodio y el 58,42 % con ácido fosfórico.

Florez & Marulanda. (2020) en su trabajo de investigación literaria ha reportado eficiencias de remoción superiores al 90% por parte del uso de residuos de café, permitiendo de esta manera reducir las concentraciones a valores de baja toxicidad para el medio. Una ventaja del uso de estos residuos orgánicos es la posibilidad de adsorber, en este caso los metales pesados, para que luego estos residuos se puedan usar nuevamente prolongando así la vida útil del mismo.

Aranda, y otros. (2020) demostró que, la corteza del duraznero fue capaz de remover casi totalmente el Cr (VI) de la solución acuosa, a las 120 horas de entrar en contacto el biosorbente con el metal, reduciendo de esta manera el Cr (VI) a Cr (III).

La principal limitación de las investigaciones halladas sobre el uso de biomasa agrícola frutal durante la función de absorber metales pesados es que suele ser

compleja su interpretación. Es decir, a simple vista no se puede determinar el grado de biosorción y resulta difícil descifrar los resultados en laboratorio, por lo que discrepo con el autor (Tejeda Benítez, Tejeda Tovar, Marimón Bolívar, & Villabona Ortiz, 2014) en su estudio de modificación química y física de biomasa de naranja y plátano para adsorción de metales pesados, si bien es cierto el estudio profundiza las bases científicas, al hablar de adsorción de metales pesados no especificaron que metales pesados fueron absorbidos, por lo que en base a los criterios de las otras investigaciones y conocimientos adquiridos durante la recopilación y análisis de información, debieron identificar un metal específico para remover y así poder determinar un grado de absorción, pese a tener este punto de vista, estas biomásas estuvieron listas para actuar con el ión metálico y, por ello, los autores coinciden en que el uso de biomasa agrícola residual durante el proceso de biosorción realmente logran disminuir la existencia del metal pesado.

En resumen, hemos podido apreciar que el uso de biomasa agrícola residual ha producido cambios positivos en la gran mayoría de los estudios que han participado en la investigación, cambios que valoramos mucho más si tenemos en cuenta que los iones metálicos, en algunas variables presentaban valores que se situaban dentro del porcentaje de remoción deseado. Pruebas de ello son, por un lado, las diferencias estadísticamente significativas que se han obtenido y que se reflejan a continuación en conclusiones; por otro, durante el desarrollo del estudio, se llevaron registros de la bibliografía en una base de datos con la ayuda del programa Access, a modo de mostrar interés por el estudio, por otra parte fue de mucha ayuda realizar preguntas para dar mayor realce a la investigación, así mismo la observación jugó un papel muy importante, permitiendo el apoderamiento de conocimientos en los periodos de recopilación de información e interpretación de resultados; en definitiva, lo más satisfactorio para el investigador es el aporte mostrado directamente en cuanto a la labor de redactar, desempeñando un rol protagónico y cualitativo que busca transferir información al uso de biomasa agrícola en remediación de aguas contaminadas por metales pesados.

10. IMPACTOS

10.1. Científico

El proyecto ejecutado cuenta con un aporte científico, como base estructural para encaminar una búsqueda sobresaliente y eficaz. De manera que, la remoción de metales pesados, mediante la utilización de biomasa agrícola residual es una alternativa que utiliza la biosorción a su favor en procesos de remediación de aguas contaminadas.

Por otra parte, su enfoque, está encaminado a facilitar y fomentar interés a futuras investigaciones, incluyendo nuevos autores a la temática abordada, y de esta manera conseguir mejorar la experiencia de los investigadores. Por último, se logrará que este tipo de investigaciones se conviertan en una de las disciplinas medioambientales de renombre científico dentro de la academia.

10.2. Ambiental

En cuanto al aporte ambiental, vale la pena señalar que esta tecnología está exclusivamente dirigida a pequeñas y medianas industrias que en su mayoría no disponen de los recursos económicos necesarios para mano de obra, infraestructura o la tecnología para implementar métodos convencionales.

11. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

11.1. Conclusiones

- Se ha evidenciado en el análisis de la información científica que la biosorción es una de las opciones factibles de tratamiento de aguas residuales más eficientes, debido a los bajos costos de implementación y mantenimiento en correlación a los tratamientos tradicionales de recuperación de metales pesados en aguas contaminadas.
- Los mecanismos utilizados en las investigaciones para la captación de los iones metálicos son heterogéneos y dependen; en cada proceso, del metal a estudiar y del tipo de material biosorbente a evaluar. Por esta razón los materiales utilizados en las investigaciones resultaron primordialmente de las cáscaras frutales.
- Se concluye en base a la información recopilada evidentemente se puede constatar, mediante el análisis de la información científica la capacidad de

biosorción de metales pesados con la utilización de biomasa agrícola residual en remediación de aguas contaminadas.

Tras la descripción de las principales conclusiones obtenidas, como consecuencia del análisis de la aplicación del uso de biomasa agrícola residual utilizada para remediación de aguas contaminadas por metales pesados, vamos a plantear sugerencias de mejora que sirvan, en primer lugar, para optimizar la investigación y, a continuación, contribuir en el avance de la calidad de estos estudios.

11.2. Recomendaciones

- Buscar otras fuentes de biomasa agrícola residual, utilizadas para absorber metales pesados, y de esta manera ir actualizando la base de datos realizada en esta investigación.
- Se sugiere a próximos estudiantes que muestren inclinación hacia el proyecto, complementar con estudios realizados en base a cáscaras frutales cítricas, ya que estas presentan una variedad más amplia de mecanismos de acumulación de metales pesados.
- Desde el punto de vista económico se sugiere la aplicación de esta alternativa tecnológica para la remediación de aguas contaminadas con metales pesados, pero hay que tomar muy en cuenta de que los biosorbentes pueden verse afectados por las altas concentraciones de dichos contaminantes, por lo que el proceso se ve interrumpido y ocasiona la muerte total de la biomasa.

12. BIBLIOGRAFÍA

Acosta, I., López, V., & Coronado, E. (2010). "Remoción de Cromo (VI) en Solución Acuosa por la Biomasa de la Cáscara de Tamarindo (*Tamarindus indica*).". *Revista de La Sociedad Mexicana de Biotecnología Y Bioingeniería*, 11-23. Obtenido de http://www.smbb.com.mx/revista/Revista_2010_3/GALERAS_ART_53FINAL.pdf

Acosta, I., Sandoval, P., Bautista, D., Hernández, N., Cárdenas, J. F., & Martínez, V. M. (2012). BIOADSORCIÓN DE CROMO (VI) POR LA CÁSCARA DE MAMEY. *Avances en Ciencias e Ingeniería.*, vol. 3(núm. 2), 1-9. Recuperado el 5 de Agosto de 2020, de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=3236/323627686001>

Adesola, N. A., Oyebamiji, J., & Adebowale, S. (2016). "Biosorption of lead ions from aqueous solution by maize leaf". *Int. J. Phys. Sci.*, 23-26.

Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. (2005). "Resumen de Salud Pública, Cinc". Atlanta, GA.

Aguilar, F. (2011). *Alternativas ecológicas para el manejo de aguas residuales*. Obtenido de http://www.cegesti.org/exitoempresarial/publicaciones/publicacion_152_130611_es.pdf

Aranda, E., García, A., Netzahuatl-Muñoz, Muñoz, A., Flores-Garnica, J., & Cristiani-Urbina, E. (2020). Remoción de cromo hexavalente de soluciones acuosas por la corteza del duraznero: modelado del proceso cinético de biosorción de cromo. México. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/267807804_REMOCION_DE_CROMO_HEXAVALENTE_DE_SOLUCIONES_ACUOSAS_POR_LA_CORTEZA_DEL_DURAZNERO_MODELADO_DEL_PROCESO_CINETICO_DE_BIOSORCION_DE_CROMO

Aranda-García, E., Netzahuatl-Muñoz, A. R., Cristiani-Urbina, M. C., Morales-Barrera, L., Pineda-Camacho, G., & Cristiani-Urbina, E. (2010). "Bioreduction of Cr(VI) and chromium biosorption by acorn shell of *Quercus crassipes* Humb. & Bonpl". *J. Biotechnol.*, 228-228.

Arango Ruiz, Á. (2013). Crisis mundial del agua. Producción + Limpia. Recuperado el 28 de Agosto de 2020, de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1909-04552013000200001&lng=en&tlng=es.

Armijo, J., Rivera, D., & Mallma, G. (2009). Biosorción de Cr (VI) por cáscara de limón (*Citru Limonium*), modificada. *Rev. Per. Quím. Ing. Química*, vol. 12(no. 1), 45-51. Recuperado el 5 de Agosto de 2020, de

<https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/quim/article/view/4963/4028>

Ballesteros Lara, J. L. (2011). *Determinación de la eficacia de Azolla caroliniana como matriz de hiperacumulación de metales pesados cuantificados*. Universidad Politécnica Salesiana. Recuperado el 6 de Agosto de 2020, de <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/5081/1/UPS-CYT00109.pdf>

Cabrera Andrade, L. F. (2017). *“BIOADSORCIÓN DE IONES DE PLOMO Y CROMO PROCEDENTES DE AGUAS RESIDUALES UTILIZANDO LA CÁSCARA DEL TOMATE DE ÁRBOL (SOLANUM BETACEUM)”*. Universidad Politécnica Salesiana, Carrera de Ingeniería Ambiental (Sede Cuenca), Cuenca. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/14460/1/UPS-CT007124.pdf>

Caffall, K. H., & Mohnen, D. (2009). The structure, function, and biosynthesis of plant cell wall pectic. *Carbohydrate Research* 344, 1879-1900.

Calero, M., Hernáinz, F., Blázquez, G., Dionisio, E., & Martín-Lara, M. A. (2011). Evaluación de la biosorción de cobre con cáscara de almendra. *Revista de Química Teórica y Aplicable.*, 1-11. Recuperado el 5 de Agosto de 2020, de <https://www.raco.cat/index.php/afinidad/article/view/268107/355688>

Cardona Gutiérrez, A. F., Cabañas Vargas, D. D., & Zepeda Pedreguera, A. (2013). Evaluación del poder biosorbente de cáscara de naranja para la eliminación de metales pesados, Pb (II) y Zn (II). *Ingeniería*, vol. 17(núm. 1), 1-9. Recuperado el 5 de Agosto de 2020, de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=467/46729718001>

Das, N. (Junio de 2010). “Recovery of precious metals through biosorption - A review”. *Hydrometallurgy*, 103(1-4), 180-189.

Das, N. (2010). *Recovery of precious metals through biosorption*. (103(1) ed.). Hydrometallurgy. doi:<https://doi.org/10.1016/j.hydromet.2010.03.016>

Espinosa Narváez, G. S., & Mera Córdoba, G. A. (2015). *Alternativas ambientales para la remoción de cromohexavalente en residuos líquidos de los laboratorios especializados de a Universidad de Nariño*. Universidad de Manizales. Recuperado el 6 de Agosto de 2020, de http://ridum.umanizales.edu.co:8080/jspui/bitstream/6789/2250/1/Espinosa_Gloria_Mera_Genny_tesisdefinitiva.pdf

FAO. (2009). *TRATAMIENTO Y UTILIZACIÓN DE RESIDUOS DE ORIGEN ANIMAL, PESQUERO Y ALIMENTICIO EN LA ALIMENTACIÓN ANIMAL*. Roma, Italia.

Fernández Cirelli, A. (2012). El agua: un recurso esencial. *Química Viva*, 3(11), 147-170. Recuperado el 2 de Agosto de 2020, de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=86325090002>

Florez, E., & Marulanda, L. (2020). Uso de residuos de café como biosorbente para la remoción de metales pesados en aguas residuales. *Ingenierías USBMed*, 44-55. Recuperado el 15 de Agosto de 2020, de https://www.researchgate.net/publication/343734258_Uso_de_residuos_de_cafe_como_biosorbente_para_la_remocion_de_metales_pesados_en_aguas_residuales

Gaioli, M., Amoedo, D., & González, D. (2012). “Impacto del mercurio sobre la salud humana y el ambiente”. *Arch. Argent. Pediatr.*,

Garcés Jaraba, L. E., & Coavas Romero, S. C. (2012). “Evaluación de la capacidad de adsorción en la cáscara de naranja (*Citrus sinensis*) modificada con quitosano para la remoción de Cr(VI) en aguas residuales,”. Universidad de Cartagena.

Gautam, R. K., Mudhoo, A., Lofrano, G., & Chattopadhyaya, M. C. (Mar. 2014). “Biomass-derived biosorbents for metal ions sequestration: Adsorbent modification and activation methods and adsorbent regeneration,” (Vol. vol. 2). *J. Environ. Chem. Eng.*

Glosario de Agricultura Orgánica de la FAO. (2009). *Biomasa Agrícola*.

Iliná, A., Martínez-Hernández, J. L., Segura-Ceniceros, E. P., Villarreal-Sánchez, J. A., & Gregorio-Jáuregui, K. M. (2009). BIOSORCIÓN DE ARSÉNICO EN MATERIALES DERIVADOS DE MARACUYÁ. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental [en línea]*, vol. 25(núm. 4), 201-216. Recuperado el 5 de Agosto de 2020, de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=37012013001>

INEC. (28 de Noviembre de 2010). *Instituto Nacional de Estadística y Censos*. (E. d. Ecuador, Ed.) Recuperado el 26 de Agosto de 2020, de <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/wp-content/descargas/Manualateral/Resultados-provinciales/cotopaxi.pdf>.

Johnson, P. D., Watson, M. A., Brown, J., & Jefcoat, I. A. (2002). “Peanut Hull Pellets as a Single Use Sorbent for the Capture of Cu(II) from Waste Water”. *Water Mangement*, 471-480.

Kelly-Vargas, K., Cerro-Lopez, M., Reyna-Tellez, S., Bandala, E. R., & Sanchez-Salas, J. L. (2012). “Biosorption of heavy metals in polluted water, using different waste fruit cortex”. *Phys. Chem. Earth*, 37-39, 26-29.

L, E. I. (Abril de 2011). Contaminación de las aguas y políticas para enfrentarla. *Foro de los Recursos Hídricos*, 9.

L., M., A., B., Karina., I., M., A., J., & S., M. (2005). Fitorremediación: la alternativa para absorber metales pesados de los biosólidos. *Revista Lasallista de Investigación*, II(1), 57-60. Recuperado el 6 de Agosto de 2020

Lavado Meza, C., & Oré Jiménez, F. (2016). Estudio de la biosorción de plomo divalente de soluciones acuosas usando biomasa modificada de marlo de maíz (*Zea mays*). *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 403-414. Obtenido de http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2016000400003&lng=es&tlng=es

López, E., & Maldonado, S. (2017). Determinación de la factibilidad del uso de *Opuntia ficus-indica* como material biosorbente para la retención de cromo hexavalente (Cr+6). *Revista de Energía Química y Física*, 1-11. Recuperado el 16 de Agosto de 2020, de https://www.researchgate.net/publication/339313382_Determinacion_de_la_factibilidad_del_uso_de_Opuntia_ficus-indica_como_material_biosorbente_para_la_retencion_de_cromo_hexavalante_Cr_6

Marshall Sánchez, R. E., & Espinoza Subía, J. F. (2016). *Evaluación del poder biosorbente de las cáscaras de cítricos (Limón y Toronja) para eliminación de metales pesados; Plomo (Pb) y Mercurio (Hg) en aguas residuales sintéticas*. Guayaquil. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/18100/1/401-1208%20-%20Evaluación%20del%20poder%20biosorbente%20de%20las%20cáscaras%20de%20cítricos.pdf>

Maza Maza, J., Sanchez, A., & Carmona, N. (2017). Biosorción de arsénico con biomasa derivadas de las cáscaras de banano, arroz y coco en aguas excedentes de plantas de beneficio. *ResearchGate*, 92-103. Recuperado el 15 de Agosto de 2020, de https://www.researchgate.net/publication/336839434_Biosorcion_de_arsenico_con_biomasa_derivadas_de_las_cascaras_de_banano_arroz_y_coco_en_aguas_excedentes_de_plantas_de_beneficio

Mendoza, L; Molina, N. (2015). BIOSORCIÓN DE Cd, Pb y Zn POR BIOMASA PRETRATADA DE ALGAS ROJAS, CÁSCARA DE NARANJA Y TUNA. 46.

Merino, A. (2017). Evaluación del proceso de biosorción del colorante rodamina contenida en las aguas residuales de la Cooperativa Textil Manufacturas del Centro Ltda. con cáscara de naranja modificada. *Prospectiva Universitaria.*, 13-16. Recuperado el 15 de Agosto de 2020, de https://www.researchgate.net/publication/320750215_Evaluacion_del_proceso_de_biosorcion_del_colorante_rodamina_contenida_en_las_aguas_residuales_de_la_Cooperativa_Textil_Manufacturas_del_Centro_Ltda_con_cascara_de_naranja_modificada

Miretzky, P., & Cirelli, A. F. (Aug. 2010). “Cr(VI) and Cr(III) removal from aqueous solution by raw and modified lignocellulosic materials: a review,” (Vol. vol. 180). J. Hazard. Mater.

Moya Castillo, K. E. (2018). *REMOCIÓN DE PLOMO EN AGUAS RESIDUALES PROCEDENTES DE ACTIVIDADES MINERAS MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE CÁSCARA DE CACAO*. Universidad de las Americas, Quito.

Moya Castillo, K. E. (2018). *Remoción de plomo en aguas residuales procedentes de actividades mineras mediante la utilización de cáscara de cacao*. Quito. Obtenido de <http://dspace.udla.edu.ec/bitstream/33000/10001/1/UDLA-EC-TIAM-2018-28.pdf>

Muñoz Carpio, J. C.; Tapia Huanambal, N. J. (2007). *Biosorción de plomo (II) por cáscara de naranja "Citrus cinensis" pretratada (Tesis de pregrado inédita)*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima, Perú.

Muñoz Carpio, J. C.; Tapia Huanambal, N. J. (2007). Biosorción de plomo (II) por cáscara de naranja "Citrus cinensis" pretratada (Tesis de pregrado inédita). Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

Netzahuatl-Muñoz, A. R., Pineda-Camacho, G., Barragán-Huerta, B. E., & Cristiani-Urbina, E. (2010). Remoción de cromo hexavalente y cromo total por la corteza de *Pyrus communis*. *Revista CENIC. Ciencias Químicas [en línea]*, vol. 41, 1-10. Recuperado el 5 de Agosto de 2020, de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181620500026>

Orbe, T. (7 de Febrero de 2020). *SciDev.Net*. Obtenido de <https://www.scidev.net/america-latina/medio-ambiente/noticias/hallan-metales-pesados-en-rios-amazonicos-de-ecuador.html>

Organización de las Naciones Unidas. (2019). *Naciones Unidas*. Recuperado el 2 de Agosto de 2020, de <https://www.un.org/es/sections/issues-depth/water/index.html>

Palacios Redrobán, A. A. (2014). *Universidad Técnica de Cotopaxi*. Recuperado el 27 de Agosto de 2020, de <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/2715/1/T-UTC-00253.pdf>

Pérez Marín, A. B., Aguilar, M. I., Meseguer, V. F., Ortuño, J. F., Sáez, J., & Lloréns, M. (Dec. 2009.). “Biosorption of chromium (III) by orange (*Citrus cinensis*) waste: Batch and continuous studies,” (Vol. vol. 155). Chem. Eng. J.

Pérez Silva, R. M., Calzado Lamela, O., Cascaret Carmenaty, D. A., & Tur Naranjo, E. (2014). Adsorción de Cr(VI) por Cocos nucifera L. en residuales de Fibrocemento en Santiago de Cuba. *Revista Colombiana de Biotecnología*, vol.

XVI(núm. 1), 9-18. Recuperado el 5 de Agosto de 2020, de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=77631180001>

Pineda-Camacho, G., Netzahuatl-Muñoz, A. R., & Cristiani-Urbina, E. (2011). APLICACIÓN DE LA CÁSCARA DE LA NUEZ PECANERA (*Carya illinoensis*) EN LA REMOCIÓN DE CROMO, UN PARTIR DE SOLUCIONES ACUOSAS. *Revista Cubana de Química*, XXIII(2), 48-53. Recuperado el 5 de Agosto de 2020, de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=4435/443543723007>

Pinzón-Bedoya, M., & Cardona, A. M. (2015). Influencia del pH en la bioadsorción de Cr (III) sobre cáscara de naranja: Determinación de las condiciones de operación en proceso discontinuo. *Revista de la Facultad de Ciencias Básicas*.

Ramírez Franco, J. H., Martínez Ávila, Ó. M., & Fernández Ospina, L. M. (2013). "Remoción de contaminantes en aguas residuales industriales empleando carbón activado de pino pátula". *Av. Investig. en Ing.*, 10(1), 42-49.

Rangel Rodríguez, A. M. (2014). Immobilization of Pectinesterase in Genipin-Crosslinked Chitosan Membrane for Low Methoxyl Pectin Production. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 2941-2950.

Reyes, Y., Vergara, I., Torres, O., Díaz, M., & González, E. (2016). Contaminación por metales pesados: Implicaciones en salud, ambiente y seguridad alimentaria. *Revista Ingeniería Investigación y Desarrollo*, (2)(16), 66-77.

Rios, E. (2014). "Cinética de bioadsorción de arsénico utilizando cáscara de banana maduro en polvo.". Universidad Técnica de Machala, Machala. Obtenido de <http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/1579/7/CD00006-TEISIS.pdf>

Rodríguez Matos, J., Cascaret Carmenaty, D. A., Ricardo Lobaina, C. A., Pérez Silva, R. M., & La Rosa Isacc, K. (2019). Evaluación de la capacidad de adsorción de Mn^{2+} por biomasa residual de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*). *Revista Cubana de Química*, vol. 31(núm. 2), 0-0. Recuperado el 5 de Agosto de 2020, de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=443559859005>

Roig Marino, B. (2006). "Evaluación de las tecnologías de tratamiento de aguas subterráneas contaminadas con Cromo". Universidad Politécnica de Catalunya.

Salvador García, L. (30 de Junio de 2015). Contaminación industrial. México. Recuperado el 2 de Agosto de 2020, de <https://www.elfinanciero.com.mx/opinion/salvador-garcia-linan/contaminacion-industrial>

Samaniego Leon, J. E., Arzamendia, A. R., & Ayala, M. (2016). Remoción de Hierro y Plomo en aguas residuales por bioadsorción de la cáscara de naranja agria. *Revista sobre Estudios o Investigaciones del Saber Académico.*, 69-75. Recuperado el 5 de Agosto de 2020, de <http://www.publicaciones.uni.edu.py/index.php/eisa/article/viewFile/116/91>

Sánchez Aldana Villaruel, D. e. (2011). Moléculas pécticas: extracción y su potencial aplicación como empaque. *Tecnociencia, II*, 76-82.

Sánchez Salamea, N. A. (2016). "*Biosorción en tanque agitado de Cd+2 y Pb+2 con cáscara de cacao.*". Universidad de Cuenca, Cuenca. Obtenido de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/25242/3/Tesis.pdf>

Secretaria Facultad CAREN. (2019). *Piktochart*. Recuperado el 2 de Agosto de 2020, de <https://create.piktochart.com/output/38484059-promocion-carrera-19>

Sedas Larios, E. E., & Ruíz Saucedo, U. (Diciembre de 2012). La remediación y reutilización de sitios contaminados. Orientaciones para personal técnico de instituciones públicas de gobierno, pequeñas y medianas empresas e instituciones de educación superior. *Red Latinoamericana de Prevención y Gestión de Sitios Contaminados (ReLASC)*, 48. Recuperado el 4 de Agosto de 2020, de <http://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/Libros2011/CD001405.pdf>

Seki, H.; Susuki, A. (2002). "Kinetics Study of Metal Biosorption to a Brown Alga, *Kjellmaniella Crassifolia*". *J. Colloid Interface Sc.*

Singh, A.et al. (2010). Risk assessment of heavy metal toxicity through contaminated vegetables from waste water irrigated area of Varanasi, India. En *5. S. Tropical Ecology*.

Tapia, N. (2002). "*Adsorción y Biosorción, mecanismo y principales modelos para describir el fenómeno de biosorción*". Proyecto Palma PUCP. Recuperado el 3,5 y 6 de Agosto de 2002

Tejada Tovar, C., Villabona Ortiz, Á., & Garcés Jaraba, L. (2015). "Adsorción de metales pesados en aguas residuales usando materiales de origen biológico". *Tecno Lógicas, vol. 18*(no. 34), 109-123.

Tejada Benítez, L., Tejada Tovar, C., Marimón Bolívar, W., & Villabona Ortiz, Á. (2014). ESTUDIO DE MODIFICACIÓN QUÍMICA Y FÍSICA DE BIOMASA (*Citrus sinensis* Y *Musa paradisiaca*) PARA LA ADSORCIÓN DE METALES PESADOS EN SOLUCIÓN. *Revista Luna Azul*, 124-142. Recuperado el 5 de Agosto de 2020, de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=3217/321732142008>

Vargas Rodríguez, M., Cabañas Vargas, D., Gamboa Marrufo, M., & Domínguez Benetton, X. (2009). Evaluación del proceso de biosorción con

cáscaras de naranja para la extracción del colorante comercial Lanazol Navy CE en aguas residuales de la industria textil. *Ingeniería [en línea]*, vol. 13(núm. 3), 39-43. Recuperado el 5 de Agosto de 2020, de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46712187005>

Vera, L., Bermejo, D., Uguña, M. F., García, N., Flores, M., & Brazales, D. (2018). Biosorción de Cd (II) y Pb (II) en columna de lecho fijo con cáscara de cacao. *Centro de Estudios Ambientales, CEA*, 16-22. Recuperado el 5 de Agosto de 2020, de https://www.raco.cat/index.php/afinidad/article/view/335958/426750?fbclid=IwAR1Kwk9mDcR6szHmMlhxzoGIwdVw6iw55jAERKK441WA-gW8_W6Y1ACDxDs

Verdugo Vergara, J. F. (2017). *BIOADSORCIÓN DE IONES DE PLOMO Y CROMO PROCEDENTES DE AGUAS RESIDUALES UTILIZANDO LA CÁSCARA DE LA MANDARINA (CITRUS RETICULATA VAR. CLEMENTINA)*. Cuenca. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/14249/1/UPS-CT007003.pdf>

Villaescusa, I., Fiol, N., Martínez, M., Miralles, N., Poch, J., & Serarols, J. (2004). "Removal of copper and nickel ions from aqueous solutions by grape stalks wastes". *Water Res.*, 992-1002.

Villanueva Huerta, C. (2006). *UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS FACULTAD DE QUÍMICA E INGENIERÍA QUÍMICA E.A.P. DE QUÍMICA Biosorción de Cobre (II) por biomasa pretratada de cáscara de Citrus Sinensis(naranja), Citrus Limonium (limón) y Opuntia Ficus (palmeta de nopal)*. UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS FACULTAD DE QUÍMICA E INGENIERÍA QUÍMICA, Lima-Perú.

Villanueva, H. C.; Tapia, H. N. (2008). Bioadsorción de Cu (II) por biomasa que contienen pectina. *Rev. Per. Quím. Ing. Quím.* 8(1) 11-15.

Vizcaíno Mendoza, L., & Fuentes Molina, N. (2015). BIOSORCIÓN DE Cd, Pb y Zn POR BIOMASA PRETRATADA DE ALGAS ROJAS, CÁSCARA DE NARANJA Y TUNA. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 43-60.

Willats, W., Knox, P., & Mikkelsen, J. D. (2006). Pectin: new insights into an old polymer are starting to gel. *Trends in Food Science & Technology*, 97-104.

Xiao, X., Luo, S., Zeng, G., Wei, W., Wan, Y., Chen, L., . . . Xi, Q. (Mar. 2010). "Biosorption of cadmium by endophytic fungus (EF) *Microsphaeropsis* sp. LSE10 isolated from cadmium hyperaccumulator *Solanum nigrum* L." (Vol. vol. 101). *Bioresour. Technol.*

13. ANEXOS

ANEXO N°1.- Aval de traducción**CENTRO DE IDIOMAS****AVAL DE TRADUCCIÓN**

En calidad de Docente del idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi, en forma legal CERTIFICO que: La traducción del resumen del proyecto de investigación al idioma Inglés presentado por el señor Egresado de la Carrera de Ingeniería en Medio Ambiente de la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales: **VITERI CANCHIG JUAN FRANCISCO**, cuyo título versa "**ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN CIENTÍFICA DE BIOMASA AGRÍCOLA RESIDUAL UTILIZADA PARA REMEDIACIÓN DE AGUAS CONTAMINADAS POR METALES PESADOS**", lo realizó bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo al peticionario hacer uso del presente certificado de la manera ética que estime conveniente.

Latacunga, septiembre del 2020
Atentamente,

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Diana Karina Taipe V.', is written over a horizontal line.

MSC. Diana Karina Taipe V.
C.C. 1720080934
DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS



ANEXO N° 2. Currículum Vitae

Anexo a. Currículum del Tutor

WILMAN PAOLO CHASI VIZUETE

HOJA DE VIDA



1.- DATOS PERSONALES

NOMBRES Y APELLIDOS: Wilman Paolo Chasi Vizúete

CEDULA DE CIUDADANÍA: 050240972-5

FECHA DE NACIMIENTO: 05 de Agosto de 1979

DOMICILIO: Parroquia Guaytacama (Barrio Centro, Calle Sucre)

NUMEROS TELÉFONICOS: Convencional 032690063 Celular:
0984203033

E-MAIL: paolochv@yahoo.com.mx / wilman.chasi@utc.edu.ec

LUGAR DE TRABAJO: Universidad Técnica de Cotopaxi (Campus Salache)

DIRECCION DE TRABAJO: Cantón Latacunga, Parroquia Eloy Alfaro, Sector Salache

TELEFONO DEL TRABAJO: 032266164

E-MAIL DEL TRABAJO: caren@utc.edu.ec

2.- ESTUDIOS REALIZADOS

INSTRUCCIÓN PRIMARIA: Escuela “Simón Bolívar”

INSTRUCCIÓN SECUNDARIA: Instituto Tecnológico “Vicente León”.
Latacunga / Cotopaxi.

TITULO: **Bachiller en Ciencias Físico Matemáticas**

INSTRUCCIÓN SUPERIOR: Universidad Técnica Cotopaxi.
Latacunga / Cotopaxi.

TITULO TERCER NIVEL: **Ingeniero Agrónomo**

INSTRUCCIÓN SUPERIOR: Universidad de la Fuerzas Armadas ESPE.
Sangolquí / Pichincha

TITULO CUARTO NIVEL: Magister en Agricultura Sostenible**3.- EXPERIENCIA LABORAL****3.1. Experiencia Profesional**

- Asistente Técnico Nutrición y Fertilización SIERRAFLOR Cia. Ltda
- Jefe de Finca FLORICESA Florícolas del Centro S.A

3.2. Experiencia en Docencia universitaria

- Docente Ocasional Tiempo Completo. UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI.

3.2.1 Experiencia profesional en el campo del conocimiento.

- Docente de la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales Carrera de Ingeniería Agronómica, Ingeniería Agroindustrial e Ingeniería Ambiental. UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI.
- Dirección de proyectos de vinculación. Dirección de Vinculación con la Sociedad. UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI.

3.3. Experiencia en funciones de gestión académica

- Comisionado de Vinculación social de La Carrera de Ingeniería ambiental. UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI. Periodo Octubre 2016 – hasta la actualidad.

4.-CURSOS DE CAPACITACION PROFESIONAL

Nº	NOMBRES: CAPACITACIÓN / PERFECCIONAMIENTO	NOMBRE CAPACITADOR / INSTITUCIÓN	AÑO
1	Seminario Manejo y Conservación de Suelos	Universidad Técnica de Cotopaxi	2014
2	II Simposio de Fisiología Vegetal	Colegio de Ciencias e Ingeniería y el Departamento de Ingeniería en Agroempresas de la Universidad San Francisco de Quito	2014
3	Taller de Calidad Ambiental del Agua y Meteorología GADPC - INAMHI	Gobierno Autónomo Descentralizado de Cotopaxi La dirección de Gestión Ambiental y El INAMHI	2015
4	Diseño Experimental	Dirección de Investigación - UTC	2015
	Sistemas de Información Geográfica SIG VIRTUAL	Dirección de Investigación - UTC	2015

5	Curso de Agricultura Orgánica	Lamierdadevaca.com	2016
6	Congreso Internacional de Medio Ambiente y Recursos Naturales: Un Nuevo Reto Para la conservación Ambiental	Universidad Técnica de Cotopaxi CECATERE	2017
7	Congreso Internacional en Producción Agropecuaria	Universidad Técnica de Ambato	2017
8	Los Recursos Hídricos de la Provincia de Cotopaxi	Universidad Técnica de Cotopaxi	2018

5.-CURSOS DE CAPACITACION PERFECCIONAMIENTO DOCENTE

Nº	NOMBRES: CAPACITACIÓN / PERFECCIONAMIENTO	NOMBRE CAPACITADOR / INSTITUCIÓN	AÑO
1	I Seminario Regional “Perspectivas de la Universidad Ecuatoriana”	Universidad Técnica de Cotopaxi	2014
2	Taller de transparencia, Participación Ciudadana, Control Social y Lucha Contra la Corrupción	Función de Transparencia y Control Social	2014
3	Seminario de Difusión y Socialización de Políticas Públicas para GADs Parroquiales	Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia de Cotopaxi CONAGOPARE- COTOPAXI	2014
4	Gestión Pública, Desarrollo Local y Descentralizada:” Conocimiento en la practica el caso de la Ciudad Curitiba”	Misión Técnica Internacional de Capacitación	2015
5	I Encuentro de Educación Intercultural Bilingüe	Universidad Técnica de Cotopaxi	2015
6	Seminario Educación Superior Agropecuaria y Recursos Naturales	Universidad Técnica de Cotopaxi	2016
7	Seminario Internacional de Educación Inicial “Primeros pasos para un aprendizaje de calidad”	Universidad Técnica de Cotopaxi	2016
8	Capacitación de la Actualización de Docentes CAREN	Universidad Técnica de Cotopaxi	2017

6.- SEMINARIOS DICTADOS

N°	Descripción	Institución	Año	Duración en Horas
1	Regeneración Y Conservación De Suelos Agrícolas Para La Producción Sostenible De Alimentos	Universidad Técnica De Cotopaxi	2018	40

7.- PROYECTOS REALIZADOS

TIPO: Vinculación

TEMA: Estrategias de sensibilización y conservación ambiental en sectores priorizados de la Provincia de Cotopaxi.

ESTADO: En ejecución

TIPO: Vinculación

TEMA: Restauración forestal con especies nativas en las comunidades y parroquias de la provincia de la provincia de Cotopaxi Estrategias de sensibilización y conservación ambiental en sectores priorizados de la provincia de Cotopaxi.

ESTADO: En ejecución

9.-ARTICULOS PUBLICADOS (PRODUCCION CIENTIFICA)

- **CONTEMPORARY RESEARCHS ON AGRICULTURAL PESTICIDES: CHALLENGES FOR THE FUTURE** Publicado en Avid Science Book (Pesticides) Chapter 3. ISBN 978-93-86337-19-1
- **MORFOLOGÍA, FENOLOGÍA, NUTRIENTES Y RENDIMIENTO DE SEIS ACCESIONES DE Tropaeolum tuberosum Ruiz and Pav (MASHUA)** Publicado en Tropical and Subtropical Agroecosystems, 21 N° 1 (2018) ISSN :1870-0462
- **EVALUACION DE ENMIENDAS ORGANICAS EN TRES CULTIVOS DE SISTEMAS AGRICOLAS URBANOS** Aceptado en Tropical and Subtropical Agroecosystems, 22 N° 1 (2019) ISSN :1870-0462
- **COMPORTAMIENTO AGRONOMICO Y COMPOSICIÓN QUIMICA DEL PASTO TANZANIA Y BRACHIARIA**

BRIZANTHA EN EL CAMPO EXPERIEMENTAL LA PLAYITA
UTC – LA MANA Publicado en libro de resúmenes del Congreso
 Internacional de Sociedad en Armonía con la Naturaleza, marzo del 26 al
 28 del 2014. **ISBN 978-9942-932-12-9**

10.- PONENCIAS

- **PONENCIA:** Agroecología base fundamental para el fortalecimiento de un nuevo modelo alimentario

EVENTO: Seminario Internacional de Agroecología y soberanía Alimentaria 2014

LUGAR: Universidad Técnica de Cotopaxi –Ecuador

- **PONENCIA:** La Investigación agrícola en el Contexto Ecuatoriano

EVENTO: Segundas Jornadas Científicas 2015

LUGAR: Universidad Técnica de Cotopaxi –Ecuador

- **PONENCIA:** Agricultura urbana un nuevo paradigma para la Producción de alimentos

EVENTO: Misión Técnica Internacional De Capacitación Sobre Gestión Pública, Desarrollo Local y Descentralización 2015

LUGAR: Ciudad de Curitiba. Paraná - Brasil

- **PONENCIA:** Una Agricultura Diferente

EVENTO: Actualización de Conocimientos Docentes de la facultad CAREN 2017

LUGAR: Universidad Técnica de Cotopaxi –Ecuador

- **PONENCIA:** Modelos agrícolas sostenibles y Regenerativos para la producción de alimentos y mitigación del Cambio climático

EVENTO: Congreso Internacional de Medio ambiente y Recursos Naturales 2017

LUGAR: Universidad Técnica de Cotopaxi –Ecuador

- **PONENCIA:** Evaluación de Enmiendas Orgánicas en tres cultivos de sistemas agrícolas Urbanos

EVENTO: I Congreso Internacional en Producción Agropecuaria

LUGAR: Universidad Técnica de Ambato – Ecuador

- **PONENCIA:** Evaluación de Enmiendas Orgánicas en tres cultivos de

sistemas agrícolas Urbanos

EVENTO: Congreso Internacional de Investigación Científica UTC 2018

LUGAR: Universidad Técnica de Cotopaxi –Ecuador

11.- REFERENCIAS PERSONALES

- Doctor Franklin Tapia Defaz. RECTOR DE LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA.
- Doctor Robin Tapia Tapia. COMISARIO PROVINCIAL DE SALUD DE COTOPAXI.
- Licenciado Olmedo Iza SUBSECRETARIO DE LA DEMARCACION HIDROGRAFICA DE LA CUENCA DEL PASTAZA
- Doctor Edison Samaniego VICERECTOR ADMINISTRATIVO DE LA UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZONICA

Anexo b. Currículum Estudiante

Juan Francisco Viteri Canchig

Dirección: Luis Cordero 229 y Barriga, Ciudadela Los Álamos, Machachi.

Teléfonos de contacto: Fijo: 02-2314055 **Celular:** 0983489446

Correo electrónico: jfviteri01@gmail.com



PERFIL

Me considero una persona responsable, creativa, con iniciativa y puntualidad, asumo con agrado los retos y metas que su organización me pudiera plantear; con buen manejo de relaciones interpersonales, facilidad para trabajar en equipo, en condiciones de alta presión.

FORMACIÓN ACADÉMICA

Educación Básica: Jardín de Infantes “Británico Los Andes”.

Educación Primaria: Escuela Fiscal “Luis Felipe Borja”.

Educación Secundaria: Colegio Nacional Machachi.

FORMACIÓN PROFESIONAL

Educación Superior: Universidad Técnica de Cotopaxi.

Carrera: Ingeniería de Medio Ambiente.

EXPERIENCIA LABORAL

Auxiliar en Farmacia Guadalupe en la ciudad de Machachi.

Prácticas Preprofesionales:

Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Mejía.

Departamento de Gestión Ambiental y Riesgos.

Empresa Pública Municipal de Agua Potable y Alcantarillado del Cantón Mejía.

APTITUDES INFORMÁTICAS

- Word.
- Excel.
- PowerPoint.
- Instalación de redes LAN Y WLAN.

IDIOMAS

Idioma: Inglés - B1

Suficiencia en inglés, avalado por la Universidad Técnica de Cotopaxi.

CAPACITACIONES

- III Seminario Científico Internacional de Cooperación Universitaria para el Desarrollo Sostenible, Latacunga – Ecuador.
- Capacitación a los Sujetos de Control en Planes de Manejo Ambiental, Planes de Acción, Planes de Emergencia, Informes de Cumplimiento y Auditorías en el Cantón de Latacunga, Enfocado a la Educación sobre los Problemas de Cambio Climático, Cuenca – Ecuador.
- IV Congreso Medio Ambiente y Desarrollo: “Ingeniería Ambiental Avances y Desafíos de la Conservación y Sostenibilidad en el Ecuador”, Latacunga – Ecuador.
- Taller Fundamentos de Evaluación de Impacto Ambiental, Latacunga – Ecuador.
- Congreso Internacional de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Latacunga – Ecuador.
- “Diseño, Construcción y Gestión de Rellenos Sanitarios” Alcaldía de Mejía.