



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS
NATURALES
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Título:

**“APROVECHAMIENTO DE LA CÁSCARA DE CAMARÓN PARA LA
OBTENCIÓN DE QUITOSANO Y SU POTENCIAL APLICACIÓN EN LA
REMOCIÓN DE METALES PESADOS, PROVINCIA DE COTOPAXI EN EL
PERIODO 2022-2023”**

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de Ingenieras
Ambientales

Autoras:

Chancusig Sarzosa Jessica Elizabeth
Tipanguano Astudillo Tatiana Soledad

Tutora:

Ellana Amparito Boada Cahueñas

LATACUNGA- ECUADOR

Febrero 2023

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Jessica Elizabeth Chancusig Sarzosa, con cédula de ciudadanía No. 0503988610 y, Tatiana Soledad Tipanguano Astudillo, con cédula de ciudadanía No. 0504684473, declaramos ser autoras del presente proyecto de investigación: “Aprovechamiento de la cáscara de camarón para la obtención de quitosano y su potencial aplicación en la remoción de metales pesados, provincia de Cotopaxi en el periodo 2022-2023”, siendo la Ingeniera Ph.D. Ellana Amparito Boada Cahueñas, Tutora del presente trabajo; y, eximimos expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

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

Latacunga, 10 de febrero del 2023

Jessica Elizabeth Chancusig Sarzosa

Estudiante

CC: 0503988610

Tatiana Soledad Tipanguano Astudillo

Estudiante

CC: 0504684473

Ing. Ellana Amparito Boada Cahueñas, Ph.D.

Docente Tutora

CC: 1719312892

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 **CHANCUSIG SARZOSA JESSICA ELIZABETH**, identificada con cédula de ciudadanía **0503988610** de estado civil soltera, a quien en lo sucesivo se denominará **LA CEDENTE**; y, de otra parte, el Doctor 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. - **LA CEDENTE** es una persona natural estudiante de la carrera de Ingeniería Ambiental, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado “Aprovechamiento de la cáscara de camarón para la obtención de quitosano y su potencial aplicación en la remoción de metales pesados, provincia de Cotopaxi en el periodo 2022-2023”, la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad; y, las características que a continuación se detallan:

Historial Académico

Inicio de la carrera: Marzo 2019 - Agosto 2019

Finalización de la carrera: Octubre 2022 - Marzo 2023

Aprobación en Consejo Directivo: 30 de noviembre del 2023

Tutora: Ing. Eliana Amparito Boada Cahueñas, PhD.

Tema: “Aprovechamiento de la cáscara de camarón para la obtención de quitosano y su potencial aplicación en la remoción de metales pesados, provincia de Cotopaxi en el periodo 2022-2023”

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, **LA 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 **LA 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 **LA 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 **LA 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 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 10 días del mes de febrero del 2023.

Jessica Elizabeth Chancusig Sarzosa

LA CESIONARIA

Dr. Fabricio Tinajero Jiménez

LA CEDENTE

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 **TIPANGUANO ASTUDILLO TATIANA SOLEDAD**, identificada con cédula de ciudadanía **0504684473** de estado civil soltera, a quien en lo sucesivo se denominará **LA CEDENTE**; y, de otra parte, el Doctor 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. - **LA CEDENTE** es una persona natural estudiante de la carrera de Ingeniería Ambiental, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado “Aprovechamiento de la cáscara de camarón para la obtención de quitosano y su potencial aplicación en la remoción de metales pesados, provincia de Cotopaxi en el periodo 2022-2023”, la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad; y, las características que a continuación se detallan:

Historial Académico

Inicio de la carrera: Marzo 2019 - Agosto 2019

Finalización de la carrera: Octubre 2022 - Marzo 2023

Aprobación en Consejo Directivo: 30 de noviembre del 2023

Tutora: Ing. Eliana Amparito Boada Cahueñas, PhD.

Tema: “Aprovechamiento de la cáscara de camarón para la obtención de quitosano y su potencial aplicación en la remoción de metales pesados, provincia de Cotopaxi en el periodo 2022-2023”

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, **LA 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 **LA 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 **LA 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 **LA 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 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 10 días del mes de febrero del 2023.

Tatiana Soledad Tipanguano Astudillo

LA CESIONARIA

Dr. Fabricio Tinajero Jiménez

LA CEDENTE

AVAL DEL TUTORA DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

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

“APROVECHAMIENTO DE LA CÁSCARA DE CAMARÓN PARA LA OBTENCIÓN DE QUITOSANO Y SU POTENCIAL APLICACIÓN EN LA REMOCIÓN DE METALES PESADOS, PROVINCIA DE COTOPAXI EN EL PERIODO 2022-2023” de Chancusig Sarzosa Jessica Elizabeth y Tipanguano Astudillo Tatiana Soledad, de la carrera de Ingeniería Ambiental, 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, 10 de febrero del 2023

Ing. Ellana Boada Cahueñas, Ph.D.

DOCENTE TUTORA

CC: 1719312892

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, las postulantes: Chancusig Sarzosa Jessica Elizabeth y Tipanguano Astudillo Tatiana Soledad, con el título del Proyecto de Investigación: **“APROVECHAMIENTO DE LA CÁSCARA DE CAMARÓN PARA LA OBTENCIÓN DE QUITOSANO Y SU POTENCIAL APLICACIÓN EN LA REMOCIÓN DE METALES PESADOS, PROVINCIA DE COTOPAXI EN EL PERIODO 2022-2023”**, han 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.

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

Latacunga, 10 de febrero del 2023

Lector 1 (Presidente)
Lcdo. Jaime Lema Pillalaza, Mg.
CC: 1713759932

Lector 2
Ing. José Agreda Oña, Mg.
CC: 0401332101

Lector 3
Ing. Vladimir Ortiz Bustamante, Mg.
CC: 0502188451

AGRADECIMIENTO

Agradezco en primer lugar a Dios por permitirme llegar hasta este momento tan anhelado a quien ha forjado mi camino y me ha dirigido por el sendero correcto, de igual manera agradezco a mi madre por estar presente en cada etapa de mi vida ofreciéndome lo mejor y buscando lo mejor para mí, a mi hija por ser el motor de mi vida, el motor que siempre esta encendido y dispuesto a escucharme, a entenderme y a darme sus palabras de aliento en una tan corta edad, a mi compañero de vida gracias por creer en mi de lo que soy capaz, porque tu amor y bondad no tienen fin. Doy las gracias a todas las personas que me han apoyado incondicionalmente especialmente a nuestras tutoras MsC. Jhoselin Ruiz, PhD. Eliana Boada, a mi padre José Chancusig H., a mi hermano José Ignacio Chancusig S., a mi tío Antonio Chancusig H., a mi prima Jackeline Herrera Ch., a la abuelita de mi querida hija Teresa Changoluisa L., a mi líder Liset Miniguano A., a mi compañera de tesis Tatiana Tipanguano A., no ha sido fácil el camino hasta ahora, pero gracias a sus aportes, a su amor, a su inmensa bondad y apoyo, hago presente mi gran afecto hacia ustedes. Gracias por no soltarme nunca por ser quienes son y por creer en mí.

Jessica Elizabeth Chancusig Sarzosa

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco infinitamente a Dios por bendecirme a diario con momentos maravillosos y guiarme en cada etapa de mi vida.

Agradezco a mis padres Abelito y Blanquita por ser mi sostén de cada día durante estos 22 años y sin dudar seguirán siendo mis primeros amores.

A mis hermanos, que a diario me enseñan a valor lo que tenemos, quiénes somos y lo que podemos llegar hacer, con perseverancia, gratitud y confianza. A mi amada sobrina, quien ha llegado a enseñarme los que es el amor puro. Gracias por todo familia.

Agradezco aquellas personas maravillosas que se les llaman amigos, sin ustedes no hubiera tenido una vida llena de risas y momentos inolvidables.

También me agradecer de corazón a la MSc. Joseline Ruiz, quien me impulso al desarrollo de la presente investigación e igual manera a la PhD. Eliana Boada quien me ha dado esa confianza, gracias por motivarme con sus actitudes, a convertirme en una excelente profesional y persona.

Finalmente, agradezco a cada uno de aquellos docentes que me compartieron una pequeña parte de sus conocimientos con paciencia y dedicación.

Tatiana Soledad Tipanguano Astudillo

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación va dedicado con tanto cariño a mis ángeles en el cielo quienes estoy segura que se sentirán orgullosos de verme cumpliendo mis metas, sé que desde su espacio terrenal me protegen y me cuidan. A mi madre Rosa Isabel Sarzosa Rivera, por ser el pilar más importante y por demostrarme siempre su cariño y apoyo incondicional sin importar nuestras diferencias de opiniones, te dedico a ti madre mía gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y valentía de no temer a las adversidades. A mi hija que es el mejor regalo que haya podido recibir de parte de Dios, eres mi mayor tesoro de mi vida y mi fuente de motivación por eso quiero agradecerte cada momento de felicidad que colmas en mi vida y permitirme ser cada día mejor. A mi compañero de vida por su paciencia, ánimo y su apoyo incondicional que durante esta trayectoria universitaria que me ha brindado día a día para alcanzar nuevas metas. Esto va dedicado a ustedes quienes me enseñaron que la familia es lo único verdadero que tenemos en nuestras vidas.

Jessica Elizabeth Chancusig Sarzosa

DEDICATORIA

El presente trabajo de titulación quiero dedicárselos completamente aquellas personas que no las comprendí en el momento adecuado, y hoy en día el hecho mucho de menos, quisiera poderle verlos, pero ya es muy tarde. Los pocos momentos que compartí con cada uno de ustedes fue maravillosos y su cariño irremplazable.

Queridos abuelitos.

Tatiana Soledad Tipanguano Astudillo

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

TÍTULO: “APROVECHAMIENTO DE LA CÁSCARA DE CAMARÓN PARA LA OBTENCIÓN DE QUITOSANO Y SU POTENCIAL APLICACIÓN EN LA REMOCIÓN DE METALES PESADOS, PROVINCIA DE COTOPAXI EN EL PERIODO 2022-2023”

AUTORAS: Chancusig Sarzosa Jessica Elizabeth
Tipanguano Astudillo Tatiana Soledad

RESUMEN

La expansión del comercio de camarones en el Ecuador ha fortalecido la economía en gran parte de grupos vulnerables, sin embargo, también ha traído el incremento de residuos sólidos, que en gran parte de nuestro país no se aplica un manejo adecuado. La presente investigación tuvo como objetivo principal aprovechar la cáscara de camarón para la obtención de quitosano, y este subproducto emplearlo para tratamientos de remoción de metales pesados como arsénico (As) y Cobre (Cu) en aguas contaminadas. La sintetización de quitosano se realizó mediante procesos de separación de minerales, proteínas, decoloración y desacetilación, continuamente se ejecutó la caracterización del quitosano obtenido mediante espectrometría infrarroja por transformadas de Fourier, el mismo que demostró que se obtuvo 100% quitosano y para determinar la capacidad remoción de metales pesados del quitosano obtenido se realizó un ensayo controlado en cual se preparó 3 muestras contaminadas de arsénico y cobre a concentraciones de 20 ppm, 40 ppm y 60 ppm (muestras de evolución), y además se elaboró una réplica de cada muestra contaminada (muestras de control), por consiguiente se agregó 1g de quitosano solamente a las muestras de evolución; este tratamiento se mantuvo bajo supervisión por un total de 144 horas, durante este tiempo se pudo observar cambios de pH y conductividad tanto en las muestras de evolución y control, sin embargo la concentración disminuyó drásticamente solamente en las muestras de evolución, por tanto se determinó que la capacidad de remoción de arsénico y cobre del quitosano obtenido promedia en 99.85%. Finalmente, se establece que el quitosano obtenido a partir la cáscara de camarón rojo *Farfantepenaeus brevis* es eficiente como bioabsorbente, debido a que su capacidad de remoción de arsénico es 99.86% y de cobre 99.85%. Además, se recomienda utilizar el quitosano en procedimientos o soluciones que presenten color, debido a que también es un buen absorbente de color.

Palabras clave: Cáscara de camarón, Bioadsorción, Metales pesados, Remoción, Concentración, Quitosano.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCES AND NATURAL RESOURCES

TITLE: "USE OF THE SHRIMP SHELL TO OBTAIN CHITOSAN AND ITS POTENTIAL APPLICATION IN THE REMOVAL OF HEAVY METALS, PROVINCE OF COTOPAXI IN THE PERIOD 2022-2023."

AUTHORS: Chancusig Sarzosa Jessica Elizabeth
Tipanguano Astudillo Tatiana Soledad

ABSTRACT

The expansion of the shrimp trade in Ecuador has strengthened the economy of many vulnerable groups, however, it has also led to an increase in solid waste, which in most of our country is not adequately managed. The main objective of this research was to take advantage of shrimp shells to obtain chitosan and use this by-product for heavy metal removal treatments such as arsenic (As) and Copper (Cu) in contaminated water. The chitosan synthesis was carried out by separation processes of minerals, proteins, decolorization, and deacetylation, and the chitosan obtained was continuously characterized by means of infrared spectrometry by Fourier transforms. In order to determine the heavy metal removal capacity of the chitosan obtained, a controlled test was carried out in which three samples contaminated with arsenic were prepared at concentrations of 20 ppm, 40 ppm, and 60 ppm (evolution samples), and a replica of each contaminated sample was also carried out (control samples), therefore only one g of chitosan was added to the evolution samples; This treatment was kept under supervision for a total of 144 hours, during this time changes in pH and conductivity could be observed in both the evolution and control samples, however, the concentration decreased drastically only in the evolution samples, therefore it was determined that the arsenic and copper removal capacity of the chitosan obtained average 99.85%. Finally, it is established that the chitosan obtained from the red shrimp *Farfantepenaeus brevivirostris* shell is efficient as a biosorbent because its arsenic removal capacity is 99.86% and copper 99.85%. In addition, it is recommended to use chitosan in procedures or solutions that present color, because it is also a good color absorbent.

Keywords: Shrimp shell, Biosorption, Heavy metals, Removal, Concentration, Chitosan.

ÍNDICE DE CONTENIDO

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	ii
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR.....	iii
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR.....	v
AVAL DEL TUTORA DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	vii
AVAL DE LOS LECTORES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	viii
RESUMEN	xiii
ABSTRACT	xiv
ÍNDICE DE CONTENIDO	xv
ÍNDICE DE FIGURAS	vxii
1. INFORMACIÓN GENERAL	1
2. INTRODUCCIÓN.....	2
3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	2
4. BENEFICIARIOS	3
5. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	4
6. OBJETIVOS.....	5
6.1. General	5
6.2. Específicos	5
6. ACTIVIDADES Y SISTEMAS DE TAREAS	6
7. MARCO TEÓRICO	6
3.1. Metales pesados	6
3.1.1. Arsénico (As).....	7
3.1.2. Cobre (Cu)	8
3.2. Tratamiento de remoción de metales pesados en aguas contaminadas.....	10
3.1.1. Bioadsorción	11
4.1. Quitosano	13
4.1.1. Propiedades del quitosano	14
4.1.2. Obtención de quitosano de método antropogénico.....	14
4.1.3. Aplicaciones del quitosano para tratamientos de aguas contaminadas.	15
4.1.4. Características físico químicas para tratamientos de aguas contaminadas mediante quitosano.....	16
4.2.1. Composición de la cáscara de camarón.	17
7. Alternativas de aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos	17
8. MARCO LEGAL	18
9. HIPÓTESIS	23

10. METODOLOGÍA.....	24
Método Deductivo.....	24
Diseño experimental	24
Investigación documental	24
Investigación analítica.....	24
Investigación exploratoria.....	24
7.1. Sintetización de Quitosano.....	25
7.1.1. Limpieza de la cáscara de camarón.	27
7.1.2. Trituración de la cáscara de camarón rojo.	27
7.1.3. Desmineralización de la cáscara de camarón.	27
7.1.4. Desproteínización de la cáscara de camarón.	27
7.1.5. Decolorización de quitina.	27
7.1.6. Desacetilación de quitina y obtención de quitosano.....	27
7.2. Caracterización de quitosano obtenido mediante Espectrofotometría infrarroja por transformadas de Fourier (FTIR)	28
7.3. Análisis de capacidad de remoción de metales pesados arsénico (V) y cobre (Cu). 28	
7.3.1. Remoción de arsénico de muestras de agua contaminada.	29
7.3.2. Remoción de cobre de muestras de agua contaminada.	29
7.3.3. Análisis estadísticos mediante la prueba de chi cuadrado.	29
7.3.4. Determinación del porcentaje de remoción.	30
11. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	31
7.4. Obtención de quitosano.....	31
8.1. Caracterización de quitosano obtenido mediante espectrofotometría infrarroja por transformadas de Fourier.	35
8.2. Análisis de la capacidad de remoción de arsénico (V) y cobre (II) del quitosano obtenido.....	37
8.5.1. Análisis fisicoquímicos de remoción de arsénico de muestras contaminadas (As). 37	
8.5.2. Análisis fisicoquímico de remoción de cobre de muestras contaminadas (Cu). 39	
8.5.3. Análisis estadísticos mediante la prueba de chi cuadrado.	41
10.3.3. Capacidad de remoción de arsénico (V) y cobre (II).....	43
12. IMPACTOS (AMBIENTALES, SOCIALES Y ECONÓMICOS).....	44
12.1. AMBIENTALES	44
12.2. SOCIALES.....	44
12.3. ECONÓMICOS	44

13.	PRESUPUESTO.....	45
13.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	45
13.1.	Conclusiones	45
13.2.	Recomendaciones.....	46
14.	BIBLIOGRAFÍA	46
15.	ANEXOS	53
8.	ANEXOS.....	¡Error! Marcador no definido.

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Beneficiarios del Proyecto.....	21
Tabla 2.	Actividades y sistemas de tareas en relación con los objetivos planteados	23
Tabla 3.	Tratamientos para la remoción de metales pesados en aguas contaminadas.	10
Tabla 4.	Materiales biosorbentes usados para la adsorción de metales pesados.	29
Tabla 5.	Porcentaje de composición de la cáscara de camarón.....	34
Tabla 6.	Marco legal.....	34
Tabla 7.	Materiales, reactivos y equipos para la obtención de quitosano.	51
Tabla 8.	Cantidad de material obtenido después de cada proceso.	34
Tabla 9.	Resultados de concentración de inicial y final de la remoción de arsénico.	42
Tabla 10.	Resultados de análisis de chi cuadrado de arsénico.....	42
Tabla 11.	Resultados de concentración de inicial y final de la remoción de cobre.	42
Tabla 12.	Resultados de análisis de chi cuadrado de arsénico.....	43
Tabla 13.	Resultados de capacidad de remoción de arsénico y cobre.	43
Tabla 14.	Presupuesto de reactivos y materiales para la realización del trabajo de titulación.....	45

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Eficiencia de tratamientos de aguas contaminadas.....	28
Figura 2.	Eficiencia de tratamientos de aguas contaminadas.....	29
Figura 3.	Estructura química del quitosano.....	31
Figura 4.	Ubicación de los lugares obtenidos con la cáscara de camarón rojo.....	26
Figura 5.	Diagrama de flujos de proceso para la obtención de quitosano.	28
Figura 6.	Limpieza de la cáscara de camarón rojo.....	31
Figura 7.	Trituración de la cáscara de camarón rojo.....	31
Figura 8.	Resultado después del tratamiento de desmineralización.....	32

Figura 9.	Resultado final después del tratamiento de desproteínización.	32
Figura 10.	Quitina después del proceso de decoloración.	33
Figura 11.	Quitosano obtenido después del proceso de desacetilación	33
Figura 12.	Pérdida de peso obtenido en cada proceso de sintetización de quitosano.	34
Figura 13.	Porcentaje de quitosano y material perdido con la masa total utilizada.	35
Figura 14.	Resultados de análisis de quitosano obtenido mediante Espectro FTIR.	36
Figura 15.	Variación pH de arsénico después de cada observación realizada.	38
Figura 16.	Variación conductividad de arsénico después de cada observación.....	39
Figura 17.	Variación pH de cobre después de cada observación realizada	40
Figura 18.	Variación conductividad de cobre después de cada observación realizada.....	41

1. INFORMACIÓN GENERAL

Título del Proyecto:

Aprovechamiento de la cáscara de camarón para la obtención de quitosano y su potencial aplicación en la remoción de metales pesados, provincia de Cotopaxi en el periodo 2022-2023.

Fecha de inicio: octubre de 2022

Fecha de finalización: marzo de 2023

Lugar de ejecución:

Salache - parroquia Eloy Alfaro - cantón Latacunga - provincia de Cotopaxi, Zona 3 - Universidad Técnica de Cotopaxi.

Facultad que auspicia:

Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales (CAREN)

Carrera que auspicia:

Ingeniería en Medio Ambiente

Equipo de Trabajo:

Tutor: Ing. Eliana Amparito Boada Cahueñas, PhD.

Autores: Chancusig Sarzosa Jessica Elizabeth.

Tipanguano Astudillo Tatiana Soledad

Lector 1: Ing. Jaime Rene Lema Pillalaza, Mg.

Lector 2: Ing. José Luis Agreda Oña, MSc.

Lector 3: Ing. Vladimir Marconi Ortiz Bustamante, Mg.

Área de Conocimiento:

Análisis, conservación y aprovechamiento de la biodiversidad local.

Línea de investigación:

Análisis, conservación y aprovechamiento de la biodiversidad local.

Línea de vinculación CAREN:

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

Sub líneas de investigación de la Carrera:

Manejo y conservación del recurso hídrico.

2. INTRODUCCIÓN

Durante los últimos años Ecuador se ha convertido en uno de los principales países productores de camarón, por tanto no es de extrañar, ser llamado líder en exportaciones de camarones, considerando que la industria del cultivo de camarón ha crecido alrededor de 220000 hectáreas es así que la investigación a desarrollarse se va a realizar con diferentes procesos como es la bioadsorción que es un proceso de eliminación de contaminantes de soluciones acuosas empleando biomasa viva o muerta, considerado como un método económico y efectivo para descontaminación de metales pesados en el agua; el proceso de bioadsorción no requiere de nutrientes y no presenta limitaciones biológicas, además los niveles de remoción comparada con los métodos tradicionales son muy significativos este tipo de tratamiento se encuentra influenciado por varios factores tales como la concentración inicial del metal, el tamaño de la partícula, el pH, entre otros (Duany y otros, 2022). Existen absorbentes que son materiales derivados de microorganismos, bacterias, hongos, algas marinas, plantas o algunos polímeros naturales que han demostrado su capacidad para eliminar metales pesados presentes en aguas residuales.

La presente investigación se basa en el aprovechamiento de la cáscara de camarón como adsorbente para la remoción de metales pesados (As V, Cu II) de aguas contaminadas, a partir de la obtención de quitosano del exoesqueleto del camarón.

3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

Ecuador es uno de los países con mayor producción y exportación de camarón es así como hoy forman parte de la industria que es la primera fuente de ingresos extranjeros no relacionados con el petróleo en el país, debido a esta actividad en el en el 2020 Ecuador exportó 688 mil toneladas de camarón, generando USD 3823.53 millones por concepto de generación de divisas para el país, según cifras del Banco Central del Ecuador; lo que representa el 25.53% de las exportaciones no petroleras del país y un 18.90% de las exportaciones totales del Ecuador (De Acuacultura, 2021).

Existen problemas ambientales ya que son desechados desde las camaroneras hacia el medio y es una alta cantidad de residuos sólidos que afectan al ambiente, así como para su embasamiento se utiliza plásticos, envases de poliestireno, cartón compacto, cabezas y piel de los camarones esta tiene una sustancia llamada quitina, de la cual a su vez se obtiene el quitosano, es un polímero presente en los exoesqueletos de algunos crustáceos e insectos.

El quitosano tiene numerosas aplicaciones en la medicina, la agricultura, el medio ambiente (Ayala, 2018). Además, es utilizado como purificador de agua en algunas aplicaciones industriales aumenta la dureza mecánica proporcionando propiedades de adhesión y color disminuyendo el consumo de agentes reductores. También puede usarse como agente coadyuvante para prevenir el rompimiento del papel y diversos productos textiles., los exoesqueletos en su mayoría no tienen una disposición final adecuada y son desechados con mayor facilidad produciendo la contaminación de los océanos, obstruyendo los drenajes y causando inundaciones, transmitiendo enfermedades, aumentando las afecciones respiratorias, perjudicando a los animales que consumen los desperdicios (Banco Mundial, 2018).

Los residuos del crustáceo tienen una sustancia llamada quitina que entre sus propiedades estaría la adsorción de metales pesados, como mercurio, níquel, cromo, plomo y cobre (Ortega, 2022). Además, en el Ecuador los productores de camarón utilizan sus propias larvas que han sido genéticamente modificadas y fortalecidas (Infobae, 2022). Es así como también existe un impacto ambiental en los sistemas de cultivo de camarón, al requerir el uso de alimentos artificiales, fertilizantes, aditivos químicos y antibióticos, alteran la calidad de las aguas costeras por la introducción de nutrientes provenientes de los productos de desecho y de la descomposición del alimento no ingerido (Molleda y otros, 2019).

En la presente investigación se propone aprovechar la cáscara de camarón para la obtención de quitosano y esta sustancia utilizarla como bioadsorbentes para la remoción de metales pesados como Arsénico V y Cobre II, considerando que los residuos del crustáceo tienen una abundancia de quitina, la misma que mediante un proceso de desacetilación se obtiene quitosano.

4. BENEFICIARIOS

Mediante el proyecto “ Aprovechamiento de la cáscara de camarón para la obtención de quitosano y su potencial aplicación en la remoción de metales pesados, provincia de Cotopaxi en el periodo 2022-2023” como beneficiarios directos están las personas que se encuentra relacionadas directamente con el comercio de camarones en la provincia de Cotopaxi como: dueños de restaurantes y comerciantes de camarones crudos; mientras que como beneficiarios indirectos se encuentra la comunidad académica de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

Tabla 1. Beneficiarios del Proyecto

DIRECTOS		INDIRECTOS	
Centro de comercio de camarones de Cotopaxi.		Alumnos de la carrera de Ingeniería ambiental.	
Número de restaurantes	1826	Hombres	201
		Mujeres	321
TOTAL	1826	TOTAL	522

Fuente: Zhujiworld (2022); Universidad Técnica de Cotopaxi (2020).

5. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

La presente investigación es fundamental porque Ecuador es un país que posee una gran riqueza natural, por lo cual favorece a la industria agrícola, ganadera y acuícola del país. La actividad camaronera representa, para cerca de 180 000 personas en Ecuador, un sustento económico en los diferentes cantones del país (Ámbar Nicole Gonzabay Crespín, 2021)

El camarón ecuatoriano alcanzó un valor anual en 2021 de USD 5078 millones con más de 861 800 toneladas exportadas, principalmente a China y Estados Unidos. Este sector creció en un 41% con relación a 2020, la cantidad exportada de camarones también incrementó en un 24%, en los últimos doce meses, según las estadísticas de la Cámara Nacional de Acuicultura de Ecuador. La recuperación de las exportaciones de camarón se dio durante el último trimestre del año pasado. En el mundo el Ecuador se ha consolidado como el segundo mayor exportador de camarón después de India. El principal destino de este producto es China. Este crustáceo es el producto no petrolero que más ingresos genera para el Ecuador. Durante el año 2021, las exportaciones hacia China representaron el 46% de las ventas, mientras que las de Estados Unidos llegaron al 22%. Los camarones ecuatorianos son grandes y son resistentes a las enfermedades (Infobae, 2022).

La industria ecuatoriana produce en grandes cantidades de camarón y además realizan la exportación de este producto y como resultado de este proceso quedan residuos que es la cáscara del camarón que es notable en la ciudad.

Al ser procesados se pueden obtener productos como la quitina y el quitosano, ambos cuentan con un valor comercial. Podría ser de gran utilidad para alargar la conservación de semillas, frutas y alimentos marinos, a través de una película que se puede fabricar por medio de esta sustancia. El quitosano podría ayudar a separar los residuos contaminantes, como metales pesados o compuestos orgánicos del agua (Romero y Pereira, Redalyc, 2020).

La disposición final de los residuos generados de la cáscara de camarón en el entorno no es aprovechada y no puede ser procesado es por eso que su destino final es ir al relleno y forman basura común con una producción de enero a diciembre del 2022 sus exportaciones ascendieron a USD 5 676 millones.

Es así, como la cáscara de camarón por su alto grado de quitina, se convierte en un captador de metales pesados como: mercurio, níquel, cromo, plomo y cobre presentes posee diferentes beneficios para la salud, agricultura y el medio ambiente (Ortega, 2022).

6. OBJETIVOS

6.1. General

Aprovechar la cáscara de camarón rojo (*Farfantepenaeus brevirostris*) para la obtención de quitosano y su potencial aplicación en la remoción de metales pesados en aguas contaminadas.

6.2. Específicos

- Sintetizar el quitosano a partir de la cáscara de camarón rojo.
- Caracterizar el quitosano obtenido mediante espectroscopia infrarroja.
- Analizar la capacidad de remoción de arsénico V y cobre II del quitosano obtenido.

6. ACTIVIDADES Y SISTEMAS DE TAREAS

Tabla 2. Actividades y sistemas de tareas en relación con los objetivos planteados

OBJETIVOS	ACTIVIDADES	RESULTADOS DE LAS ACTIVIDADES	METODOLOGÍA
1.- Sintetizar el quitosano a partir de la cáscara de camarón rojo	-Revisión bibliográfica referente a procesos de obtención de quitosano. -Plantear la metodología efectiva para la sintetización de quitosano.	Metodología para la obtención de quitosano a partir de la cáscara de camarón.	Procesos de sintetización de quitosano: <ul style="list-style-type: none"> • Desmineralización • Desproteínización • Decoloración • Desacetilación
2.- Caracterizar el quitosano obtenido mediante espectroscopia infrarroja.	-Investigar de los métodos de caracterización de quitosano obtenido.	Identificación de grupos funcionales (amino, acetamido e hidroxilo) que conforma quitosano.	Espectroscopia infrarroja por transformadas de Fourier.
3.-Analizar la capacidad de remoción de arsénico V y cobre II del quitosano obtenido.	-Revisión bibliográfica acerca de temas de remoción de metales pesados. -Preparación de muestras contaminadas de arsénico (V) y cobre (II) para la aplicación de quitosano obtenido.	-Relación de concentración inicial y concentración final obtenida después del tratamiento de quitosano.	-Análisis de fisicoquímico de remoción de arsénico y cobre. - Análisis estadístico mediante la prueba chi cuadrado. -Capacidad de remoción de metales pesados del quitosano obtenido.

Elaborado por: Chancusig & Tipanguano, 2022.

7. MARCO TEÓRICO

7.1. Metales pesados

Los metales pesados son componentes naturales tóxicos muy peligrosos, se caracterizan por: persistencia, bioacumulación, biotransformación además de su alta toxicidad. Los metales pesados son emitidos por diferentes fuentes por lo que se les puede encontrar en el aire, suelo y agua; además de diferente forma sólido, líquido o gaseosa. En tal sentido, los metales pesados son utilizados en procesos industriales tales como: cadmio (Cd), cobre (Cu), plomo

(Pb), mercurio (Hg), níquel (Ni), cromo (Cr), los mismo que puede ser perjudicial para las plantas y los animales incluso en bajas concentraciones (Rodríguez Heredia, 2017, 1).

7.1.1. Arsénico (As)

El arsénico es un elemento semimetal natural de mayor abundancia presente en el planeta distribuidos ampliamente en el suelo y minerales, el mismo que puede traspasar a componentes como agua, aire y tierra a través de procesos naturales como tormentas de polvo, aguas de escorrentías, emisiones volcánicas y procesos antropogénicos como actividades mineras, agrícolas y uso de combustibles fósiles (Lenntech, 2023).

Se conoce como arsénico inorgánico cuando se encuentra como otros elementos como oxígeno, cloro o azufre y esto convirtiéndose en un elemento tóxico mientras que cuando este combinado con elementos como carbono e hidrógeno es orgánico (Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades., 2016).

Efectos del Arsénico en la Salud.

El arsénico es un elemento fundamental para la vida de manera que si llegase a faltar puede contraer complicaciones, asimismo se emplea en la elaboración de fármacos, materiales cosméticos, agrícolas e incluso en dispositivos electrónicos. Sin embargo, la Organización Mundial de la Salud manifiesta que la exposición prolongada o ingestión en altas concentraciones de este elemento puede causar cáncer y lesiones cutáneas, además de asociarse a enfermedades cardiovasculares, diabetes y un aumento de mortalidad (Organización Mundial de la Salud, 2022).

Tanto la normativa ecuatoriana como la EPA establecen que el límite máximo permisible es de 0.5 mg/L (Oviedo y otros, 2017).

El arsénico tiene 3 formas principales de introducir al organismo; inhalación de polvo en el aire contaminado; ingestión de alimentos y bebidas contaminadas; y absorción a través de la piel (Galváo & Corey, 1987).

Además, según Thermo Fisher en la hoja de datos de seguridad material o más conocidos por sus siglas en inglés MSDS (Material Safety Data Sheet), describe al arsénico como un elemento peligroso para la salud como toxicidad aguda oral con categoría de 3, toxicidad aguda por inhalación como polvos y nieblas en categoría 3 y una carcinogenicidad en categoría 1A, al igual existen peligros para el medio ambiente con toxicidad acuática aguda y toxicidad acuática crónica estas perteneciendo a la categoría 1, las indicaciones de peligro muestran que puede provocar cáncer, es muy tóxico para los organismos acuáticos con efectos nocivos

duraderos y es tóxico en caso de ingestión o inhalación, para su manipulación y almacenamiento debe ser manipulado respetando las buenas prácticas de higiene industrial y seguridad, mantener lejos de alimentos, bebidas y piensos, no comer, beber ni fumar durante su utilización, retirar y lavar la ropa y los guantes contaminados, por dentro y por fuera, antes de volver a usarlos y lavar las manos antes de los descansos y después de la jornada. Al igual en la ficha de datos de seguridad con propiedades fisicoquímicas el As se encuentra en estado sólido, su olor es inodoro, el punto/ intervalo de fusión es de 817 °C / 1502.6 °F, su punto/intervalo de ebullición 614 °C / 1137.2 °F, no es inflamable ya sea en cualquier de sus tres estados sólido, líquido o gaseoso que se encuentre, no posee límites de explosión, su densidad relativa es de 5.778 g/cm³ y por último en la ficha de información ecológica presenta efectos de ecotoxicidad donde es muy tóxico para los organismos acuáticos, puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente acuático, el producto contiene las sustancias siguientes que son peligrosas para el medio ambiente, puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente y evitar que el material contamine el agua del subsuelo, la persistencia es insoluble en agua, puede persistir, la degradación en la planta de tratamiento de aguas residuales, debe evitarse su vertido en el medio ambiente es necesario un tratamiento previo especial porque contiene sustancias nocivas para el entorno o no degradables en las estaciones de tratamiento, el potencial de bioacumulación este material puede tener cierto potencial de bioacumulación, el producto presenta un alto potencial de bioconcentración y la movilidad en el suelo derrame poco probable que penetrar en el suelo, no es probable que sea móvil en el medio ambiente debido a su baja solubilidad en agua (Fisher, 2021).

7.1.2. Cobre (Cu)

El cobre es una sustancia metálica de transición de origen natural y se desplaza por agua, aire y suelo mediante fenómenos naturales; este metal tiene una apariencia rojiza anaranjada no radiactiva, conformada por propiedades químicas, físicas, mecánicas y eléctricas. La mayor parte del cobre se obtiene a partir de sulfuros como la calcocita, covelita, calcopirita bornita y enargita (Lenntech, 2023).

El cobre tiene un uso amplio dentro de las actividades antropogénicas como: industrias eléctricas, construcción, automovilísticas y, además, se utiliza en tratamientos de contaminación por fitoplancton en aguas eutróficas y a la vez como producto quimioterápico en el control de bacterias, protozoos y hongos (Rodríguez D. , 2017).

Efectos del Cobre en la Salud.

El Cobre es macronutriente esencial para el ser humano que se encuentra en diversos órganos, tienen elevada actividad metabólica y cumplen funciones principales en las células y el cerebro. Sin embargo, la absorción de cobre en altas concentraciones puede causar daño a la salud desde malestar, dolor de cabeza, estómago, mareo, daño al hígado y los riñones e incluso la muerte (Rodríguez D. , 2017).

Según la normativa ecuatoriana establece que el límite máximo permisible de cobre en agua potable es de 1 mg/L, mientras que la EPA considera que el límite máximo permisible es de 1.3 mg/L.

Los metales pesados como arsénico y cobre son esenciales para los animales, plantas y humanos; así, jugando un papel importante en la existencia de muchos organismos. Sin embargo, también son considerados como contaminantes medioambientales debido a los altos niveles de concentración que presentan como resultados de actividades industriales, comerciales y domésticas. La presencia de metales pesados en las aguas residuales industriales y municipales exigen un tratamiento efectivo de las mismas para su uso posterior o bien para un confiable desecho a corrientes y cuerpos de agua (Velázquez, 2013).

Según Carl Roth en la hoja de datos de seguridad material o más conocidos por sus siglas en inglés MSDS (Material Safety Data Sheet), manifiesta que si existe el caso de contacto de Cu con los ojos se debe lavar con agua durante varios minutos. Si aparece malestar o en caso de duda consultar a un médico. En caso de ingestión enjuagarse la boca acudir donde un médico, no se conocen aun los principales síntomas y efectos, agudos y retardados mientras que en la ficha de datos de seguridad las precauciones para una manipulación segura no son necesarias medidas especiales, las recomendaciones sobre medidas generales de higiene en el trabajo se debe mantener lejos de alimentos, bebidas y piensos, condiciones de almacenamiento seguro, incluidas posibles incompatibilidades se debe almacenar en un lugar seco a una temperatura recomendada de almacenamiento: 15 – 25 °C. Existen propiedades físicas y químicas donde su estado físico es sólido, su forma según la descripción del producto tiene un olor inodoro, su punto de fusión/punto de congelación es a 1.059 °C y su punto de ebullición o punto inicial de ebullición e intervalo de ebullición 2.580 °C a 1.013 hPa, la inflamabilidad no combustible, el punto de inflamación no es aplicable, la hidrosolubilidad (insoluble (< 1 mg/l)) y su densidad 8,78 g /cm³ a 20 °C. Los síntomas relacionados con las características físicas, químicas y toxicológicas en caso de ingestión daños de hígado y riñones, trastornos gastrointestinales y su información ecológica no es clasificado como peligroso para el medio

ambiente acuático para la biodegradación existen métodos para determinar la desintegración no se pueden aplicar para materiales inorgánicos (Roth, 2021) .

7.2. Tratamiento de remoción de metales pesados en aguas contaminadas.

Los tratamientos de remoción de metales de las aguas contaminadas por acciones naturales o antropogénicas se clasifican en tres grupos como: físicas, químicas y biológicas (**Tabla 3**). Los tratamientos físicos son aquellos métodos en los que se aplica una separación física, generalmente de sólidos; mientras que los tratamientos químicos se caracterizan por la reacción de aditivos químicos para el funcionamiento de su proceso y los tratamientos biológicos son procesos que eliminan los contaminantes del agua mediante el uso de microorganismos (Rodríguez de Jorge, 2020) (Buitrón Méndez, 2003).

Tabla 3. Tratamientos para la remoción de metales pesados en aguas contaminadas.

Tratamientos físicos	Tratamientos químicos	Tratamientos biológicos
<ul style="list-style-type: none"> ● Filtración por membrana. ● Ultrafiltración. ● Ósmosis inversa 	<ul style="list-style-type: none"> ● Electrodiálisis ● Precipitación química ● Coagulación - floculación 	<ul style="list-style-type: none"> ● Fitorremediación ● Bioadsorción

Fuente: Chuquilin (2020)

Tanto en la investigación de Jacome et al. (2021) como otras investigaciones manifiestan que los tratamientos biológicos son eficientes y a la vez amigables con el medio ambiente, a comparación de los tratamientos físicos y químicos que pueden ser eficientes, pero no sostenibles para el ambiente (**Figura 1**).

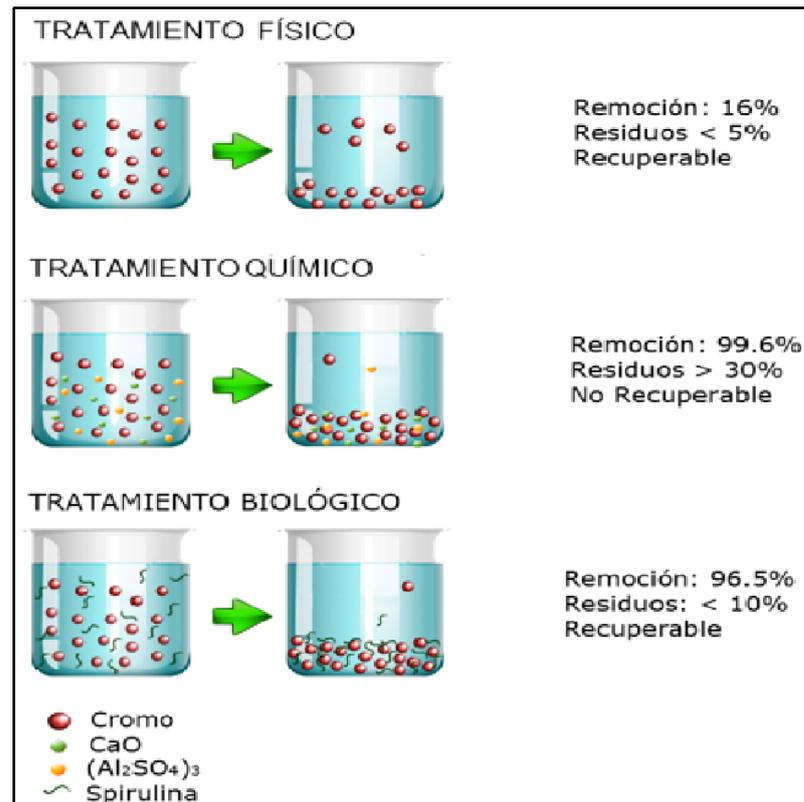


Figura 1. Eficiencia de tratamientos de aguas contaminadas.

Fuente: Jacome et al. (2021)

3.1.1. Bioadsorción

La bioadsorción es un proceso biológico, donde interactúan fenómenos de adsorción y absorción de moléculas y iones; el objetivo principal de este proceso es la remoción de metales pesados en aguas contaminadas por actividades humanas, empleando materiales biológicos tales como: algas, hongos, bacterias, cáscaras de frutas y algunos tipos de biopolímeros. La ventaja del uso de estos materiales es debido a su gran abundancia en la naturaleza y su económico proceso de transformación a biosorbentes. El proceso de bioadsorción involucra una fase sólida (biomasa) y una fase líquida (agua) que contiene disueltos la sustancia de interés que será absorbida (en este caso, los iones de los metales pesados). Es importante que los grupos funcionales de la biomasa y el contaminante tengan una gran afinidad, debido a que el contaminante debe ser atraído hacia el sólido y enlazado por diferentes mecanismos. También se considera que la bioadsorción es la mejor alternativa para la eliminación de iones metálicos presentes en aguas residuales, debido al uso de biomasa sin vida como materiales biosorbentes; el cual evita el rápido deterioro del material biosorbentes, e inclusive, se puede ajustar ciertas variables para aumentar la eficiencia del proceso; a diferencia del uso de biomasa viva que puede ser afectada por la variación de concentraciones provocando muerte

del mismo y por consecuencia interfiriendo en el proceso de adsorción (Tejada Tevar et al., 2015).

En la (Figura 2) se muestra la el proceso de interfaz líquido - sólida, en este proceso las moléculas o iones que se encuentra en la fase sólida (sorbente) van atraer a los átomos o moléculas que se encuentra en fase líquida (soluto) a un centro activo y pasan a ser un sorbato.

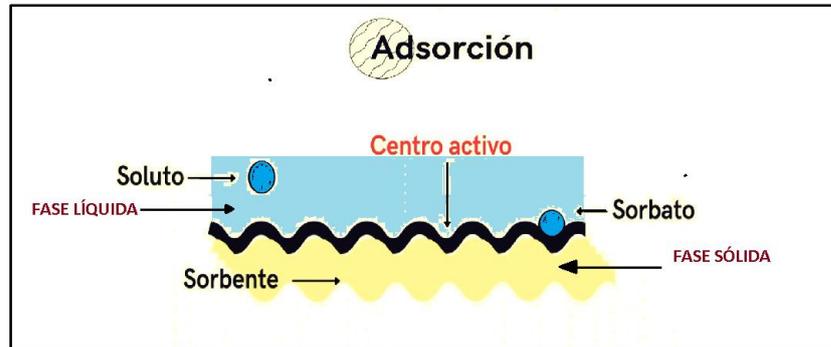


Figura 2. Eficiencia de tratamientos de aguas contaminadas.
Fuente: Lorena García (2021).

Bioadsorbentes

Según Duany et al. (2022), los bioadsorbentes son materiales derivados de microorganismos, bacterias, hongos, algas marinas, plantas o algunos polímeros naturales que han demostrado su capacidad para eliminar metales pesados presentes en aguas residuales. Además, manifiesta que la mayoría de los adsorbentes poseen estructura porosa, de manera que retener o atrapar en su interior partículas, átomos o iones debido al aumento del área superficial y su velocidad de adsorción; por tanto, se considera un buen adsorbente será aquel que presente área superficial suficientemente grande y que requiera menor tiempo para alcanzar el equilibrio de adsorción. La estructura química de los tejidos vegetales como cáscaras, semillas, hojas, tallos, raíces, entre otros, presentan orificios y poros que permiten atrapar moléculas pequeñas como los metales e incluso moléculas como las de los colorantes.

Existen numerosos materiales naturales que pueden actuar como bioadsorbentes: microorganismos, algas y distintas sustancias de naturaleza celulósica (Tabla 4). Estos materiales han demostrado su capacidad para eliminar metales pesados presentes en aguas residuales.

Materiales biosorbentes usados para la adsorción de metales pesados.

TIPO DE ADSORBENTE	BIOADSORBENTE
Organismo vivo	<ul style="list-style-type: none"> ● <i>Penicillium</i> . ● <i>Aspergillus Rizopus</i> . ● <i>Paecilomyces</i>.
Biomasa	<ul style="list-style-type: none"> ● Cáscara de tamarindo. ● Cáscara de naranja . ● Cebada (<i>Hordecum vulgare</i>).
Biopolímero	<ul style="list-style-type: none"> ● Quitosano ● Quitosano Epiclorhidrina Trifosfato.
Carbones activados	<ul style="list-style-type: none"> ● Carbón activado a partir de <i>Escherichia. coli</i> y carbón activado a partir de <i>Arthrobacter viscous</i>. ● Carbón activado a partir de cáscara de naranja.
Modificación Química	<ul style="list-style-type: none"> ● Biomasa reticulada con glutaraldehído ● Biomasa reticulada con cloruro de calcio ● Biomasa modificada con ácido cítrico
Otros materiales	<ul style="list-style-type: none"> ● Arena ● Zeolita ● Cenizas volantes

Fuente: Tejada Tevar et al. (2015).

Según Romero y otros (2018), el quitosano es un excelente bioadsorbente para la remoción de metales pesados como: cromo y cobre.

3.2. Quitosano

El Quitosano es un polisacárido que se encuentra en la naturaleza por abundancia que se obtiene a partir de la quitina desacetilada, es un biopolímero lineal formado por unidades de glucosamina y en menor medida de N-acetil D-glucosamina unidos por enlaces β 1-4, cuya denominación química (Rodríguez et al., 2009)

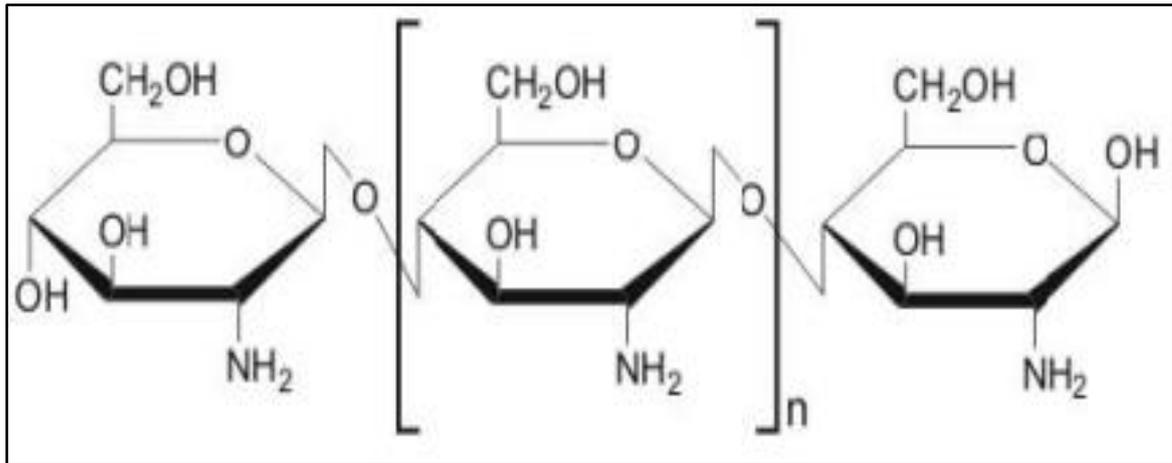


Figura 3. Estructura química del quitosano

Fuente: Carlos Sánchez (2008)

El quitosano tiene un contenido de nitrógeno (N) mayor al 7% y posee una distribución regular de los grupos aminos libres, que pueden ser protonados por ciertos ácidos cargándose positivamente lo que le confiere un comportamiento de poliacación. Una propiedad importante del quitosano es su estructura rígida, caracterizada por numerosos enlaces por puentes de hidrógeno, la cual le confiere una buena estabilidad térmica (Rodríguez et al., 2009). (Timosthe y otros, 2022).

3.2.1. Propiedades del quitosano

El quitosano debido a tener una ligera carga positiva del grupo amino, le permite ser soluble en medios ácidos y en soluciones neutras, biodegradable debido a su función enzimática y posee un bajo índice tóxico lo cual le permite utilizar en diversos campos (medicina, biotecnología, ambiental, etc.) (Nieto & Orellana, 2011).

3.2.2. Obtención de quitosano de método antropogénico.

El quitosano es un producto natural que obtiene a partir de la modificación química de quitina; la cual se extrae de desechos de crustáceos (cangrejos, gambas, langostas, camarones, etc.) generados por la industria pesquera. Se han desarrollado varios procedimientos caseros, comerciales y analíticos para la obtención de quitosano en los últimos años, sin embargo, el método más utilizado y exacto es la reacción de conversión de quitina por N-desacetilación alcalina (Rodríguez y otros, 2009; EstoEsAgricultura, 2023).

Este proceso de N-desacetilación se caracteriza por el uso principal hidróxido de sodio, además de ácido clorhídrico, acetona y/o etanol, los cuales son encargados de remover las sales (carbonato de calcio), proteínas y pigmentos asociadas a la cáscara de camarón.

A continuación, se describe los procesos previos a la desacetilación de quitina para a la obtención de quitosano realizados por Barra y otros (2012).

- **Lavado:** Eliminación de residuos e impurezas de la cascara de camarón.
- **Secado:** Secar la cascara de camarón para obtener un material rígido para posteriormente triturar el material fácilmente.
- **Trituración:** Obtener un material fino y homogéneo para futuros usos.
- **Desmineralización:** Eliminar minerales presentes en la cáscara de camarón mediante el uso de HCl.
- **Desproteínización:** Eliminar proteínas de la cáscara de camarón mediante NaOH.

Desacetilación de la quitina.

Desacetilación: Consiste en eliminar las unidades acetilos de la estructura del biopolímero mediante un tratamiento de HCl al 50%.

La desacetilación de la quitina también otros métodos de obtención de quitosano; sin embargo, este método puede provocar la hidrólisis del polisacárido y traer como consecuencia, bajos rendimientos del producto final (quitosano) debido al uso de reactivos ácido (Rodríguez y otros, 2009).

3.2.3. Aplicaciones del quitosano para tratamientos de aguas contaminadas.

Debido a que el quitosano sus posee diversas propiedades que le permite unirse a algunos metales, hace que el uso de quitosano para la remoción de metales pesado, sea una aplicación de mayor importancia debido a que quitina y quitosano son materiales ambientalmente amigables, entre los principales usos en esta aplicación se tiene como:

- a) Coagulante primario para aguas residuales de alta turbidez y alta alcalinidad.
- b) Floculante para remoción de partículas coloidales sólidas y aceites.
- c) Captación de metales pesados y pesticidas en soluciones acuosas.

El quitosano ha mostrado ser un buen coagulante en la potabilización de las aguas, sin embargo, son pocas las investigaciones desarrolladas sobre su efectividad en aguas de residuales complejas como las aguas de producción de petróleo (Rodríguez et al., 2009).

Se conoce que en Japón se emplea el quitosano en el proceso de coagulación - floculación para tratamientos de aguas residuales (Nieto & Orellana, 2011).

3.2.4. Características físico químicas para tratamientos de aguas contaminadas mediante quitosano.

El proceso de adsorción se afecta significativamente por diversos aspectos y propiedades del adsorbente como son la densidad de las partículas del material (tamaño de partícula), el área de superficial, la porosidad, las propiedades físico-químicas de la superficie del adsorbente, la presencia o ausencia de grupos funcionales y la composición elemental, las propiedades térmicas y el pH de la superficie de la materia (Valladares Cisneros et al., 2016).

Efecto de la temperatura

Un aumento elevado de la temperatura puede causar un cambio en la textura del sorbente y un deterioro del material que desembocan en una pérdida de capacidad de absorción.

Efecto del pH

El pH del agua contaminada es un importante parámetro que controla los procesos de adsorción de metales en diferentes adsorbentes, debido al hecho de que los iones hidrógeno se constituyen en un adsorbato fuertemente competitivo. Según una investigación realizada por Cuizano et al. (2010) manifiesta que la de metales pesados como cadmio (Cd), plata (Au) y cobre (Cu) en rango de pH 3 a 5 son efectivos para un proceso de adsorción (Cuizano et al., 2010).

Efecto del tamaño de partícula

La adsorción tiene lugar fundamentalmente en el interior de las partículas, sobre las paredes de los poros en puntos específicos. Mientras que menor tamaño de partícula tenga el quitosano, mayor capacidad de remoción tendrá (Cañizares, 2000).

3.3. Residuos de desechos de camarones

El sector camaronero en todo el mundo tiene una importancia económica significativa, por lo que en los últimos años se ha observado un crecimiento en su producción y demanda. Existe una extensa variedad de crustáceos y, entre éstos, el camarón se destaca como el más importante desde el punto de vista económico, debido a su amplia distribución a lo largo de las costas y a su utilización en diversos platillos. Sin embargo, se ha reportado que alrededor de 48-60% del peso total del camarón corresponde a la fracción no comestible, que comprende el exoesqueleto, la cabeza y la cola. Por lo general, estas partes son consideradas y manejadas

como desechos; no obstante, poseen importantes cantidades de proteínas, lípidos, quitina y carotenoides, como la antoxantina (Cabanillas Bojórquez, 2020).

3.3.1. Composición de la cáscara de camarón.

El camarón está formado por diversos compuestos como: proteínas, quitina, minerales, lípidos y pigmentos (Cabanillas Bojórquez, 2020).

- **Proteína:** según diversos reportes, los desechos de camarón son una fuente importante de proteína; además, poseen aminoácidos esenciales, como valina, isoleucina, treonina, serina, tirosina, histidina y triptófano.
- **Quitina:** quitina es la segunda molécula más abundante en el mundo, sólo después de la celulosa: en el camarón, ésta tiene la función de proveer rigidez a su estructura.
- **Lípidos:** Los desechos de camarón son una fuente de ácidos grasos poliinsaturados (PUFA), principalmente los derivados de omega 3.

Porcentaje de composición de la cáscara de camarón.

Componente	Contenido %
Quitina	15 - 20
Proteínas	35-50
Minerales	41-46
Lípidos	2 - 7
Pigmentos	1-5

Fuente: Cabanillas Bojórquez (2020).

7. Alternativas de aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos

La cascara de camarón debido a su riqueza de quitina y sus propiedades puede ser aprovechado de diferentes formas; considerando que mediante diferentes tipos de tecnologías se lo puede generar en otro producto a estos residuos sólidos. A continuación, se menciona de que manera se puede emplear la cascara de camarón (Carvajal, 2020):

- Compostaje
- Fertilizantes
- Alimento de animales.
- Tratamiento de aguas residuales.
- Envases y bolsas biodegradables.

8. MARCO LEGAL

Con el propósito de la obtención de quitosano para la remoción de metales pesados, dentro de la normativa ecuatoriana no se evidencia una norma que regule.

Marco legal

NORMATIVA	ARTÍCULOS
<p>CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR</p> <p>Última modificación: 01-08-2018</p> <p>Estado: Reformado</p>	<p>Art. 12.- El derecho humano al agua es fundamental e irrenunciable. El agua constituye patrimonio nacional estratégico de uso público, inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida.</p> <p>Art. 13.- Las personas y colectividades tienen derecho al acceso seguro y permanente a alimentos sanos, suficientes y nutritivos; preferentemente producidos a nivel local y en correspondencia con sus diversas identidades y tradiciones culturales.</p> <p>Art. 14.- Derecho de la población a un buen vivir.</p> <p>Art. 15.- Uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto.</p> <p>Art. 32.- Derecho a la salud vinculada: al derecho al agua, la seguridad social, los ambientes sanos.</p> <p>Art. 71.- Derecho a la naturaleza y respeto integral a su existencia y mantenimiento.</p> <p>Art. 72.- Derecho a la restauración de la naturaleza.</p> <p>Art. 389.- El Estado protegerá a las personas, las colectividades y la naturaleza frente a los efectos negativos de los desastres de origen natural o antrópico mediante la prevención ante el riesgo, la mitigación de desastres, la recuperación y mejoramiento de las condiciones sociales, económicas y ambientales, con el objetivo de minimizar la condición de vulnerabilidad.</p> <p>Art. 395.- Reconoce los principios ambientales: Modelo de Desarrollo 24 Sustentable, aplicación de las</p>

	<p>políticas de gestión ambiental y, la participación activa y permanente de los ciudadanos.</p> <p>Art. 397.- Garantizar la salud y la restauración de los ecosistemas en caso de daños ambientales.</p> <p>Art. 398.- Toda decisión o autorización estatal que pueda afectar al ambiente deberá ser consultada a la comunidad, la cual se informará amplia y oportunamente.</p> <p>ART. 399.- El ejercicio integral de la estatal sobre el ambiente y la corresponsabilidad de la ciudadanía en su preservación.</p> <p>Art. 413.- El Estado promoverá la eficiencia energética, el desarrollo y uso de prácticas y tecnologías ambientalmente limpias y sanas, así como de energías renovables, diversificadas, de bajo impacto y que no pongan en riesgo la soberanía alimentaria, el equilibrio ecológico de los ecosistemas ni el derecho al agua.</p>
<p>CÓDIGO ORGÁNICO AMBIENTAL (COA)</p> <p>Registro Oficial Suplemento 983 de 12/04/2017</p> <p>Estado: Vigente</p>	<p>Art. 29.- Regulación de la biodiversidad. La biodiversidad es un recurso estratégico del Estado, que deberá incluirse en la planificación territorial nacional y de los gobiernos autónomos descentralizados como un elemento esencial para garantizar un desarrollo equitativo, solidario y con responsabilidad intergeneracional en los territorios.</p> <p>Art. 30.- Objetivos del Estado. Los objetivos del Estado relativos a la biodiversidad son:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Conservar y usar la biodiversidad de forma sostenible; 2. Mantener la estructura, la composición y el funcionamiento de los ecosistemas, de tal manera que se garantice su capacidad de resiliencia y su la posibilidad de generar bienes y servicios ambientales; 10. Proteger y recuperar el conocimiento tradicional, colectivo y saber ancestral de las comunas, comunidades, pueblos y nacionalidades asociados con la biodiversidad, e incorporar dichos saberes y

	<p>conocimientos en la gestión de las políticas públicas relacionadas con la biodiversidad.</p> <p>Art.245.-Obligaciones generales para la producción más limpia y el consumo sustentable. Todas las instituciones del Estado y las personas naturales o jurídicas, están obligadas según corresponda, a:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Incorporar en sus propias estructuras y planes, programas, proyectos y actividades, la normativa y principios generales relacionados con la prevención de la contaminación, establecidas en este Código; 2. Optimizar el aprovechamiento sustentable de materias primas; 3. Fomentar y propender la optimización y eficiencia energética, así como el aprovechamiento de energías renovables; 4. Prevenir y minimizar la generación de cargas contaminantes al ambiente, considerando el ciclo de vida del producto; 5. Fomentar procesos de mejoramiento continuo que disminuyan emisiones; 6. Promover con las entidades competentes el acceso a la educación para el consumo sustentable; 7. Promover el acceso a la información sobre productos y servicios en base a criterios sociales, ambientales y económicos para la producción más limpia y consumo sustentable; 8. Coordinar mecanismos que faciliten la transferencia de tecnología para la producción más limpia; 9. Minimizar y aprovechar los desechos; y, 10. Otros que la Autoridad Ambiental Nacional dicte para el efecto
<p>LEY ORGÁNICA DE RECURSOS HÍDRICOS, USOS Y APROVECHAMIENTO DEL AGUA</p> <p>Registro Oficial N.º 305, miércoles 06 de agosto de 2014.</p>	<p>Art. 1.- Naturaleza jurídica. Los recursos hídricos son parte del patrimonio natural del Estado y serán de su competencia exclusiva, la misma que se ejercerá concurrentemente entre el Gobierno Central y los Gobiernos Autónomos Descentralizados, de conformidad con la Ley. El agua es patrimonio nacional estratégico de uso público, dominio inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida, elemento vital de la naturaleza y fundamental para garantizar la soberanía alimentaria.</p>

	<p>Art. 5.- Sector estratégico. El agua constituye patrimonio nacional, sector estratégico de decisión y de control exclusivo del Estado a través de la Autoridad Única del Agua. Su gestión se orientará al pleno ejercicio de los derechos y al interés público, en atención a su decisiva influencia social, comunitaria, cultural, política, ambiental y económica.</p> <p>Art. 18.- Competencias y atribuciones de la Autoridad Única del Agua. Las competencias son:</p> <p>l) Establecer mecanismos de coordinación y complementariedad con los Gobiernos Autónomos Descentralizados en lo referente a la prestación de servicios públicos de riego y drenaje, agua potable, alcantarillado, saneamiento, depuración de aguas residuales y otros que establezca la ley;</p> <p>m) Emitir informe técnico de viabilidad para la ejecución de los proyectos de agua potable, saneamiento, riego y drenaje;</p> <p>s) Implementar un registro para identificar y cuantificar los caudales y las autorizaciones de uso o aprovechamiento productivo cuando se trata de caudales que fluyen por un mismo canal o sistema de riego;</p>
<p>Acuerdo Ministerial 097-A</p> <p>Registro Oficial N°miércoles 4/11/2015</p>	<p>AM. 097-A.- El objetivo principal de la presente norma es proteger la calidad del recurso agua para salvaguardar y preservar los usos asignados, la integridad de las personas, de los ecosistemas y sus interrelaciones y del ambiente en general. Se entiende por agua para consumo humano y uso doméstico aquella que es obtenida de cuerpos de agua superficiales o subterráneas, y que luego de ser tratada será empleada por individuos o comunidades en actividades como:</p> <p>a) Bebida y preparación de alimentos para consumo humano,</p> <p>b) Satisfacción de necesidades domésticas, individuales o colectivas, tales como higiene personal y limpieza de elementos, materiales o utensilios.</p>

<p>Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2266:2013 Segunda revisión</p>	<p>3.1.14 Eliminación. Cualquiera de las operaciones especificadas por la autoridad competente con el fin de disponer de manera definitiva los desechos peligrosos.</p> <p>3.1.15 Embalaje/envase. Recipiente y todos los demás elementos o materiales necesarios para que el recipiente pueda desempeñar su función de contención.</p> <p>3.1.17 Envasado. Acción de introducir un material peligroso en un recipiente, para evitar su dispersión o propagación, así como facilitar su manejo.</p> <p>3.1.18 Etiqueta. Conjunto de elementos de información escritos, impresos o gráficos relativos a un producto peligroso, elegidos en razón de su pertinencia para el sector o los sectores de que se trate, que se adhieren o se imprimen en el recipiente que contiene el material peligroso o en su embalaje/envase exterior, o que se fijan en ellos.</p> <p>6.1.1.7 Todo el personal vinculado con la gestión de materiales peligrosos debe tener conocimiento y capacitación acerca del manejo y aplicación de las hojas de seguridad de materiales, con la finalidad de conocer sus riesgos, los equipos de protección personal y cómo responder en caso de que ocurran accidentes con este tipo de materiales. La información debe estar en idioma español y contendrá 16 secciones:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Identificación del material y del proveedor. 2. Identificación de peligros. 3. Composición e información de los ingredientes peligrosos. 4. Primeros auxilios. 5. Medidas de lucha contra incendios. 6. Medidas que deben tomarse en caso de derrame accidental. 7. Manejo y almacenamiento. 8. Control de exposición / protección individual. 9. Propiedades físicas y químicas. 10. Estabilidad y reactividad. 11. Información toxicológica. 12. Información ecotoxicológica.
---	--

	<p>13. Información relativa a la eliminación de los productos.</p> <p>14. Información relativa al transporte.</p> <p>15. Información sobre la reglamentación.</p> <p>16. Otras informaciones.</p> <p>6.1.2.1 Los transportistas deben capacitar a sus conductores mediante un programa anual que incluya como mínimo los siguientes temas:</p> <p>a) Leyes, disposiciones, normas, regulaciones sobre el transporte de materiales peligrosos. b) Principales tipos de riesgos, para la salud, seguridad y ambiente.</p> <p>c) Buenas prácticas de envase /embalaje.</p> <p>d) Procedimientos de carga y descarga.</p> <p>e) Estibado correcto de materiales peligrosos. f) Compatibilidad y segregación.</p> <p>g) Planes de respuesta a emergencias.</p> <p>h) Conocimiento y manejo del kit de derrames.</p> <p>i) Mantenimiento de la unidad de transporte. j) Manejo defensivo.</p> <p>k) Aplicación de señalización preventiva.</p> <p>l) Primeros auxilios.</p> <p>6.1.7.1 Responsabilidad. Toda persona natural o jurídica que maneje materiales peligrosos será responsable de los accidentes y daños que pudieren ocurrir como resultado de la mezcla de materiales incompatibles.</p>
--	---

9. HIPÓTESIS

Ho: Todas las muestras contaminadas de arsénico (As) y cobre (Cu) alcanzaron concentración final similares después del tratamiento de quitosano (cáscara de camarón) sin importar la concentración inicial aplicada.

Ha: De todas las muestras contaminadas de arsénico (As) y cobre (Cu), por los menos una de las muestras tratadas con quitosano alcanzó una concentración final diferente a las otras muestras, debido a la variación de concentración inicial aplicada.

10. METODOLOGÍA

La presente investigación se desarrolló mediante el uso de diferentes métodos, tipos y técnicas de investigación, los mismos que permitieron cumplir con los objetivos planteados.

Método Deductivo

Para Alcon Lequipe, (2020) “el método deductivo es aquel que parte de los datos generales aceptados como válidos y que por medio del razonamiento lógico pueden deducirse varias suposiciones”.

En esta investigación se aplicó este método durante el proceso de sintetización de quitosano considerando que el quitosano es como un captador de metales pesados.

Diseño experimental

Según Westreicher, (2021) “un diseño experimental es una técnica estadística que consiste en manipular intencionalmente la variable independiente de un modelo para observar y medir sus efectos en la variable dependiente”.

La presente investigación es un diseño experimental el cual se usa para determinar la capacidad de remoción del metal pesado a partir del quitosano en el uso de aguas contaminadas As y Cu con diversas concentraciones.

Investigación documental

Para López de Prado, (2009) “la investigación documental se basa en la recopilación de información de diversas fuentes o indaga sobre un tema en documentos”.

Mediante este tipo de investigación se obtuvieron conocimientos previos entorno al tema propuesto; a partir de libros, revistas o páginas digitales disponibles, así también como el repositorio de la misma institución.

Investigación analítica

Para Palella & Martins, (2015) es un método para obtener resultados mediante la descomposición de un fenómeno en sus elementos constituyentes.

En la presente investigación se realizó análisis de los resultados de la muestra de quitosano obtenido para realizar su respectiva caracterización y remoción de arsénico y cobre alcanzado.

Investigación exploratoria

Según Arias (2012), define la investigación exploratoria aquella que se efectúa sobre un tema u objeto desconocido o poco estudiado, por lo que sus resultados constituyen una visión aproximada de dicho objeto.

En la presente investigación se utilizó una técnica exploratoria para interpretación de resultados y síntesis en correlación con los objetivos planteados.

Técnica de investigación

Materiales, reactivos y equipos para la obtención de quitosano.

Materiales	Reactivos	Equipos
<ul style="list-style-type: none"> • Agua destilada. • Tamiz # 250 micras WSTYLER • Vasos de precipitación 1000 mL. • Probetas 500 mL. • Matraz bola 500 mL. 	<ul style="list-style-type: none"> • Hidróxido de sodio al 10% (NaOH) 316 mL. • Hidróxido de sodio al 99% (NaOH) 177.5 g. • Ácido clorhídrico al 2 M (HCl) 1000 mL. • Etanol al 96 % (C₂H₆O) 370 ml • Arseniato de sodio (Na₃AsO₄) 1.38 g. • Sulfato de cobre (CuSO₄(H₂O)₅) 1.96 g. 	<ul style="list-style-type: none"> • Molino Trapp TRF 400. • Equipo UV visible. • Estufa Binder FD 115- UL(E2). • pHmetro. • Agitador

Elaborado por: Chancusig & Tipanguano, (2023)

3.4. Sintetización de Quitosano.

El quitosano para la remoción de los metales pesados se obtuvo a partir del exoesqueleto de camarón rojo crudo, el exoesqueleto o cáscara de camarón se obtuvo de dos puntos de comercio ubicados dentro de la provincia de Cotopaxi.

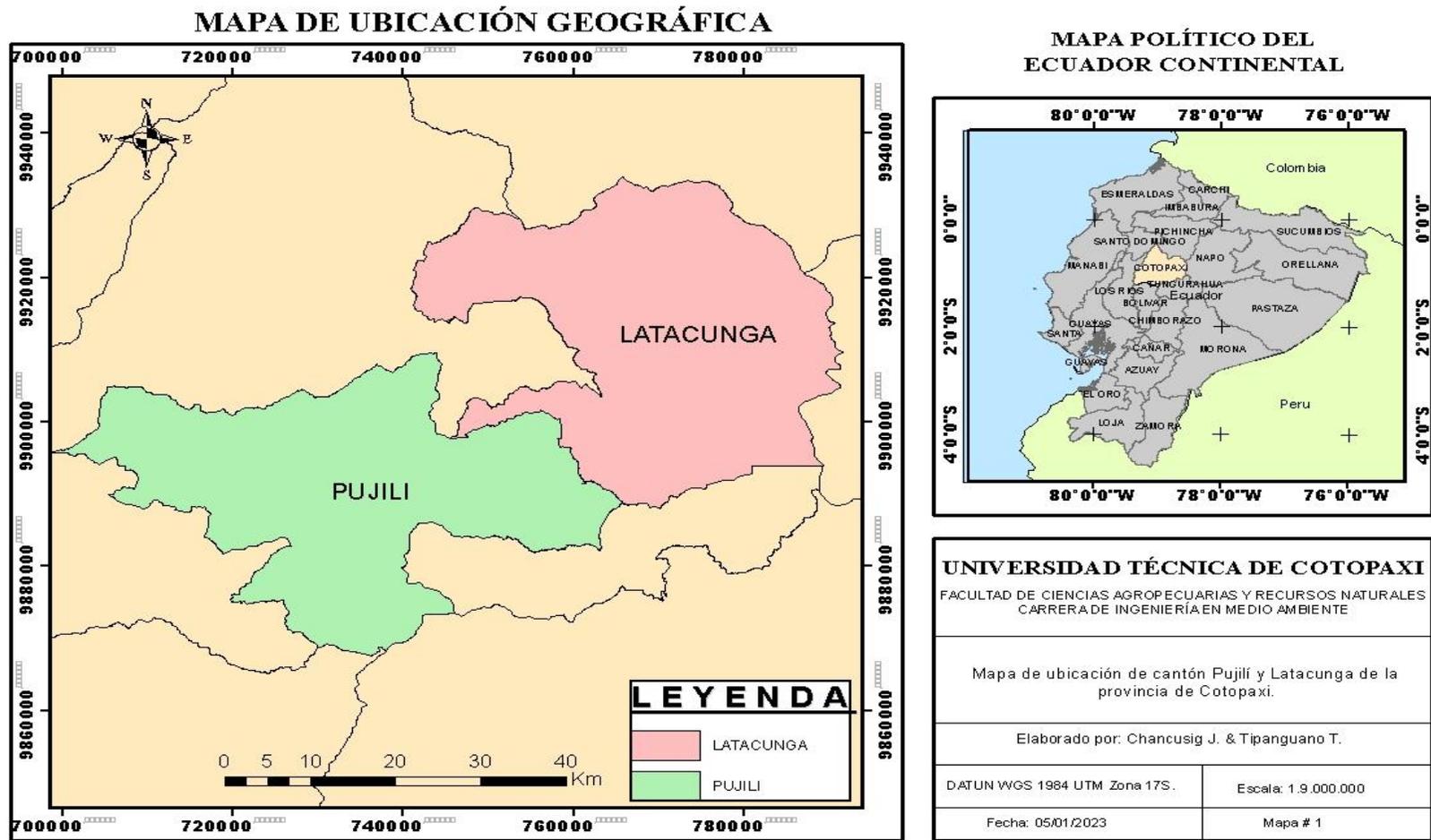


Figura 4. Ubicación de los lugares obtenidos con la cáscara de camarón rojo.
Elaborado por: Chancusig & Tipanguano, 2023.

3.4.1. Limpieza de la cáscara de camarón.

Inicialmente el exoesqueleto de camarón rojo crudo fue sometido a un proceso de limpieza y lavado manual. Luego a temperatura ambiente se dejó secar durante 4 días.

3.4.2. Trituración de la cáscara de camarón rojo.

La cáscara de camarón se sometió a un proceso de trituración mediante un mortero, dejándola un material fino.

3.4.3. Desmineralización de la cáscara de camarón.

Para la desmineralización del exoesqueleto triturado se realizó un tratamiento con ácido clorhídrico a concentración de un 1M en proporción de 1:10 (g/mL) y agitación constante a 200 rpm por 3 horas con una temperatura de 26°C. Continuamente se filtró y lavó con abundante agua destilada de manera que la cáscara de camarón rojo molida se aproxime a un pH de 7 y finalmente se llevó a un proceso de secado por 15 horas a una temperatura de 70°C.

3.4.4. Desproteínización de la cáscara de camarón.

La desproteínización de la cáscara de camarón rojo molida se realizó mediante un tratamiento con una solución de hidróxido de sodio (NaOH) al 4% P/V en relación 1:15 (g/mL) y se agitó constantemente a 200 rpm durante 2 horas a temperatura de 65°C. Luego se filtró y enjuago la cáscara de camarón con agua destilada para que el material (quitina) se aproxime a un pH de 7 y finalmente se procedió a secar 72 horas en temperatura ambiente.

3.4.5. Decolorización de quitina.

Para la decoloración se sometió la quitina a una solución de etanol al 99% V/V con relación 1:10 (g/mL) y agitación constante a 600 rpm por 10 minutos a temperatura ambiente. Posteriormente se filtró y enjugó la quitina con agua destilada hasta que el pH se aproxime a 7. Y finalmente se sometió a secado por 24 horas a una temperatura 65°C.

3.4.6. Desacetilación de quitina y obtención de quitosano.

La desacetilación de la quitina se realizó mediante un tratamiento de NaOH al 50 % con relación 1:10 (g/mL), bajo agitación constante a 600 rpm por 3 horas a una temperatura de 35 °C. Continuamente se filtró y enjugó el quitosano con agua destilada para que el pH del material alcance un nivel neutro y se secó a temperatura ambiente por 72 horas.

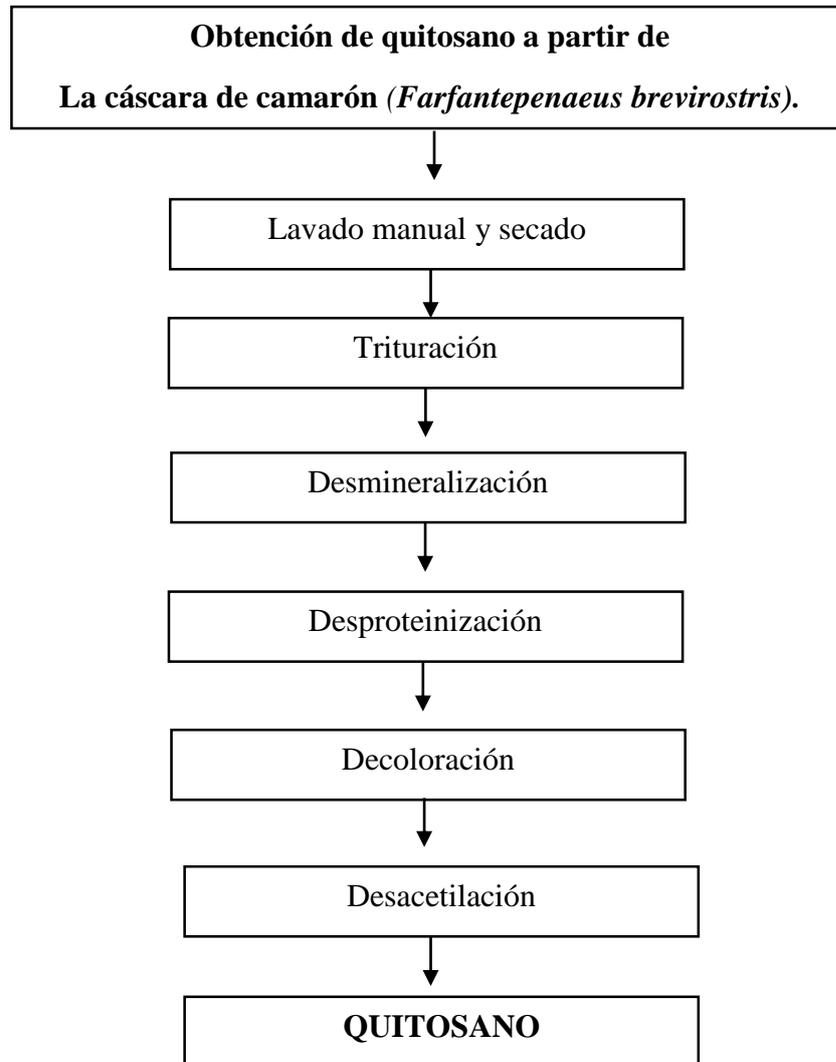


Figura 5. Diagrama de flujos de proceso para la obtención de quitosano.

Elaborado por: Chancusig & Tipanguano, 2023.

3.5. Caracterización de quitosano obtenido mediante Espectrofotometría infrarroja por transformadas de Fourier (FTIR)

El quitosano se caracterizó mediante un análisis espectrofotométrico infrarrojo por transformadas de Fourier, en el cual se envió una muestra del quitosano obtenido al Centro de Investigaciones Aplicadas a Polímeros de la Escuela Politécnica Nacional la cual cumple con la respectiva acreditación.

3.6. Análisis de capacidad de remoción de metales pesados arsénico (V) y cobre (Cu).

Para determinar la capacidad de remoción de arsénico V y cobre II del quitosano obtenido, se inició preparando muestras de agua contaminada de arsénico y cobre a concentración de 500 ppm, y a partir de esta muestra madre preparó patrones de muestras de 50 ml a concentraciones de 20 ppm, 40 ppm y 60 ppm. Para preparar las muestras contaminadas de arsénico se utilizó arseniato de sodio (Na_3AsO_4) debido a su elevada solubilidad en agua y para las muestras contaminadas de cobre se utilizó sulfato de cobre (CuSO_4).

3.6.1. Remoción de arsénico de muestras de agua contaminada.

De las 3 muestras contaminadas a concentraciones 20 ppm, 40 ppm y 60 ppm se realizó réplicas de cada muestra. Las 3 muestras principales se utilizaron como muestras de evaluación (con quitosano) y a las réplicas se utilizaron como muestras de control (sin quitosano) para descartar si la remoción de arsénico es un proceso natural.

Continuamente se agregó un 1 g de quitosano en las muestras de evolución y se dejó bajo este tratamiento durante 144 horas. Durante este tiempo se determinó parámetros fisicoquímicos de las muestras contaminadas como: conductividad y pH.

Luego mediante un espectrofotómetro UV visible SP600 se determinó la concentración de cada solución de concentración, tanto de las disoluciones de control y evaluación.

Luego de las 144 horas evaluadas se determinó la concentración final de muestra de control y evaluación, para ellos se utilizó el espectrofotómetro Nanocolor VIS®

3.6.2. Remoción de cobre de muestras de agua contaminada.

Se realizaron 3 muestras contaminadas de cobre de 50 ml a concentración de 20 ppm, 40 ppm y 60 ppm como muestras de evolución (con quitosano) y también se realizó una réplica de cada muestra como muestras de control (sin quitosano). En las muestras de evaluación se agregó un 1 g de quitosano obtenido y se dejó reaccionar durante 144 horas tanto las muestras de control y evaluación; durante este tiempo se determinó parámetros fisicoquímicos de las muestras contaminadas como: conductividad y pH.

Luego de las 144 horas evaluadas se determinó la concentración final de muestra de control y evaluación, para ellos se utilizó el espectrofotómetro Nanocolor VIS® (MACHEREY-NAGEL).

3.6.3. Análisis estadísticos mediante la prueba de chi cuadrado.

El análisis de prueba de chi cuadrado se realizó mediante las concentraciones obtenidas de las muestras contaminadas de arsénico y cobre después del tratamiento de quitosano aplicado, con la finalidad determinar si hubo diferencias de remoción de cada metal pesado, considerando que las muestras se prepararon a diferentes concentraciones, pH y conductividad al inicio del tratamiento de quitosano. A continuación, se muestran las ecuaciones utilizadas (Medwave, 2011).

Ecuación 1. Frecuencia Teórica.

$$ft = \frac{n_i - n_f}{n}$$

ft: Frecuencia teórica

n_i: Suma individual de las columnas

n_f: Suma individual de las filas

n_f: Sumas total de las filas y columnas.

Ecuación 2. Grado de Libertad.

$$gl = (n^{\circ} \text{filas} - 1) \times (n^{\circ} - 1)$$

gl: Grado de libertad

Ecuación 3. Chi cuadrado.

$$X^2 = \sum \frac{(f - ft)^2}{ft}$$

X²: Chi cuadrado

f: Suma de frecuencias

Cabe mencionar que se estableció 3 tipos de tratamientos debido a que se preparó 3 muestras contaminadas de cada contaminadas de arsénico y empiezan en 3 concentraciones diferentes.

3.6.4. Determinación del porcentaje de remoción.

Para determinar la capacidad de remoción de metales pesados de las muestras contaminadas con arsénico (V) y cobre (II), se analizan los datos y resultados de las concentraciones alcanzadas tras el tratamiento de quitosano realizado, para ello se aplicó la siguiente ecuación.

Ecuación 4. Porcentaje de remoción

$$\%R_N = \left(\frac{C_0 - C_1}{C_0} \right) \times 100\%$$

Fuente: Herrera & Sumba (2019)

%R_N: Porcentaje de remoción del contaminante.

C₀ : Valor de concentración del parámetro inicial.

C₁: Valor de concentración del parámetro.

11. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

3.7. Obtención de quitosano

En la fase lavado y secado, al finalizar el lavado manual de la cáscara de camarón rojo, se obtuvo una estructura heterogénea, áspera, rojiza. Durante los cuatro días posteriores, la estructura se secó y presentó varios cambios principalmente a nivel de dureza y también se pudo percibir el aumento drástico de olor característico a putrefacción (**Figura 7**). Al finalizar el secado, la estructura pesó 537.41g, considerando que el producto bruto tenía un peso aproximado de 2 kg, se podría decir grosso modo que la estructura contenía aproximadamente 75% de humedad.



Figura 6. Limpieza de la cáscara de camarón rojo.

Elaborado por: Chancusig & Tipanguano, 2023.

En la fase de trituración, al terminar de triturar la cáscara de camarón rojo, principalmente se pudo percibir una pérdida significativa de olor, una estructura moldeable, rojiza y heterogénea (**Figura 8**). Además, se obtuvo una pérdida de peso de 201.3 g del material triturado total.



Figura 7. Trituración de la cáscara de camarón rojo.

Elaborado por: Chancusig & Tipanguano, 2023.

En la fase de desmineralización, al culminar con este proceso la cáscara de camarón obtuvo una estructura similar a la fase anterior pero homogeneizada y el color cambió ligeramente (**Figura 9**). El peso de la cáscara de camarón rojo triturado finalmente seco tuvo un peso de 79g, representando un 40% del total inicial.

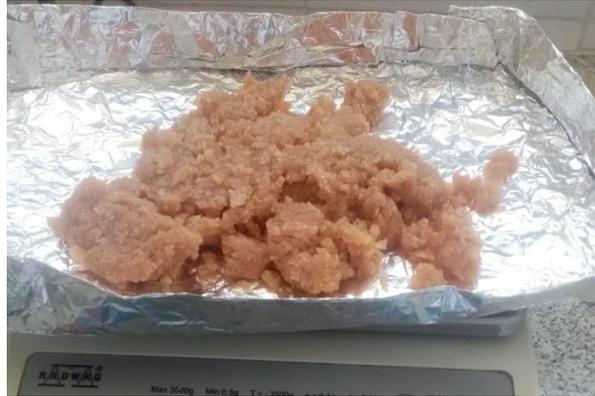


Figura 8. Resultado después del tratamiento de desmineralización.

Elaborado por: Chancusig & Tipanguano, 2023.

En la fase de desproteinización, al concluir el tratamiento de desproteinización de la cáscara de camarón se puede apreciar una estructura suave, un color rojizo menor al que aparentaba al inicio de este proceso, estructura de naturaleza homogénea, un olor mínimo a cáscara de camarón. Al culminar el secado el material tuvo un peso de 39 g.



Figura 9. Resultado final después del tratamiento de desproteinización.

Elaborado por: Chancusig & Tipanguano, 2023.

Después de los procesos de desmineralización y desproteinización la cáscara de camarón rojo es considerada 100% quitina. Ya que, según Cisneros et al., (2019) manifiesta que, al someter la cáscara de camarón bajo estos procesos, se estaría retirando todos los elementos presentes que no sea quitina, finalmente se obtendría quitina en su totalidad.

En la fase de decoloración, al terminar con el proceso de decoloración, la quitina obtuvo una estructura blanda, un color blanco con mínima apreciación al color inicial y olor casi inodoro (**Figura 11**). El peso de la quitina obtenida finalmente seca, tuvo un valor de 35 g.

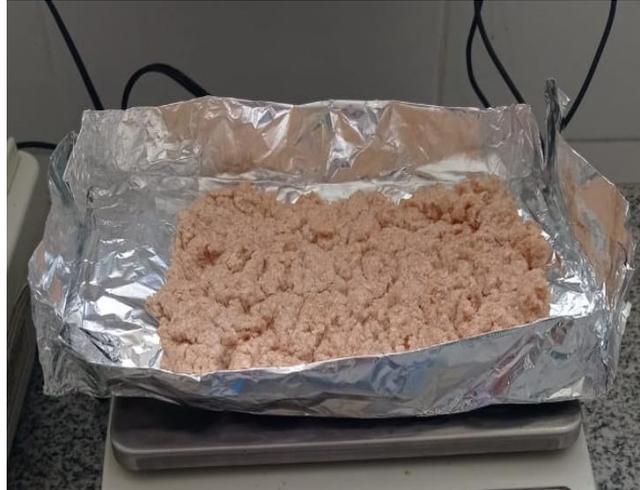


Figura 10. Quitina después del proceso de decoloración.

Elaborado por: Chancusig & Tipanguano, 2023.

En la fase de desacetilación, después de este proceso se obtuvo un material con una estructura super blanda, homogénea, moldeable, sin olor y un color blanco-rosa. Y al finalizar con el secado, se tuvo un peso total de quitosano de 28 g.

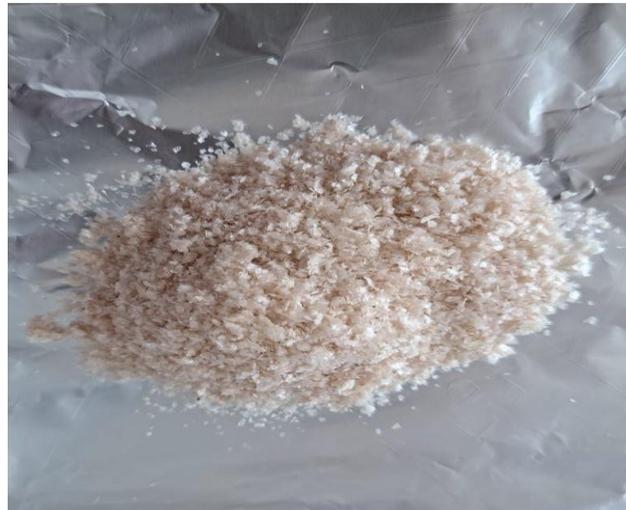


Figura 11. Quitosano obtenido después del proceso de desacetilación

Elaborado por: Chancusig & Tipanguano, 2023.

A continuación, en la (**Tabla 8**) se observa un resumen de los pesos obtenidos en relación a cada proceso.

Cantidad de material obtenido después de cada proceso.

MATERIAL	PESO INICIAL (g)	PROCESO	PESO FINAL (g)
Cáscara de camarón rojo	537.41	Triturado	200
Cáscara de camarón rojo triturado	200	Desmineralización	79
Quitina	79	Desproteínización	39
Quitina	39	Decoloración	35
Quitosano	35	Desacetilación	28

Elaborado por: Chancusig & Tipanguano, 2022.

De todos los procesos realizados para la sintetización de quitosano, en el proceso de trituración y desmineralización existió mayor pérdida de peso a comparación de otros procesos empleados. En la (Tabla 13), se muestra el porcentaje de masa que se perdió en cada proceso realizado; triturado 66.2%, desmineralización 23.8%, desproteínización 7.9%, decoloración 0.8% y desacetilación 1.4 %.

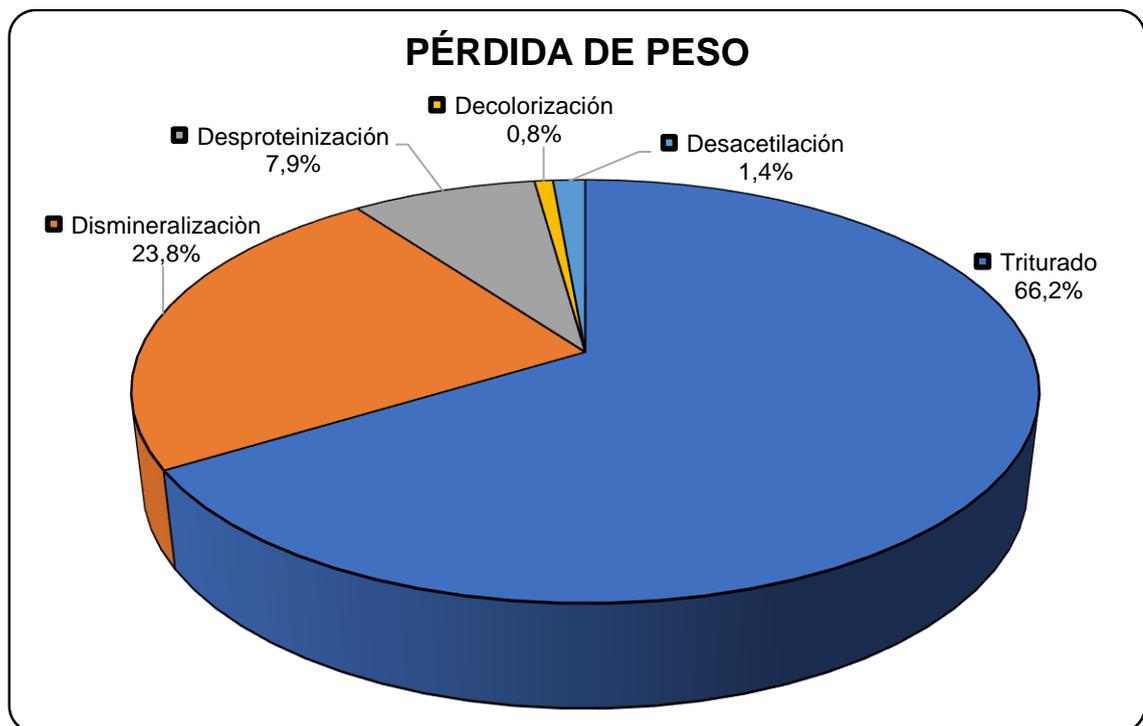


Figura 12. Pérdida de peso obtenido en cada proceso de sintetización de quitosano.

Elaborado por: Chancusig & Tipanguano, 2022.

En tal sentido, de toda la masa inicial total de la cáscara de camarón utilizada, representa el 5.2% de quitosano y el material perdido fue de 94.8% (Figura 13).



Figura 13. Porcentaje de quitosano y material perdido con la masa total utilizada.
Elaborado por: Chancusig & Tipanguano, 2022.

3.8. Caracterización de quitosano obtenido mediante espectrofotometría infrarroja por transformadas de Fourier.

En la caracterización de quitosano obtenido mediante espectrofotometría infrarroja por Transformadas de Fourier (FTIR), se obtuvo una gráfica de picos donde se relaciona transmitancia (%T) y con número de onda (cm^{-1}) dando como resultado la presencia de grupos funcionales como aminos, acetamido e hidroxilos.

En la (**Figura 14**), se presenta la curva de caracterización del quitosano obtenido mediante espectroscopia infrarroja, en la gráfica se destaca una banda en la región de 3423.02 cm^{-1} atribuida a la vibración y estiramiento del grupo OH, también se visualiza una banda en la región 2960.15 cm^{-1} atribuida a la vibración y estiramiento del grupo COCH_3 , de igual manera se puede observar una banda en la región de $2929,58 \text{ cm}^{-1}$ atribuida a la vibración y estiramiento del grupo C-H, así mismo existe una banda en la región 1650.39 cm^{-1} atribuida a la vibración y estiramiento del grupo C-O, de igual manera una banda en la región de $1618,96 \text{ cm}^{-1}$ atribuida a la vibración y estiramiento del grupo C=O acetil y por último una banda en la región 1549.03 cm^{-1} atribuida a la vibración y flexión del grupo N-H acetil la presencia de estas bandas sugiere la presencia de quitosano confirmando que el protocolo de extracción aplicado en la fase anterior fue desarrollado con éxito.

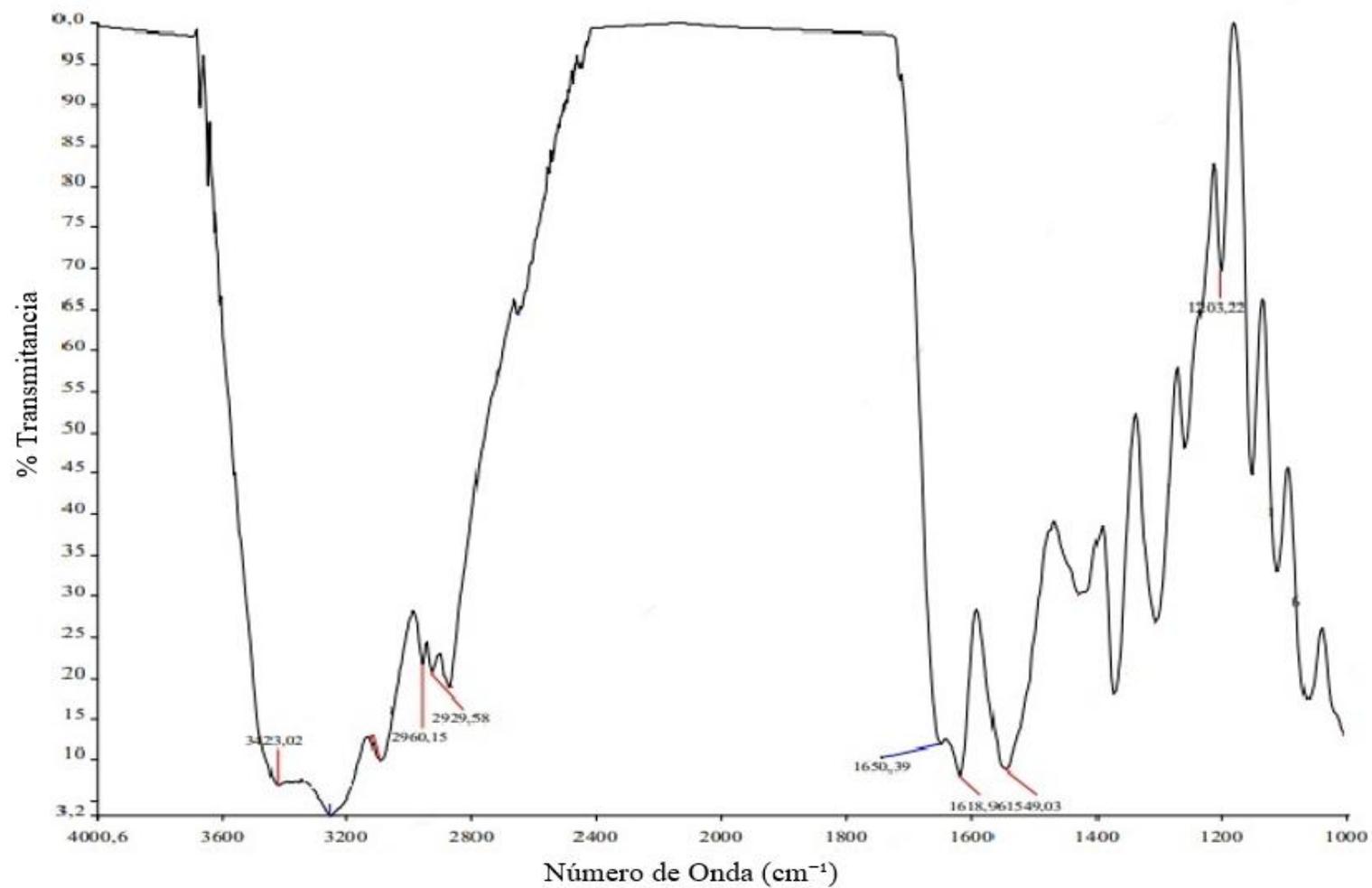


Figura 14. Resultados de análisis de quitosano obtenido mediante Espectro FTIR.

Con lo antes ya mencionado el quitosano es un poliaminas ácido producido por la desacetilación de la quitina, en donde consta de propiedades fisicoquímicas únicas como es el biocompatible, no tóxico y además es biodegradable en donde la estructura química es un copolímero de 2-amino-2-desoxi-D-glucopiranososa y 2-acetamido-2-desoxi-D-glucopiranososa unidos por enlace $\beta(1,4)$ (NOA, 2017). Dada su estructura química en el análisis de la caracterización espectrofotometría infrarroja por transformadas de Fourier sus picos nos dan grupos funcionales y esto confirma la presencia de quitosano en la muestra enviada a análisis.

3.9. Análisis de la capacidad de remoción de arsénico (V) y cobre (II) del quitosano obtenido.

3.12.1. Análisis fisicoquímicos de remoción de arsénico de muestras contaminadas (As).

Después de agregar el 1 g de quitosano en las muestras contaminada de arsénico, se determinó un pH promedió de 8.6 y una conductividad de 295; no se visualizó ningún cambio físico en ninguna de las muestras preparadas y un 90% del quitosano agregado precipitó, esto podría ser debido a que todas las muestras contaminadas de arsénico tuvieron valores de pH y conductividad elevados, considerando Monteros et al. (2010) manifiesta que el rango de pH ideal para la remoción de arsénico es de 5 a 7. Después de 72 horas transcurridos, las muestras de arsénico de igual manera no presentaban ningún cambio físico, sin embargo, los valores de pH y conductividad redujeron mínimamente en relación con sus valores iniciales. Y finalmente, después de 144 horas del ensayo iniciado, se observó cambios físicos mínimos en la estructura del quitosano agregado, al igual pH y conductividad tuvieron cambios notables.

En la **(Figura 15)**, se muestran los cambios de pH examinados durante las 3 observaciones realizadas. En la primera observación (0 horas) se mantuvo en un rango de 8 a 9, mientras que en la segunda observación (72 horas) el pH redujo mínimamente a excepción de la muestra de control que redujo a 7,4 y finalmente en la tercera observación (144 horas) existió un cambio notable en el pH (descendió) marcando un pH entre 7 a 8.1.

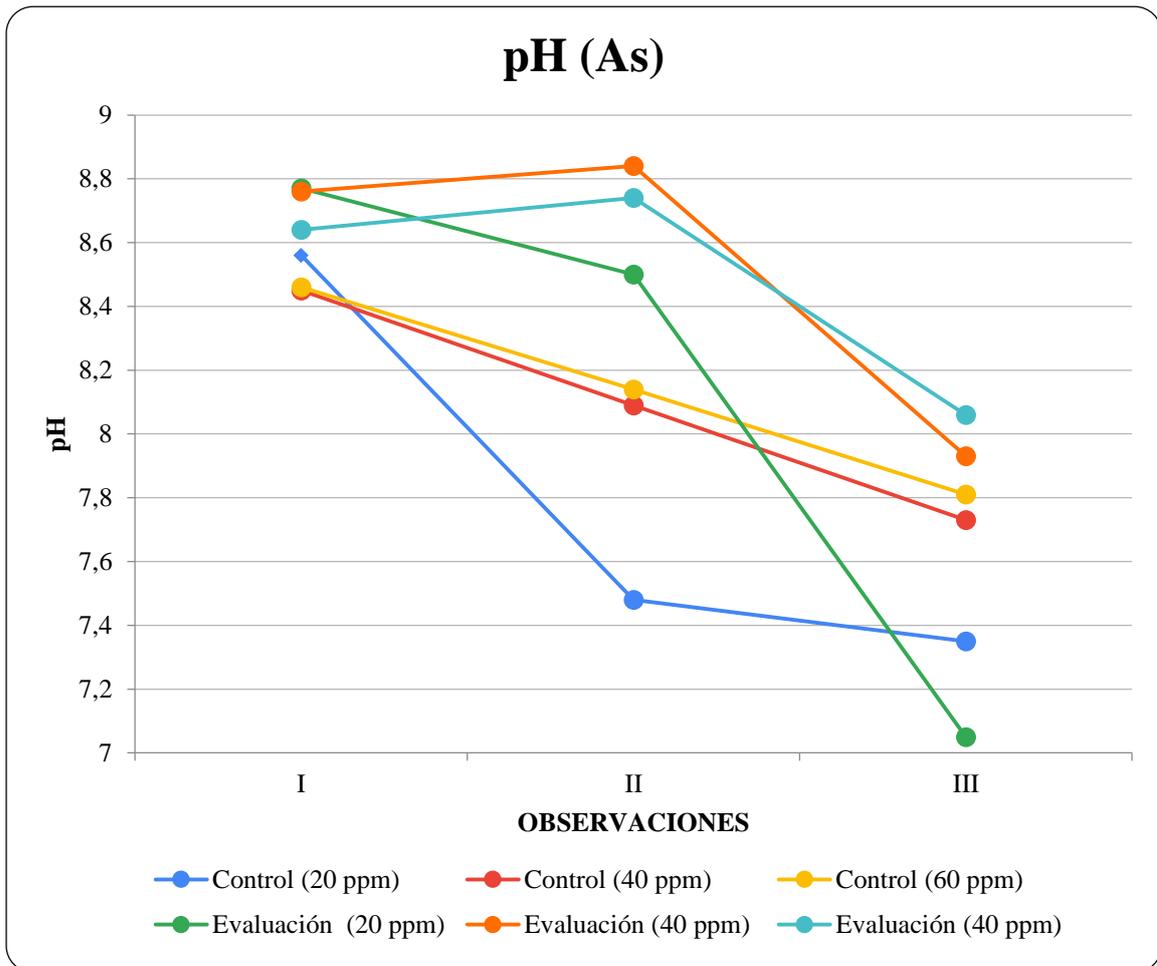


Figura 15. Variación pH de arsénico después de cada observación realizada.

Elaborado por: Chancusig & Tipanguano, 2022.

En la **(Figura 16)**, se muestran los cambios de conductividad observados durante las observaciones realizadas; en la segunda observación se tuvieron cambios muy variados de conductividad, las muestras de control de 20 ppm y muestras de evolución de 20 ppm y 40 ppm disminuyeron mientras que las muestras de control de 40 ppm, 60 ppm y muestras de evolución de 60 ppm incrementaron, sin embargo en la tercera observación se observó un incremento de conductividad en casi todas las muestras a excepción de la muestra de control de 40 ppm.

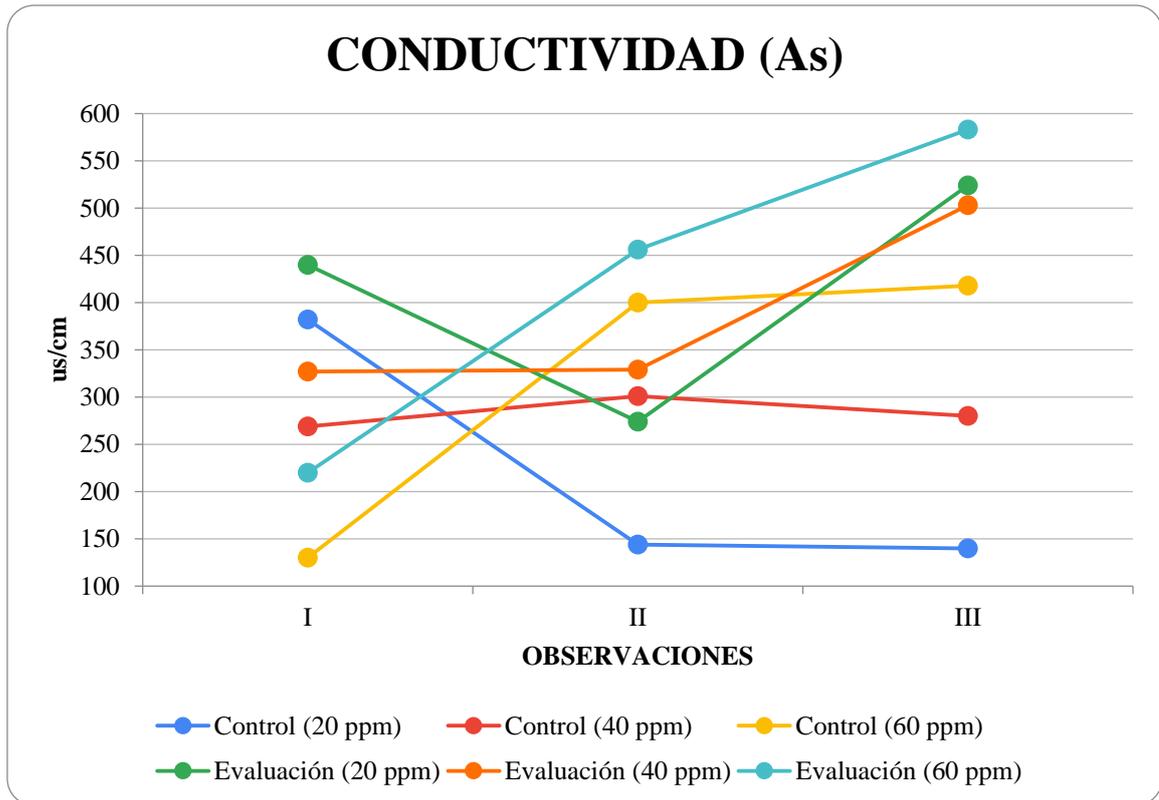


Figura 16. Variación conductividad de arsénico después de cada observación.

Elaborado por: Chancusig & Tipanguano, 2022.

3.12.2. Análisis fisicoquímico de remoción de cobre de muestras contaminadas (Cu).

Tras agregar 1 g de quitosano en las disoluciones de cobre, se determinó rápidamente diversos cambios físicos en cada patrón. En la disolución de 20ppm se observó un pequeño cambio de color en el quitosano en comparación al color inicial equivalente al 30% (café claro) mientras que en las disoluciones de 40ppm se observó un cambio de color mayor equivalente al 60% (café oscuro) y en las disoluciones de 60ppm se observó un cambio de color total asimilando un color gris equivalente al 90%. Lo que nos sugiere que la presencia de mayor cantidad de cobre influye en el color del quitosano, indicando una posible adsorción del cobre por parte del mismo, es decir, la solución analizada (inicialmente azul-celeste) se decoloro y el quitosano ganó coloración. Este resultado plantea la posibilidad de usar también el quitosano en tratamientos de remoción del color. En la segunda observación (72 horas) se observó cambios fisicoquímicos muy marcados principalmente el color en todas las muestras de evaluación, asumiendo que el quitosano absorbió el color de la solución. Y finalmente, en la tercera (144 horas) se observó características fisicoquímicas en las muestras de evaluación de 20 ppm mantuvo un color gris, mientras que el de 40 ppm y 60 ppm tuvieron un color turques, de manera que todas absorbieron el color de la solución totalmente.

Durante el ensayo realizado se observó cambios pH lo cual se muestra en la **(Figura 17)**, en la primera observación el pH se mantuvo en un rango de 6 y 7, en la segunda observación casi todas las muestras tuvieron una reducción mínima de pH a excepción de la muestra de evaluación de 20 ppm alcanzo un pH de 7.5; sin embargo, en la tercera observación las muestras de control y la muestra de evolución 20 ppm disminuyeron el pH mientras que la muestra de evolución de 40 ppm y 60 ppm aumentaron.

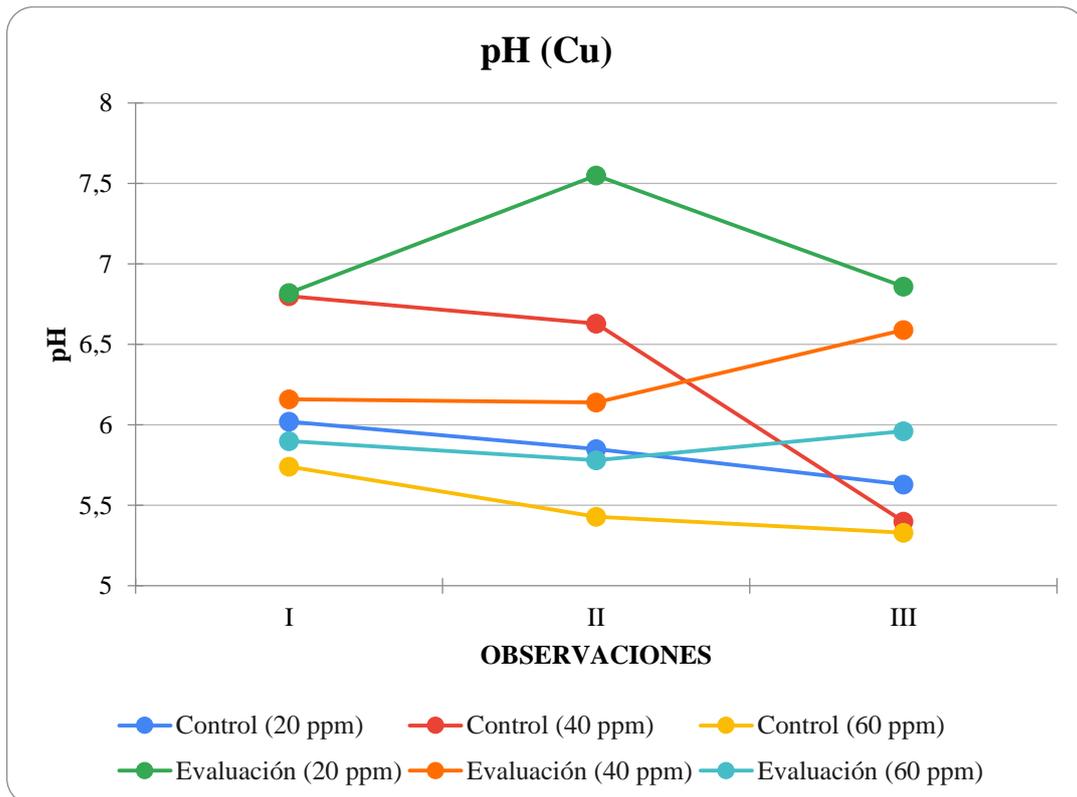


Figura 17. Variación pH de cobre después de cada observación realizada .

Elaborado por: Chancusig & Tipanguano, 2022.

En las observaciones realizadas durante el ensayo hubo una variación de conductividad tal como se observa en la **(Figura 19)**, en la primera observación tanto las muestras de control como evaluación empezó con una conductividad similar, sin embargo, en la segunda observación la muestra de control de 20 ppm, 40 ppm y las muestra de evaluación 40 ppm disminuyo el pH y las muestras de control de 60 y las muestras de evaluación de 20 ppm y 60 ppm incrementaron y finalmente en la tercera observación la conductividad fue constante para todas las muestras.

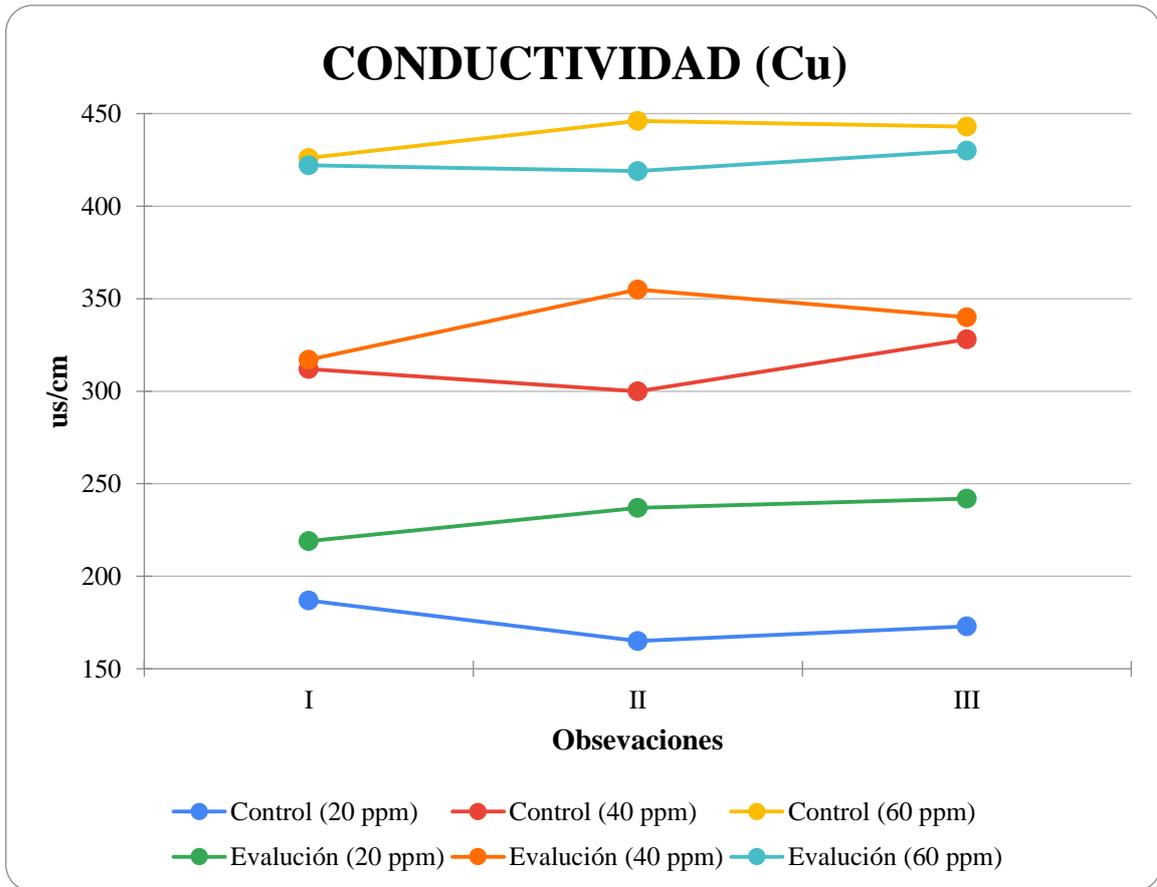


Figura 18. Variación conductividad de cobre después de cada observación realizada.

Elaborado por: Chancusig & Tipanguano, 2022.

3.12.3. Análisis estadísticos mediante la prueba de chi cuadrado.

A continuación, se muestran las concentraciones iniciales y concentraciones finales alcanzadas en cada muestra contaminada de arsénico y cobre.

En la remoción de arsénico, en el tratamiento A se empezó con una concentración de 20 ppm y luego de 144 horas del ensayo realizado, la concentración se redujo a 0.07 ppm, mientras que para el tratamiento B la concentración inicial fue de 40 ppm y la concentración final fue de 0.02 ppm y en el tratamiento C que empezó con una concentración de 60 ppm finalizó con una concentración de 0.02 ppm (**Tabla 9**).

Resultados de concentración de inicial y final de la remoción de arsénico.

Tratamiento	0 horas	144 horas
	Concentración inicial (ppm)	Concentración final (ppm)
A	20	0.07
B	40	0.02
C	60	0.02

Elaborado por: Chancusig & Tipanguano, 2022.

Los resultados obtenidos en la prueba de chi cuadrado, se realizó con un margen de error de 0.01 considerando que fue un trabajo de laboratorio, se determinó un grado de libertad 2, y mediante estos valores se obtuvo un X^2 crítico de 4.61 y un X^2 calculados de 0.17. De tal manera se acepta H_0 , que manifiesta que todas las muestras obtuvieron concentraciones similares al final del tratamiento.

Resultados de análisis de chi cuadrado de arsénico.

Margen de Error	0.01
Grado de libertad	2
X^2 crítico	4.61
X^2 calculado	0.17

Elaborado por: Chancusig & Tipanguano, 2022.

En la remoción de cobre, se obtuvo una alta reducción de concentración tal como se muestra de la (**Tabla 11**). En el tratamiento A se empezó con una concentración de 20 ppm y luego de 144 horas del ensayo realizado, la concentración se redujo a 0.06 ppm, mientras que para el tratamiento B la concentración inicial fue de 40 ppm y la concentración final fue de 0.03 ppm y en el tratamiento C que empezó con una concentración de 60 ppm finalizó con una concentración de 0.04 ppm.

Resultados de concentración de inicial y final de la remoción de cobre.

Tratamiento	0 horas	144 horas
	Concentración inicial (ppm)	Concentración final (ppm)
A	20	0.06
B	40	0.03
C	60	0.04

Elaborado por: Chancusig & Tipanguano, 2022

Los resultados obtenidos en la prueba de chi cuadrado, se realizó con un margen de error de 0.01 considerando que fue un trabajo de laboratorio, se determinó un grado de libertad 2, y mediante estos valores se obtuvo un X^2 crítico de 4.61 y un X^2 calculados de 0.08. De tal

manera se acepta H_0 , que manifiesta que todas las muestras obtuvieron concentraciones similares al final del tratamiento.

Resultados de análisis de chi cuadrado de arsénico.

Margen de Error	0.01
Grado de libertad	2
X2 crítico	4.61
X2 calculado	0.08

Elaborado por: Chancusig & Tipanguano, 2022

10.3.3. Capacidad de remoción de arsénico (V) y cobre (II).

El quitosano obtenido es eficiente para la remoción de metales pesados debido a que los valores de capacidad de remoción tanto de arsénico y cobre fueron altos, tal como se visualiza en la (Tabla 13).

Resultados de capacidad de remoción de arsénico y cobre.

Tratamiento	Capacidad de remoción de arsénico (%)	Capacidad de remoción de cobre (%)
A	99.65	99.7
B	99.95	99.93
C	99.97	99.93
Mediana	99.95	99.85
Promedio	99.86	99.85

Elaborado por: Chancusig & Tipanguano, 2022.

La capacidad de remoción de arsénico del quitosano obtenido promedia en un 99.86%; considerando que en el tratamiento A se obtuvo una capacidad de remoción fue del 99.7%, en el tratamiento B la capacidad de remoción alcanza al 99.93% y en el tratamiento C la capacidad de remoción fue del 99.92%.

Mientras que la capacidad de remoción de cobre promedia en un 99.85%, donde en el tratamiento A se obtuvo una capacidad de remoción de 99.7%, en el tratamiento fue de 99.93% al igual que el tratamiento C. Estos valores de capacidad de remoción se alcanzaron al transcurso de 144 horas de haber realizado el tratamiento de quitosano.

12. IMPACTOS (AMBIENTALES. SOCIALES Y ECONÓMICOS)

12.1. AMBIENTALES

- ✓ Evita la acumulación de residuos sólidos (cáscara de camarón) en lugares dedicados al comercio de camarones.
- ✓ Aporta al tratamiento de aguas contaminadas mediante la utilización de un adsorbente biológico.

12.2. SOCIALES

- ✓ Favorece a lugares que poseen altas concentraciones de metales pesados como es el caso del río Blanco que está ubicado en la provincia de Cotopaxi. parroquia Toacaso.
- ✓ Fortalece a la investigación académicas de la carrera de Ingeniería ambiental, marcando una base para el desarrollo de posteriores investigaciones.

12.3. ECONÓMICOS

- ✓ Beneficia a zonas de bajos recursos que requieren de plantas de tratamientos sofisticadas pero la inversión elevada hace que se las pueda implementar. mientras que esté método se podría implementar en plantas de tratamiento porque es ahorrativo, sustentable y viable.
- ✓ Promueve el desarrollo de la economía circular sostenible, revalorizando un residuo producido por varias empresas a nivel nacional y mundial.

13. PRESUPUESTO

TABLA 14. Presupuesto de reactivos y materiales para la realización del trabajo de titulación.

Recursos	Descripción	Cantidad	Valor Unitario (\$)	Valor Total (\$)
HUMANOS	Investigador	2	50	100
MATERIALES Y REACTIVOS	Ácido Clorhídrico (HCl)	1L	30	30
	Hidróxido de sodio (NaOH)	1L	30	30
	Arseniato de Na	5g	75	75
	Etanol	1L	18	18
	Sulfato de Cu	5g	1	1
	Tamiz	1	70	70
	Agua destilada	10L	2	20
	OTROS	Análisis espectrofotómetro infrarrojo FITR	1	40
Transporte		2	20	40
Subtotal				424.00
10% Imprevistos				42.40
Total				466.40

13. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

13.1. Conclusiones

- La síntesis del quitosano se obtuvo de manera exitosa con la metodología planteada. sin embargo. se obtuvo únicamente 28g de quitosano a comparación de su masa inicial. que se empleó 537.41g de cascar de camarón. de tal modo hubo una pérdida de 94.78% esto se debe a que. en cada proceso de obtención de quitosano. se realizaban tratamientos (HCl. NaOH. C₂H₆O) y enjuagados con agua destilada para eliminar minerales. proteínas. color y regular el pH. por lo tanto lo ideal para futuros ensayos sería mejorar el rendimiento de esta síntesis.
- En la caracterización del quitosano obtenido mediante espectroscopia infrarroja se obtuvo la identificación de grupos funcionales de hidroxilos y aminos. los cuales nos confirman la presencia de quitosano.
- Tras realizar el ensayo de remoción de metales pesados (Arsénico y Cobre). se establece que el quitosano obtenido a partir la cáscara de camarón rojo *Farfantepenaeus brevirostris*

es eficiente como bioabsorbente. su capacidad de remoción de arsénico promedia en 99.86% y de cobre 99.85%. Se asume que existe una mínima dependencia de la concentración y pH en que se encuentre el agua contaminada para la remoción del metal pesado.

13.2. Recomendaciones

Para la obtención de quitosano sin duda es un proceso muy complicado y que requiere de mucho cuidado en el manejo del material entre proceso debido al uso de reactivos analíticos, por tanto, es recomendable usar reactivos comerciales, los cuales permiten tener ventajas económicas, ambientales y sociales, además, la diferencia de capacidad de remoción que tiene el quitosano obtenido es mínima tal como menciona Pájaro & Díaz (2013).

Se sugiere utilizar otro método para la caracterización de quitosano para futuras investigaciones, cómo podría ser el uso de ácido acético, ya que el método de espectrofotometría infrarroja es costoso.

Se recomienda para futuras investigaciones realizar ensayos con muestras reales, con toma de muestras de aguas contaminadas en donde exista metales pesados.

Se sugiere utilizar el quitosano para procedimiento o soluciones que presenten color ya que también es un buen absorbente de color.

14. BIBLIOGRAFÍA

(s.f.).

Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. (06 de Mayo de 2016). *Resumen de Salud Pública: Arsénico (Arsenic) | PHS | ATSDR*. Obtenido de Agency for Toxic Substances and Disease Registry: https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs2.html

Aiello Mazzarri, C., Páez, G., Gutierrez, E., Araujo, K., & Chandler, C. (1 de Julio de 2012). *Quitina y Quitosano, polímeros amigables. Una revisión de sus aplicaciones*. Recuperado el 14 de Noviembre de 2022, de ReserchGate: https://www.researchgate.net/figure/Figura-2-Estructura-quimica-del-quitosano-8_fig2_235431334

Alcon Lequipe, Y. (2020). *LAS EXPORTACIONES NO TRADICIONALES EN LA BALANZA COMERCIAL DE BOLIVIA, PERÍODO 2005 - 2017*. Recuperado el 6 de Noviembre de 2022, de Library: <https://1library.co/document/q7wvjvjk-tesis-grado-exportaciones-tradicionales-balanza-comercial-bolivia-per%C3%ADodo.html>

Ámbar Nicole Gonzabay Crespin, H. A. (08 de Septiembre de 2021). *Análisis de la producción de camarón en el Ecuador para su exportación a la Unión Europea en el*

- período* 2015-2020. Obtenido de Dialnet: https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjqq5jT_pj9AhXrg4QIHQtWBo4QFnoECA0QAQ&url=https%3A%2F%2Fdialnet.unirioja.es%2Fdescarga%2Farticulo%2F8094522.pdf&usg=AOvVaw0zYUnVaEQKZfvvIXa0_s9I
- AQUAE Fundación. (28 de Diciembre de 2021). *Agua destilada. Propiedades y diferencias*. Recuperado el 3 de Noviembre de 2022, de Fundación Aquae: <https://www.fundacionaquae.org/wiki/que-es-agua-destilada/>
- Arias, F. G. (2012). *El proyecto de la investigación* (Sexta ed.). Editorial Episteme. Obtenido de https://www.academia.edu/27890724/Fidias_G_Arias_El_Proyecto_de_Investigaci%C3%B3n_6ta_Edici%C3%B3n_METODOLOGIA_1_
- Ayala, A. (22 de Febrero de 2018). *Cáscara de camarones y esqueletos de pescado para regenerar el tejido y pintar*. Recuperado el 11 de Noviembre de 2022, de Lado B: <https://www.ladobe.com.mx/2018/02/cascara-de-camarones-y-esqueletos-de-pescado-para-regenerar-el-tejido-y-pintar/>
- Banco Mundial. (20 de Septiembre de 2018). *Los desechos: un análisis actualizado del futuro de la gestión de los desechos sólidos*. Recuperado el 07 de Noviembre de 2022, de Banco Mundial: <https://www.bancomundial.org/es/news/immersive-story/2018/09/20/what-a-waste-an-updated-look-into-the-future-of-solid-waste-management>
- Barra, A., Romero, A., & Beltramino, J. (2012). *Obtención de quitosano*. Obtenido de Producción Animal: https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_peces/piscicultura/173-Quitosano.pdf
- Buitrón Méndez, G. (2003). *Manual técnico sobre tecnologías biológicas aerobias aplicadas al tratamiento de aguas residuales industriales*. Recuperado el 18 de January de 2023, de Cyted: https://www.cyted.org/sites/default/files/tratamiento_aerobio_de_aguas_residuales.pdf
- Cabanillas Bojórquez, L. (22 de Mayo de 2020). *Desechos de camarón: un coctel de oportunidades para la industria*. Obtenido de Revista Ciencia: https://revistaciencia.amc.edu.mx/online/X1_71_4_1274_DesechosCamaron.pdf
- Camara Maritima del Ecuador. (25 de Julio de 2022). *Exportaciones de camarón se consolidaron al alza en primera mitad del año; aún no se define su ingreso al mercado mexicano*. Recuperado el 8 de Noviembre de 2022, de Camara Maritima del Ecuador.
- Cañizares, R. (2000). *Biosorción de metales pesados mediante el uso de biomasa microbiana*. Recuperado el 26 de January de 2023, de Medigraphic: <https://www.medigraphic.com/pdfs/lamicro/mi-2000/mi003f.pdf>
- Carlos, C., Varo, C., & Leyva, N. (2008). UTILIZACIÓN DE RESIDUOS DE CÁSCARA DE CAMARÓN PARA LA OBTENCIÓN DE QUITINA BLANQUEADA: PROPUESTA DE UNA METODOLOGÍA A BASE DE TRATAMIENTOS

ALCALINO-ÁCIDO Y OZONO. *AVANCES EN LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA EN EL CUCBA, I*, 1-8. Obtenido de <http://www.cucba.udg.mx/sites/default/files/publicaciones1/avances/avances2008/OtrasInstituciones/Hernandez-NunezCarlosManuel%28pp659-666%29/659-666.pdf>

Carvajal, K. R. (Octubre de 2020). *GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS GENERADOS EN EL RECINTO SAN JOSÉ DE CAMARÓN; CANTÓN ECHEANDÍA, PROVINCIA BOLÍVAR, ECUADOR*. Obtenido de Repositorio Universidad de Guayaquil: <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/49978/1/Tesis%20Final%20Karla%20Ramos.pdf>

Ceica Soluciones. (19 de Mayo de 2017). *Kit de prueba para la determinación de Arsénico en Agua | CEICA Soluciones*. Recuperado el 14 de Noviembre de 2022, de Ceica Soluciones: <https://www.e-ceica.mx/kit-visual-para-determinar-arsenico-en-agua/>

CEICA Soluciones. (s.f.). *Kit de prueba para la determinación de Arsénico en Agua | CEICA Soluciones*. Recuperado el 4 de Noviembre de 2022, de Ceica Soluciones: <https://www.e-ceica.mx/kit-visual-para-determinar-arsenico-en-agua/>

Chuquilin, C. (26 de Noviembre de 2020). *Técnicas de tratamiento para la remoción de metales pesados en aguas residuales*. Recuperado el 15 de Noviembre de 2022, de FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL: <https://repositorio.cientifica.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12805/1590/TB-Chuquilin%20C.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Cisneros Pérez, I., Curbelo Hernández, C., Andrade Díaz, C., & Giler Molina, J. (Marzo de 2019). *EVALUACIÓN DE LA EXTRACCIÓN ENZIMÁTICA DE QUITINA A PARTIR DEL EXOESQUELETO DE CAMARÓN*. Recuperado el 07 de Noviembre de 2022, de Scielo: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2223-48612019000100051#:~:text=El%20proceso%20normal%20de%20obtenci%C3%B3n,integridad%20personal%20y%20el%20ambiente

Cisneros, I., Curberlo, C., Andrade, C., & Gilber, J. M. (Enero-Marzo de 2019). *Evaluación de la extracción enzimática de quitina a partir del exoesqueleto de camarón*. Recuperado el 6 de February de 2023, de SciELO Cuba: <http://scielo.sld.cu/pdf/caz/v46n1/2223-4861-caz-46-01-51.pdf>

Cuizano, N., Reyes, U., & Dominguez, S. (Junio de 2010). *Relevancia del PH en la adsorción de iones metálicos mediante algas pardas*. Obtenido de SciELO Perú: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2010000200002

De Acuicultura. (25 de Febrero de 2021). *La industria camaronera ecuatoriana y sus oportunidades de mercado*. Obtenido de issuu: <https://issuu.com/revista-cna/docs/edicion139/s/11787662>

Definicion XYZ. (27 de Julio de 2022). *¿Qué Es Ley De Beer Lambert? - Su Definición Y Significado [2022]*. Recuperado el 9 de Noviembre de 2022, de Definicion XYZ: <https://definicion.xyz/ley-de-beer-lambert/>

- Definicion.xyz. (s.f.). *¿Qué Es Ley De Beer Lambert? - Su Definición Y Significado [2022]*. Recuperado el 4 de November de 2022, de Definición.xyz: <https://definicion.xyz/ley-de-beer-lambert/>
- Delgadillo, A. (2011). *FITORREMEDIACIÓN: UNA ALTERNATIVA PARA ELIMINAR LA CONTAMINACIÓN*. Obtenido de SciELO México: <https://www.scielo.org.mx/pdf/tsa/v14n2/v14n2a2.pdf>
- Duany, S., Arias, T., Bessy, T., & Rodríguez, D. (30 de Abril de 2022). *Bioadsorbentes no convencionales empleados en la remoción de metales pesados. Revisión*. Recuperado el 8 de Noviembre de 2022, de SciELO Cuba: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-61852022000100094
- EstoEsAgricultura. (24 de Enero de 2023). *Preparación de quitosano de manera efectiva*. Obtenido de EstoEsAgricultura: <https://estoesagricultura.com/como-hacer-quitosano/>
- Feoktistova, L., & Clark, Y. (11 de Junio de 2018). *El metabolismo del cobre. Sus consecuencias para la salud humana Metabolism of copper. Its consequences for human health*. Obtenido de SciELO Cuba: <http://scielo.sld.cu/pdf/ms/v16n4/ms13416.pdf>
- FilterWater.com. (25 de Agosto de 2003). *Arsenic Water Test Kit, Arsenic Quick II, 50 tests - 481303*. Recuperado el 13 de Noviembre de 2022, de FilterWater.com: <https://www.filterwater.com/p-432-arsenic-quick-ii-test-kit-50-tests.aspx>
- Fisher, T. (19 de 02 de 2021). *Thermo Fisher Scientific*. Obtenido de Thermo Fisher Scientific: <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwjAh9qliaj9AhULRDABHfnuA6MQFnoECAkQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.alfa.com%2Fen%2Fmsds%2F%3Flanguage%3DES%26subformat%3DCLP1%26sku%3D13044&usq=AOvVaw1JvGeejLLayZILksCn2tY>
- Galváo, L., & Corey, G. (1987). *Arsénico*. Obtenido de Serie Vigilancia (3): <https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/31247/arsenico1987-spa.pdf?sequence=1>
- García, L. (20 de Octubre de 2021). *ADSORCIÓN FISISORCIÓN Y QUIMISORCIÓN / LORENA GARCÍA*. Obtenido de YouTube: https://www.youtube.com/watch?v=gGg777Q_okc
- GmbH, T. F. (19 de Febrero de 2021). *MSDS Arsénico*. Obtenido de Ficha de datos de seguridad : <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwiwhfXB6Kb9AhVCKIQIHeC1AawQFnoECAsQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.alfa.com%2Fen%2Fmsds%2F%3Flanguage%3DES%26subformat%3DCLP1%26sku%3D13044&usq=AOvVaw1JvGeejLLayZILksCn2tY>
- Herrera, V., & Sumba, D. (Febrero de 2019). *UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI*. Recuperado el 1 de Noviembre de 2022, de Islas Flotantes Artificiales con vetiver (Vetiveria zizanioides) como alternativa para la remoción de nitratos, fosfatos y plomo

en agua procedente del río Cutuchi:
<http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/5266/6/PC-000628.pdf>

Infobae. (25 de Enero de 2022). *Ecuador superó los USD 5.000 millones en exportación de camarón en 2021*. Recuperado el 10 de Noviembre de 2022, de Datasur: <https://www.datasur.com/ecuador-supero-los-usd-5-000-millones-en-exportacion-de-camaron-en-2021/>

Infobae. (25 de Enero de 2022). *Ecuador superó los USD 5.000 millones en exportación de camarón en 2021 - DATASUR*. Obtenido de Datasur: <https://www.datasur.com/ecuador-supero-los-usd-5-000-millones-en-exportacion-de-camaron-en-2021/>

Jacome, C., Ballesteros, C., & Reos, L. (30 de Diciembre de 2021). *Microalgas en el tratamiento de aguas residuales generadas en industrias de curtiembres*. Obtenido de Revistas - UTEQ: <https://revistas.uteq.edu.ec/index.php/cyt/article/view/502/585>

Lenntech. (2023). *Arsenico (As) Propiedades químicas y efectos sobre la salud y el medio ambiente*. Obtenido de Lenntech: <https://www.lenntech.es/periodica/elementos/as.htm>

Lenntech. (2023). *Cobre (Cu) Propiedades químicas y efectos sobre la salud y el medio ambiente*. Obtenido de Lenntech: <https://www.lenntech.es/periodica/elementos/cu.htm>

López de Prado, R. (Octubre de 2009). *El método de la investigación bibliográfica*. Recuperado el 20 de Diciembre de 2022, de OoCities: <https://www.oocities.org/zaguan2000/metodo.html?202125>

Medwave. (1 de Diciembre de 2011). *La prueba de ji-cuadrado*. Obtenido de Revista Medica Revisada Por Pares: <https://www.medwave.cl/series/MBE04/5266.html>

Mendoza Guerra, Y. (Agosto de 2016). *The shorter side of =*. Obtenido de Scielo: <http://ve.scielo.org/pdf/rftiuz/v39n2/art04.pdf>

Molleda, M., Carballo, G., & Piñar, N. (15 de Noviembre de 2019). *Impacto Ambiental de la Granja Camaronera CALISUR sobre los ecosistemas de la zona costera del golfo de Guacanayabo, Cuba*. Recuperado el 10 de Noviembre de 2022, de Impacto Ambiental de la Granja Camaronera CALISUR sobre los ecosistemas de la zona costera del golfo de Guacanayabo, Cuba: <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKewjloNPD9K77AhWZRTABHd-AA1cQFnoECA4QAw&url=https%3A%2F%2Faquadocs.org%2Fbitstream%2Fhandle%2F1834%2F4515%2FImpacto%2520Calisur%2520Civa%2520trab%2520pub.pdf%3Fsequence%3>

Monteros, J. A., Paredes, M. J., & Rivera, M. C. (23 de agosto de 2010). *Utilización de quitosana para la remoción de arsénico (As) del agua*. Recuperado el 6 de February de 2023, de Redalyc: <https://www.redalyc.org/pdf/942/94248264028.pdf>

Nieto, C., & Orellana, V. (Mayo de 2011). *Aplicación del quitosano como promotor de floculación para disminuir la carga de contaminante*. Obtenido de Facultad de ciencias

agropecuarias y ambientales:
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1510/16/UPS-CT002068.pdf>

- NOA, S. C. (2017). *DERIVATIZACIÓN DEL QUITOSANO PARA LA OBTENCIÓN DEL CARBOXIMETILQUITOSANO (O-CMQ) Y SU CARACTERIZACIÓN VÍA ESPECTROSCOPIA INFRARROJA (FTIR) Y RESONANCIA MAGNÉTICA*. Obtenido de DERIVATIZACIÓN DEL QUITOSANO PARA LA OBTENCIÓN DEL CARBOXIMETILQUITOSANO (O-CMQ) Y SU CARACTERIZACIÓN VÍA ESPECTROSCOPIA INFRARROJA (FTIR) Y RESONANCIA MAGNÉTICA : <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwi7rr-f36n9AhUTQzABHYxJBAwQFnoECAwQAQ&url=http%3A%2F%2F repositorio.unsa.edu.pe%2Fbitstream%2Fhandle%2FUNSA%2F4524%2FQUcunos.pdf%3Fsequence%3D1%26isAllowed%3Dy&usg=AOvVaw3bXNDrmOpJAJD>
- Organización Mundial de la Salud. (7 de Diciembre de 2022). *Arsénico*. Obtenido de Organización Mundial de la Salud: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/arsenic>
- Ortega, J. (21 de Septiembre de 2022). *La cáscara del camarón descontamina el agua*. Obtenido de Universidad de Las Américas: <https://www.udla.edu.ec/2018/10/la-cascara-del-camaron-descontamina-el-agua/>
- Oviedo, R., Moina, E., Naranjo, J., & Barcos, M. (05 de Abril de 2017). *Contaminación por metales pesados en el sur del Ecuador asociada a la actividad minera*. Obtenido de Revista Bionatura: <https://www.revistabionatura.com/files/2017.02.04.5.pdf>
- Pájaro, Y., & Díaz, F. (3 de July de 2013). *Remoción de cromo hexavalente de aguas contaminadas usando quitosano obtenido de exoesqueleto de camarón*. Recuperado el 10 de February de 2023, de SciELO Colombia: <http://www.scielo.org.co/pdf/rcq/v41n2/v41n2a8.pdf>
- Parella Stracuzzi, S., & Martins Pestana, F. (2015). *etodología de la investigación cuantitativa. FEDUPEL*, 4(82), 280. Obtenido de <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Metodologia%20de%20la%20Investigacion%20Cuantitativa.pdf>
- REVISTA AQUACULTURA - Cámara Nacional de Acuicultura. (2020). *La industria camaronera ecuatoriana y sus oportunidades de mercado*. Recuperado el 8 de Noviembre de 2022, de Issuu: <https://issuu.com/revista-cna/docs/edicion139/s/11787662>
- Rodríguez de Jorge, L. (15 de Diciembre de 2020). *El proceso de tratamiento de aguas residuales y eliminación de contaminantes emergentes*. Obtenido de iAgua: <https://www.iagua.es/blogs/lander-rodriguez-jorge/proceso-tratamiento-aguas-residuales-y-eliminacion-contaminantes>
- Rodríguez, A., Ramírez, M., Rivero, D., & Bosquez, E. (2 de Septiembre de 2009). *PROPIEDADES QUÍMICO-ESTRUCTURALES Y ACTIVIDAD BIOLÓGICA DE LA QUITOSANA EN MICROORGANISMOS FITOPATÓGENOS*. Obtenido de Scielo: <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ah>

UKEwj6YT3p5z7AhXjSDABHbuvD_YQFnoECAgQAw&url=http%3A%2F%2Fwww.scielo.org.mx%2Fpdf%2Frcsh%2Fv15n3%2Fv15n3a12.pdf&usg=AOvVaw2u xtGkfWRtqEottnV4IfdR

- Rodríguez, D. (Diciembre de 2017). *Intoxicación ocupacional por metales pesados*. Obtenido de SciELO Cuba: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1029-30192017001200012
- Romero, A., & Pereira, J. (23 de Julio de 2020). *Estado del arte: Quitosano, un biomaterial versátil. Estado del Arte desde su obtención a sus múltiples aplicaciones*. Obtenido de Redalyc: <https://www.redalyc.org/journal/707/70764230002/html/>
- Romero, A., & Pereira, J. (23 de Julio de 2020). *Redalyc*. Recuperado el 6 de Noviembre de 2022, de Estado del arte: Quitosano, un biomaterial versátil. Estado del Arte desde su obtención a sus múltiples aplicaciones: <https://www.redalyc.org/journal/707/70764230002/html/>
- Romero, M., Sánchez, S., & Silva, M. B. (Diciembre de 2018). Aplicación de quitosano modificado en el tratamiento de aguas residuales de tenerías. *Nexo*, 31(02), 16. doi:<https://doi.org/10.5377/nexo.v31i2.6834>
- Roth, C. (01 de 06 de 2021). *Roth MSDS*. Obtenido de Roth MSDS: <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwjVm8mq-6b9AhWxkmoFHQvNDgwQFnoECAoQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.carlroth.com%2Fmedias%2FSDB-8540-ES-ES.pdf%3Fcontext%3DbWFzdGVyfHNIY3VyaXR5RGF0YXNoZWV0c3wyMjE3OTV8YXBwbGljYXRpb24vcGRmfHN>
- Tejada Tevar, C., Villabona Ortiz, Á., & Garcés Jaraba, L. (Junio de 2015). Adsorción de metales pesados en aguas residuales usando materiales de origen biológico. *Dialnet*, 18(34), 109-123. Obtenido de [file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Dialnet-AdsorcionDeMetalesPesadosEnAguasResidualesUsandoMa-5062883%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Dialnet-AdsorcionDeMetalesPesadosEnAguasResidualesUsandoMa-5062883%20(1).pdf)
- Tenas Suck, A., & Rivas Torres, R. (1995). *Manual de investigación documental : elaboración de tesinas*. Recuperado el 6 de Noviembre de 2022, de Internet Archive: <https://archive.org/details/manualdeinvestig00tena/page/n3/mode/2up>
- Timosthe, S. D., Arias, T., & Bessy, T. (30 de Abril de 2022). *Bioadsorbentes no convencionales empleados en la remoción de metales pesados. Revisión*. Recuperado el 11 de November de 2022, de SciELO Cuba: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-61852022000100094
- Valladares Cisneros, M., Valerio Cárdenas, C., de la Cruz Burelo, P., & Melgoza Aléman, R. (21 de Diciembre de 2016). Adsorbentes no convencionales, alternativas sustentables para el tratamiento de aguas residuales. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 16(31), 55-73. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/750/75055115004/html/>
- Velázquez, R. (Febrero de 2013). *Tratamiento de aguas residuales para uso en Agroecosistemas forrajeros, caso Maíz (Zea mays L.)*. Recuperado el 10 de

Noviembre de 2022, de 1Library.Co: <https://1library.co/document/zke0681z-tratamiento-aguas-residuales-agroecosistemas-forrajeros-caso-maiz-zea.html>

Westreicher, G. (12 de Marzo de 2021). *Diseño experimental*. Recuperado el 06 de Noviembre de 2022, de Economipedia.com: <https://www.bing.com/ck/a?!&&p=0d3af6f6aa6a84f9JmltdHM9MTY2Nzc3OTIwMCZpZ3VpZD0yZWVhY2VlYi1lMjdiLTZmOTUtMmRjOC1kY2JlZTM5NjZlZjgmaW5zaWQ9NTAwMw&ptn=3&hsh=3&fclid=2ecaceeb-e27b-6f95-2dc8-dcbee3966ef8&u=a1aHR0cHM6Ly9lY29ub21pcGVkaWEuY29tL2RlZmluaWNpb25lc9kaXN>

Zhujiworld. (14 de Marzo de 2022). *Latacunga, Ecuador — estadísticas 2022*. Recuperado el 11 de November de 2022, de Copyright, es.zhujiworld.com. All rights reserved: <https://es.zhujiworld.com/ec/1930242-latacunga/>

15. ANEXOS

Anexo 1. Proceso de obtención de quitosano.



Imagen 01. Limpieza de la cáscara de camarón rojo.



Imagen 02. Trituración de la cáscara de camarón rojo.

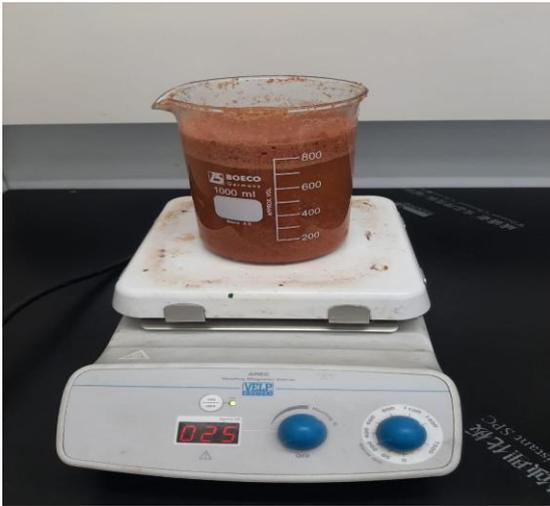


Imagen 03. Desmineralización de la cáscara de camarón.



Imagen 04. Cáscara de camarón rojo molido lavado con agua destilada.



Imagen 05. Medición de pH desmineralizado



Imagen 07. Medición de pH desproteinizado.

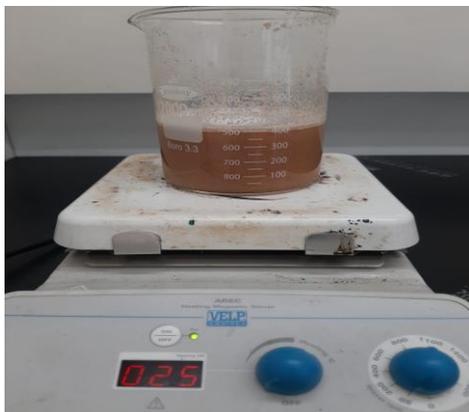


Imagen 08. Decolorización de quitina.



Imagen 09. Cáscara de camarón rojo molido lavado con agua destilada.



Imagen 10. Medición de pH decolorado.

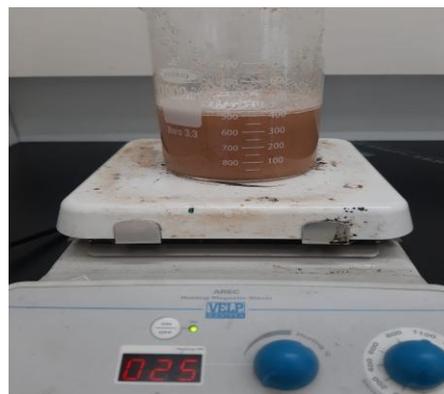


Imagen 11. Desacetilación de quitina y obtención de quitosano.



Imagen 12. Obtención de quitosano lavado.

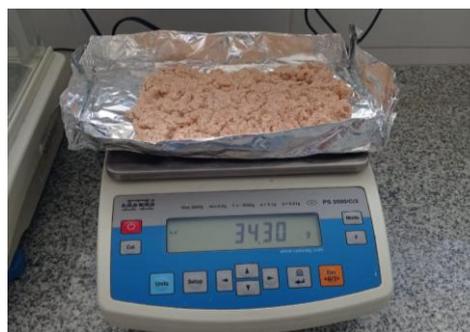


Imagen 13. Obtención final de quitosano seco.

Anexo 2. Reactivos



Imagen 14. Ácido Clorhídrico (HCl)

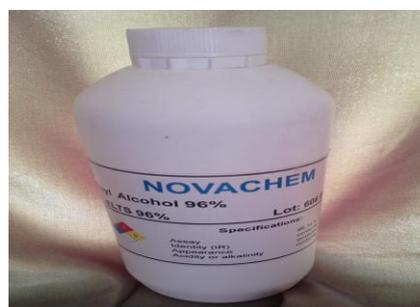


Imagen 15. Etanol ($C_2 H_6 O$)

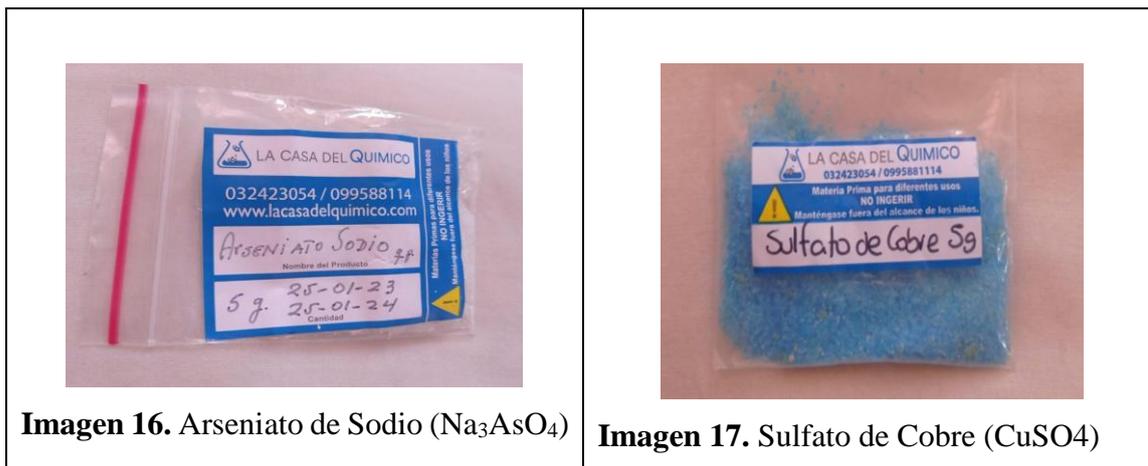


Imagen 16. Arseniato de Sodio (Na_3AsO_4)

Imagen 17. Sulfato de Cobre (CuSO_4)

Anexo 3. Informe de resultados de caracterización del quitosano obtenido mediante espectroscopia infrarroja por transformadas de Fourier (FTIR).



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE ALIMENTOS Y BIOTECNOLOGÍA
CENTRO DE INVESTIGACIONES APLICADAS A POLÍMEROS



INFORME DE RESULTADOS

DC-OT0113-2022

DATOS GENERALES

Tabla 1. Identificación y descripción de los ítems de ensayo

No.	ID muestra	Muestra	Descripción	Servicio
1	DC-MU8527	QUITOSANO OBTENIDO A PARTIR DEL EXOSQUELETO DE CAMARÓN MEDIANTE PROCESO DE DESPROTEINIZACIÓN	ESCAMAS DE COLOR CREMA LIGERAMENTE ROJIZO	<ul style="list-style-type: none"> Espectrofotometría infrarroja por Transformadas de Fourier (FTIR).
Observaciones:			N/A	

SERVICIO: FTIR - Interpretación de grupos funcionales de espectro infrarrojo

• **Equipamiento y reactivos**

- ✓ Espectrofotómetro infrarrojo, marca Jasco, modelo 6800.
- ✓ Accesorio de Reflectancia Total Atenuada ATR, con cristal de diamante, marca Jasco, sin modelo.

- Metodología

Tabla 2. Condiciones y parámetros de ensayo FTIR muestra DC-MU8527

Fecha de inicio de ensayo:	14-12-2022
Fecha de fin de ensayo:	14-12-2022
Método:	Obtención de espectro infrarrojo, mediante la utilización de accesorio ATR..
Preparación de muestra:	Ninguna, obtención de espectro directo sobre la muestra..
Rango espectral (cm ⁻¹):	4000 a 400
Resolución (cm ⁻¹):	4
Número de barridos:	36
Observaciones:	N/A

Nota:
 Fecha de muestreo: No proporciona el cliente
 Plan de muestreo: No proporciona el cliente

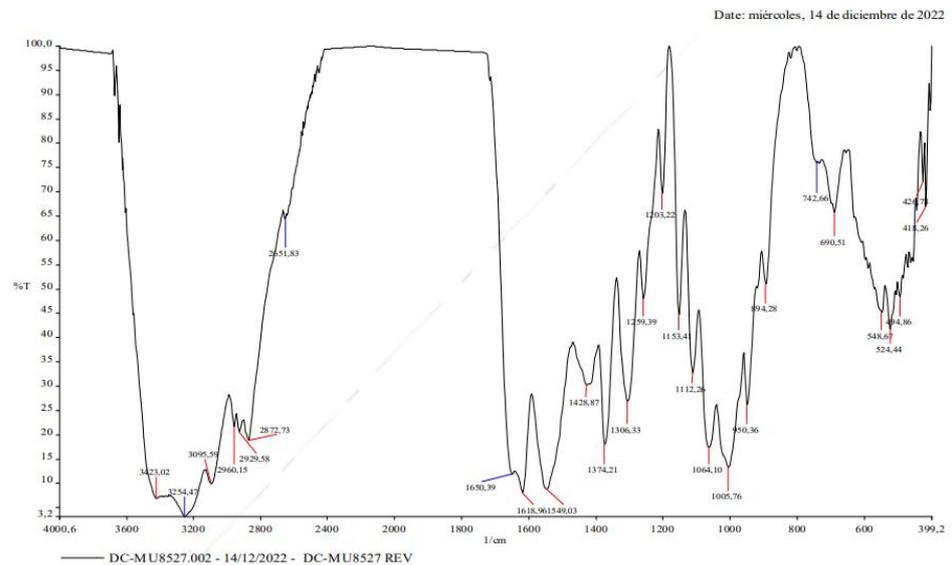


ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
 DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE ALIMENTOS Y BIOTECNOLOGÍA
 CENTRO DE INVESTIGACIONES APLICADAS A POLÍMEROS



- Resultados

Figura 1. Espectro FTIR muestra DC-MU8527





JOSE IVAN
CHANGO

Quím. Iván Chango M.Sc.

PROFESIONAL RESPONSABLE DEL ANÁLISIS



LAURO
VLADIMIR
VALLE ALVAREZ

Ing. Vladimir Valle M.Sc.

AUTORIDAD AUTENTICADORA

Anexo 4. Cronograma

FECHAS ACTIVIDADES	Octubre			Noviembre				Diciembre				Enero			
	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Revisión bibliográfica del tema planteado.	X	X	X	X											
Adquisición de materiales y reactivos.				X	X										
Obtención de cascara de camarón.					X	X									
Tratamiento de limpieza manual de cáscara.							X								
Desmineralización de quitina							X	X							
Desproteínización de quitina.								X	X						
Decolorización de quitina.								X	X						
Desacetilación de quitina/obtención de quitosano.								X	X						
Caracterización de quitosano mediante FTIR.										X					
Remoción de metales pesados (Cromo)										X	X				
Remoción de metales pesados (Cobre)											X				
Remoción de metales pesados (Arsénico)															
Análisis de capacidad y eficiencia de remoción.												X	X	X	
Revisión del informe del proyecto de investigación.															X

Imagen. Cronograma de actividades del proyecto

Anexo 5. Aval de Idiomas

7

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 al Idioma Inglés del proyecto presentado por las señoritas: Jessica Elizabeth Chancusig Sarzosa y Tatiana Soledad Tipanguano Astudillo, estudiantes de la carrera de Ingeniería Ambiental cuyo título versa **“APROVECHAMIENTO DE LA CÁSCARA DE CAMARÓN PARA LA OBTENCIÓN DE QUITOSANO Y SU POTENCIAL APLICACIÓN EN LA REMOCIÓN DE METALES PESADOS, PROVINCIA DE COTOPAXI EN EL PERÍODO 2022-2023”**, 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 a la peticionaria hacer uso del presente certificado de la manera ética que estimaren conveniente.

Latacunga, febrero 2023

Atentamente,



Mg. Gladys Sánchez A.



CENTRO
DE IDIOMAS

DOCENTE DEL CENTRO DE IDIOMAS

C.C. 2100275375