UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

TEMA

DETERMINACIÓN DE MANGANESO EN AGUA PARA POTABILIZACIÓN POR ESPECTROFOTOMETRÍA DE ABSORCIÓN ATÓMICA Y CARACTERIZACIÓN PRELIMINAR DE UN BIOSORBENTE PARA SU REMOCIÓN

AUTOR

GERSON OMAR ANDI DAHUA

DIRECTOR DE PROYECTO/TRABAJO

LUIS RAMÓN BRAVO SÁNCHEZ

Puyo – Ecuador

Julio 2021

DECLARATORIA DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Quien suscribe **GERSON OMAR ANDI DAHUA** con C.I. **1600957235**, hace constar que es autor/a del Proyecto de Investigación/ Trabajo de Integración Curricular titulado: **DETERMINACIÓN DE MANGANESO EN AGUA PARA POTABILIZACIÓN POR ESPECTROFOTOMETRÍA DE ABSORCIÓN ATÓMICA Y CARACTERIZACIÓN PRELIMINAR DE UN BIOSORBENTE PARA SU REMOCIÓN**, el cual constituye una elaboración personal realizada únicamente con la dirección del Tutor de dicho trabajo, Dr. **LUIS RAMÓN BRAVO SÁNCHEZ**. En tal sentido, manifiesto la originalidad de la conceptualización del trabajo como interpretación de datos y elaboración de conclusiones dejando establecido que aquellos aportes intelectuales de otros autores se han referenciado debidamente en el texto de dicho trabajo.

En el cantón Pastaza, a los 07 días del mes de Julio del 2021.



Gerson Omar Andi Dahua

Nombre del Estudiante

C.I: 1600957235

CERTIFICADO DE APROBACIÓN POR EL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

El tribunal de sustentación del proyecto de investigación y desarrollo aprueba el proyecto de Investigación/Trabajo de Integración Curricular titulado: "DETERMINACIÓN DE MANGANESO EN AGUA PARA POTABILIZACIÓN POR ESPECTROFOTOMETRÍA DE ABSORCIÓN ATÓMICA Y CARACTERIZACIÓN PRELIMINAR DE UN BIOSORBENTE PARA SU REMOCIÓN".



Dr/Msc. Abreu Naranjo Reinier

Presidente del Tribunal



Mg. Cuichan Paucar Santiago Homero

Miembro del Tribunal



Mg. Beltrán Conlago Andrea Carolina

CERTIFICADO DE PORCENTAJE DE SIMILITUD OBTENIDO EN EL SISTEMA ANTI-PLAGIO

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND

Certificado No. 122-SAU-UEA-2021

Puyo, 16 de julio de 2021

Por medio del presente **CERTIFICO** que:

El Trabajo de Integración Curricular correspondiente al estudiante: Andi Dahua gerson Omar con C.I. 1600957235, con el Tema: **"DETERMINACIÓN DE MANGANESO EN AGUA PARA POTABILIZACIÓN POR ESPECTROFOTOMETRÍA DE ABSORCIÓN ATÓMICA Y CARACTERIZACIÓN PRELIMINAR DE UN BIOSORBENTE PARA SU REMOCIÓN."**, de la carrera, Ingeniería Ambiental. Director de la investigación Dr.C.Luis Bravo, Phd., ha sido revisado mediante el sistema antiplagio URKUND, reportando una similitud del 0%. Informe generado con fecha 16 de julio de 2021 por parte del director conforme archivo adjunto.

Particular que comunico a usted para los fines pertinentes

Atentamente,

ITALO MARCELO

Ing. Italo Marcelo Lara Pilco M.Sc.
ADMINISTRADOR DEL SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND – UEA - .

DERECHOS DE AUTOR COPYRIGHT (OPCIONAL)

©2021, GERSON OMAR ANDI DAHUA

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho del Autor.

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Gerson Omar Andi Dahua, declaro que el presente proyecto de investigación es de mi autoría y que los resultados de este son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor, asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular.



GERSON OMAR ANDI DAHUA

No. Cédula: 160095723-5

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi padre Jaime y a mi madre Ermelinda, quienes son el pilar fundamental de mi vida, porque con su amor, cariño, esfuerzo y dedicación supieron guiarme y ayudarme en todo momento.

A mis hermanos/as Félix, Oliver, Lisbeth y Betsy, quienes depositaron su confianza en mi persona, y con quienes he compartido momentos muy especiales en mi vida.

A mi tío César por su apoyo incondicional a lo largo de mi carrera universitaria y en el proceso de este trabajo de titulación.

A mi familia y amigos/as que siempre me apoyaron y me alentaron con sus buenos deseos y sobre todo con consejos.

Gerson Omar Andi Dahua

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por darme salud y vida sobre todo por su infinito amor y bondad, por guiarme siempre mi camino de la mejor manera.

A mis padres y hermanos/as y demás familiares, por brindarme su apoyo incondicional en todo momento de mi vida y por permitirme cumplir mis metas y objetivos.

Al Dr. Luis Bravo, por ser mi tutor y haberme asesorado con sus conocimientos y experiencia en la elaboración de mi trabajo de titulación.

A la Universidad Estatal Amazónica, que me permitió realizar mis estudios de pregrado y alcanzar una de las metas más anheladas de mi vida.

A los docentes de la Facultad ciencias de la vida de Ingeniería Ambiental, por impartirme sus conocimientos y experiencias a lo largo de mi formación académica.

Finalmente quiero agradecer a todas y cada una de las personas que de una u otra me supieron brindar su apoyo y me permitieron terminar exitosamente este trabajo.

Gerson Omar Andi Dahua

RESUMEN

Este estudio principalmente se originó por la existencia de elevadas concentraciones de manganeso en aguas para potabilización de la planta potabilizadora de Tixán del río Machángara; el propósito fundamental del estudio fue caracterizar preliminarmente un biosorbente natural a base de cáscara de cacao con vistas a utilizarlo para la remoción de manganeso en el agua que ingresa a la planta de tratamiento. Se desarrolló un método de análisis de espectrofotometría para poder determinar concentraciones de manganeso en agua en el orden de las partes por millón. Se procedió a realizar una caracterización físico - química de la cáscara de cacao para su uso como adsorbente para la remoción de manganeso en agua para potabilización en diferentes intervalos tamaños de partículas; para el estudio de dosificación se prepararon cinco disoluciones patrón de manganeso y se empleó una cantidad de biomasa del polvo de cáscara de cacao en forma ascendente. Los resultados determinaron que a un pH de 10 se logra una remoción alta con un valor de 81,25%, en el caso de dosificación en 1g/L hay un porcentaje alto de 86,47%, es decir esto sería la proporción más adecuada para realizar el proceso de biosorción. Con la implementación y aplicación del procedimiento objeto de estudio, se aporta de manera eficiente a que la planta potabilizadora logre el control y eliminación del manganeso.

Palabras Claves: Manganeso, Biosorbente, Dosificación, Remoción, Potabilización.

ABSTRACT

This study was mainly originated by the existence of high concentrations of manganese in water for purification in Tixán water treatment plant from the Machángara river; the main purpose of the study was to preliminarily characterize a natural biosorbent based on cocoa shell in order to use it for manganese removal in the water that enters to the treatment plant. A spectrophotometric analysis method was developed to be able to determine manganese concentrations in water in parts per million level. A physicochemical characterization of the cocoa shell was carried out for its use as an adsorbent for the removal of manganese in water for purification in different particle size ranges. For the dosage study, five standard manganese solutions were prepared and a quantity of cocoa shell powder biomass was used in ascending form. The results determined that at a pH of 10 a high removal was achieved with a value of 81.25%, in the case of dosage in 1g / L there was a high percentage of 86.47%, that is, this would be the most appropriate proportion to carry out the biosorption process. The implementation and application of the procedure under study, contributes efficiently to the water treatment plant to achieve the control and elimination of manganese.

KEY WORDS: Manganese, Biosorbent, Dosage, Removal, Purification

TABLA DE CONTENIDO

CAPÍTULO I 1
INTRODUCCIÓN 1
1. Planteamiento del Problema 3
2. Objetivos 4
2.1. Objetivo General 4
2.2. Objetivos Específicos 4
3. Justificación 4
CAPÍTULO II 6
2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA 6
2.1. Metales pesados 6
2.1.1. Manganeso 6
2.2. Normas generales de criterio de calidad para los usos de las aguas superficiales, marítimas y de estuarios. 8
2.2.1. Criterios de calidad para aguas de consumo humano y uso doméstico. 8
2.2.2. Criterios de calidad de aguas para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, y en aguas marinas y de estuarios. 11
2.3. Normas Generales de Criterio de Calidad de Agua Para Uso Exclusivo 13
2.3.1. Criterios de calidad de aguas de uso agrícola o de riego. 13
2.4. Procesos convencionales para el tratamiento de efluentes que contienen metales pesados. 15
2.5. Procesos no convencionales para el tratamiento de efluentes que contienen metales pesados. 15
2.6. Biosorción y mecanismos de biosorción. 15
2.6.1. Factores que afectan la biosorción. 16
2.6.2. Biosorbente. 16
2.6.3. Composición de la cáscara de cacao. 16
2.7. Determinación de metales pesados por espectrofotometría de absorción atómica. 17
CAPÍTULO III 18
3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN 18
3.1. Localización 18
3.2. Tipo o diseño de la investigación. 18

3.3 Métodos de investigación.....18

3.3.1. Técnica analítica por espectrofotometría de absorción atómica para cuantificar el manganeso en el agua de la Planta Potabilizadora de TIXÁN. 18

3.2. Caracterización físico - química de la cáscara de cacao para su uso como adsorbente para la remoción de manganeso en agua para potabilización. 19

3.2.1. Tamaño de Partículas......19

3.2.2. Estudio de pH......19

3.3. Establecimiento de las condiciones experimentales para la remoción de manganeso en agua para la potabilización. 20

CAPÍTULO IV.....21

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....21

4.1. Técnica de absorción atómica para la cuantificación de manganeso en agua....21

4.2. Granulometría.....22

4.3. Análisis de pH.....22

4.4. Dosificación de manganeso.....24

CONCLUSIONES 26

RECOMENDACIONES 27

REFERENCIAS.....28

Apéndices y/o Anexos 31

Índice de Tablas

TABLA 1: Criterios de calidad de fuentes de agua para consumo humano y doméstico…... 9

TABLA 1a: Requisitos específicos determinado por la Normativa INEN 1108…… 10

TABLA 2: Criterios de calidad admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, marinas y estuarios…… .11

TABLA 2a: Criterios de Calidad Admisible del Amoniaco Total para la Protección de la Vida Acuática (mg/NH3)…….. 12

TABLA 3: Criterios de Calidad Admisibles para las Aguas destinadas a uso Agrícola….. 13

TABLA 4: Criterios de Calidad de Aguas para Fines Recreativos Mediante Contacto Secundario…… 14

Tabla 5. Distribución del tamaño de partícula de los sólidos pulverulentos de cáscara de cacao a emplear en el estudio de remoción de manganeso……. 22

Tabla 6. Estudio de pH con diferentes parámetros…… 23

Tabla 7. Dosificación de las condiciones experimentales de manganeso……. 24

Índice de Ilustraciones

Figura 1: Mapa físico de Campus Balzay de la Universidad de Cuenca. 18

Figura 2. Curva de calibración de manganeso 21

Figura 3. Distribución del tamaño de partícula del biosorbente obtenido a partir de cáscara de cacao. 22

Figura 4. Comportamiento de la remoción respecto al pH 23

Figura 5. Relación entre la dosis y la remoción. 24

Figura 6. Relación entre la dosis y la capacidad de absorción 25

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

El agua es el principal recurso para la vida en la Tierra y es un elemento esencial de los seres vivos, sin el cual la vida no sería posible. Se puede encontrar en estado sólido, gaseoso y líquido (López, 2017).

El agua es una sustancia líquida sin olor, sabor y color, que existe en un estado más o menos puro en la naturaleza y cubre aproximadamente el (71%) de la superficie del planeta Tierra. Además, es un recurso muy común en el sistema solar y el universo, aunque en forma de vapor o de hielo (Raffino, 2020).

Debido a la diversidad geográfica, geología, política, étnica y cultural del país, la globalización y el colapso de las fronteras comerciales en Ecuador, se están llevando a cabo algunas de las actividades económicas y sociales más importantes como son la minería, petróleo, agricultura, pesca, entre otras, de las cuales la minería es la actividad que representa mayores riesgos ambientales y de salud ocupacional.

La existencia de los principales metales en el ambiente no es únicamente de manera natural, sino que muchos de estos metales como: (manganeso, plomo, mercurio, cadmio, arsénico), se encuentran presentes debido al impacto que generan las industrias mineras y también es el aporte de procesos químicos como Aluminio, Magnesio, Manganeso y Hierro. Cobre, etc. Sin embargo, el país es un productor de minerales y sus actividades se consideran una fuente importante de divisas, lo que representa riesgos importantes para la salud y el medio ambiente por contaminantes ambientales y minerales como el manganeso y otros metales. Debido a esta realidad, se han establecido regulaciones para limitar la cantidad de metales que son liberados en los recursos hídricos afectando al medio ambiente, el principal objetivo es llevar a cabo investigaciones pertinentes con el propósito de eliminar los metales tóxicos de la exportación de la manera más eficiente y económica (López, 2017).

Los metales no se disuelven por proceso químico o biológico debido a que cuando estos se liberan, permanecen en el medio ambiente durante cientos de años, contaminando el agua y el suelo convirtiéndose en un peligro para la salud humana. La importación de animales y plantas contaminados puede provocar intoxicaciones, ya que el consumo de determinadas

personas aumenta la concentración de metales pesados en el cuerpo humano. En el entorno de trabajo, la mayoría de las tareas implican tocar y manipular objetos de metal pesado, lo que genera tensiones y peligros laborales. A continuación, se muestran algunos ejemplos: minería, molienda, refinación de petróleo, metalurgia (López, 2017).

De estos metales como; Pb (II), Zn (II), Cd (II), Hg (II), entre otros, en particular los altos niveles de contaminación por manganeso de los contaminantes mineras ponen en peligro la salud de las personas, el ministerio del medio ambiente y agua endurece las regulaciones más estrictas y por lo tanto fomenta más investigación y desarrolla métodos de eliminación más efectivos (López, 2017).

Existen varios métodos para tratar las aguas que contienen metales pesados. Los métodos más comunes son precipitación, intercambio iónico, ósmosis inversa y adsorción.

Entre los impactos ambientales, el mayor problema lo causaron las industrias mineras y minerías artesanales que están situados en la parroquia de Chiquintad por la cabecera del río Machángara, donde eliminan las partículas del suelo en gran cantidad y estos contienen ciertos metales pesados que contaminan el recurso hídrico del sitio. La mayor parte de la contaminación es causada por la presencia de metales, materia orgánica y sólidos metálicos en el río Machángara, que causan grandes problemas a la vegetación fluvial y la afectación a ciertos agricultores en sus cultivos y el riego.

En varios estudios realizados, la industria minera utiliza tecnología de punta en cuanto a procesos de tratamiento y control; sin embargo, la amenaza de contaminación ambiental puede ser significativa en todas las etapas de explotación, exploración y desarrollo.

El presente proyecto estudia la remoción de metales pesados como el manganeso del cuerpo hídrico en la planta potabilizadora TIXAN, de la cual se abastecen la mayoría de los habitantes de la Ciudad de Cuenca. El método utilizado para la determinación de **manganeso** fue por espectrofotometría y absorción atómica se analizó el pH y otros parámetros físicos – químicos.

1. Planteamiento del Problema

Existen zonas en las que el único recurso disponible para abastecer de agua a poblaciones o al sector agrícola, es el agua subterránea. Al igual que en otros países, la presencia de manganeso en las aguas subterráneas ha limitado su explotación, por lo cual, se han realizado distintos procesos con la finalidad de remover el exceso de este metal, garantizado que el agua sea apta para el consumo humano.

El agua es un recurso hídrico que se ha ido deteriorando en estos últimos años debido a la actividad antropogénica, ya que el ser humano la ha utilizado durante muchos años como una fuente de eliminación de determinados contaminantes. El recurso hídrico al menos no ha sido contaminado únicamente por la actividad antropogénica sino también ha sido contaminado por fuentes naturales. En este caso se trata de la contaminación del agua de forma natural, existe la contaminación por deslaves y deslizamiento de tierra por la cabecera del río Machángara, donde que el rio arrasa a su paso las partículas del suelo y a causa de ello ciertos mestales pesados como en este caso es el manganeso llega a concentrarse en la Planta Potabilizadora TIXÁN en la Ciudad de Cuenca.

Existen elevadas concentraciones de Manganeso en la fuente de abastecimiento de agua para consumo humano en la planta potabilizadora TIXÁN. Esta fuente presenta una concentración muy superior al valor de los límites máximos permitidos en la Norma INEN 1108, en la cual se establece que el valor máximo permitido de manganeso en el agua potable para consumo humano es de 0.4 mg/L.

Las elevadas concentraciones de manganeso generan color, sabor y olor en el agua, producen manchas en la ropa, aparatos sanitarios y utensilios domésticos, y además contribuyen a la formación de biopelículas en las tuberías, accesorios y bombas, ocasionando su obstrucción.

La planta potabilizadora trabaja con el compuesto químico de Permanganato de Potasio, con posterior filtración de los óxidos de manganeso insolubles, proceso que resulta costoso para la planta de potabilización es por tal razón que se propone resolver el problema con la utilización de un biosorbente natural a través del uso de la cáscara de cacao para la remoción de **manganeso** presente en el agua.

El resultado de este trabajo de investigación contribuye de manera científica con el uso de tecnología, la cual servirá como base para la consulta de información y el desarrollo de nuevas investigaciones. El método planteado para la remoción limpia de manganeso en la planta potabilizadora de agua, el cual cumpla con estrictos estándares ambientales, recuperación física y química del manganeso reduciendo significativamente la concentración y la contaminación en la planta potabilizadora de TIXAN.

2. Objetivos

2.1. Objetivo General

- Caracterizar preliminarmente un biosorbente natural a base de cáscara de cacao con vistas a utilizarlo para la remoción de manganeso en agua para potabilización en la planta de tratamiento de TIXÁN.

2.2. Objetivos Específicos

- Proponer una técnica de análisis por espectrofotometría de absorción atómica para cuantificar el manganeso en el agua de la Planta Potabilizadora de TIXÁN.
- Caracterizar la cáscara de cacao desde el punto de vista físico - químico con vistas a su uso como adsorbente para la remoción de manganeso en agua para potabilización.
- Determinar condiciones experimentales para la remoción de manganeso en agua para la potabilización.

3. Justificación

Se plantea obtener un biosorbente natural a partir de residuos de cáscara de cacao, los cuales pueden ser utilizados para la remoción de manganeso en el agua para potabilización. Estos tipos de absorbentes obtenidos a partir de biomasa residual son cada vez más usados en los procesos de potabilización de agua debido a su fácil acceso y su bajo costo en comparación a los materiales sintéticos. Según (Arti Hansda, 2015) que la biosorción es una técnica rentable y ecológica para la descontaminación de iones metálicos con la ayuda de materiales de origen biológico.

Es muy importante brindar agua potable de calidad, que cumpla con los parámetros establecidos en la Norma Técnica Ecuatoriana 1108, con la cual se garantiza que las características físicas, químicas y microbiológicas del agua han sido tratadas con el fin de

brindar agua apta para el consumo humano y así evitar cualquier tipo de afectación a la salud y bienestar de las personas.

Por los problemas expuestos anteriormente, este trabajo se orienta a realizar un estudio y análisis para remover el exceso de manganeso del sistema de abastecimiento de agua en la planta potabilizadora de TIXÁN, mediante caracterización preliminar de un biosorbente para su respectiva remoción de manganeso.

CAPÍTULO II

2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

La contaminación por metales pesados en los recursos hídricos genera las más severas problemáticas que comprometen la seguridad alimentaria y salud pública a nivel mundial y local (Yulieth Reyes, 2016).

2.1. Metales pesados

Los metales pesados son elementos propios de la naturaleza, se encuentran de manera natural en el ambiente que por lo general no perjudican a las diferentes formas de vida. Los metales pesados son elementos químicos con alta densidad (mayor a 4 g/cm^3), masa atómica por encima de 20, y son nocivos en concentraciones bajas (García, Muñoz, & Franco, 2016). Los metales pesados son: aluminio (Al), bario (Ba), berilio (Be), cobalto (Co), cobre (Cu), estaño (Sn), hierro (Fe), manganeso (Mn), cadmio (Cd), mercurio (Hg), plomo (Pb), arsénico (As), cromo (Cr), molibdeno (Mo), níquel (Ni), plata (Ag), selenio (Se), talio (Tl), vanadio (Va), oro (Au) y zinc (Zn) (Feria, González, & Magurro, 2010).

De acuerdo con una serie de investigaciones realizadas y publicadas en revistas científicas, se ha determinado que algunos de estos elementos son esenciales para diferentes formas de vida (García, Muñoz, & Franco, 2016). En algunos estudios se ha descrito que su falta o exceso trae consigo afectaciones a la vida, por ejemplo, un organismo vivo requiere de ciertos elementos como: hierro, cobalto, cobre, hierro, manganeso, molibdeno, vanadio, estroncio y zinc. Algunos elementos, en cambio, no cumplen una función fisiológica conocida, sino que alteran la salud y por esta razón es conveniente evitarlos en lo posible (Karna, 2013).

2.1.1. Manganeso

El manganeso es un elemento químico, de símbolo Mn, con número atómico 25 de masa atómica 54.938. Se encuentra en algunos alimentos como: las nueces, semillas, legumbres y cereales. Según la revisión de algunas bibliografías se determina que este elemento también se encuentra de manera natural en la corteza terrestre en forma de mineral (Gahn, 2010). También se describe que el Mn, es un micro mineral esencial que está distribuido en algunos vegetales y la función que cumple es la de regular mecanismos a nivel celular (Ruíz, 2010).

El manganeso es un metal de transición blanquecino, similar al hierro. Es metal Duro y muy quebradizo, ignífugo y se oxida fácilmente. Lata de metal de manganeso Ferromagnético, pero solo después de un tratamiento especial. (Valencia, 2017)

2.1.1.1. Origen del Manganeso. El manganeso se encuentra generalmente en el aire, el suelo, el agua y los alimentos. Se puede encontrar más manganeso en el aire, el suelo y el agua.

En la forma química del manganeso y el tipo de suelo determinan la velocidad del movimiento del manganeso. La cantidad que atraviesa el suelo y permanece en el suelo. En el agua, mayormente El manganeso tiende a adherirse a las partículas de manganeso o depositarse como sedimento.

El manganeso se encuentra a menudo en forma de iones de manganeso (Mn^{2+}) en el agua. La sal de manganeso suele ser más soluble en solución ácida que en solución alcalina. Los iones de manganeso generalmente se introducen en el agua por solubilidad.

En algunas aguas superficiales y pozos poco profundos, se pueden encontrar compuestos Coloides orgánicos y de manganeso. También pueden existir bacterias de manganeso y similar a las bacterias del hierro. El manganeso se encuentra a menudo en el agua de pozo. También se puede encontrar en espacios abiertos en terrenos que contengan arenisca y en pozos aluviales poco profundos. (Valencia, 2017)

La concentración de manganeso en algunas aguas subterráneas puede alcanzar hasta 1 mg/L y en agua superficial concentraciones inferiores a 0,1 mg/L. Es importante enfatizar a pozo profundo, el agua tiene mayor poder de disolución.

Según los informes, la concentración de manganeso en el agua es de 1,8 a 2,0 mg/L. día. Dado que las propiedades químicas del manganeso son similares a las del hierro, se puede establecer que la producción industrial de hierro también es fuente de manganeso.

Dado que manganeso es una parte natural del medio ambiente, se produce la exposición al manganeso en el agua, por lo que siempre estamos expuestos a niveles bajos de agua, aire, suelo y alimentos. El contenido de manganeso en las aguas subterráneas el agua potable y el suelo es muy bajo. (Valencia, 2017).

2.1.1.2. Efectos en el ambiente. Las concentraciones de partículas de Mn aumentan considerablemente debido a la actividad antropogénica, ya que el ser humano no se detiene con las actividades industriales y a través de la quema de productos fósiles. El manganeso puede causar síntomas de toxicidad y deficiencias en las plantas, por la existencia de altas concentraciones de manganeso en el suelo puede causar inflamación de la pared celular, abrasamiento y puntos marrones en las hojas (Patlolla, Tchounwou, Sutton, & Yedjou, 2014).

2.1.1.3. Efectos en la salud. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) las alteraciones en la salud, así como sus signos y síntomas en el organismo se relacionan con las cantidades de Mn que posiblemente adquirió la persona que estuvo en contacto con este metal, el tiempo de exposición y con la vía de entrada de este. En una exposición crónica se ha observado anemia, disfunción renal, cálculos renales, osteoporosis, osteomalacia, trastornos respiratorios, hipertensión, trastornos nerviosos (alteración del sueño, tremores, sudoración, contracciones musculares involuntarias), pérdida de peso y apetito, cáncer de próstata y pulmón (OMS, 2015).

Durante la inhalación prolongada de manganeso, los principales órganos afectados son **Pulmones**, sistema nervioso y sistema reproductivo, aunque existen **Efectos** observados en otros sistemas de órganos. Los efectos sobre el sistema nervioso incluyen **Síntomas** neurológicos y neuropsiquiátricos que pueden causar enfermedad. Similar a la enfermedad de Parkinson, se llama enfermedad del manganeso. (Valencia, 2017)

2.2. Normas generales de criterio de calidad para los usos de las aguas superficiales, marítimas y de estuarios.

2.2.1. Criterios de calidad para aguas de consumo humano y uso doméstico.

a. Se comprende 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:

- ✓ Bebida y preparación de alimentos para consumo humano.
- ✓ Satisfacción de necesidades domésticas individuales o colectivas, tales como higiene personal y limpieza de elementos, materiales o utensilios.

b. Esta norma aplica a la selección de aguas captadas para consumo humano y uso doméstico, pero lo cual se deberán cumplir con los criterios indicados en la siguiente tabla.

Tabla 1: Criterios de calidad de fuentes de agua para consumo humano y doméstico

PÁRAMETRO	EXPRESADO COMO	UNIDAD	CRITERIO DE CALIDAD
Aceites y grasas	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0.3
Arsénico	As	mg/l	0.1
Coliformes Fecales	NMP	NMP/100ml	1000
Bario	Ba	mg/l	1
Cadmio	Cd	mg/l	0.02
Cianuro	CN	mg/l	0.1
Cobre	Cu	mg/l	2
Color	Color real	Unidades de Platino Cobalto	75
Cromo hexavalente	Cr^{+6}	mg/l	0.05
Fluoruro	F	mg/l	1.5
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	<4
Demanda Bioquímica de Oxigeno	DBO_5	mg/l	<2
Hierro Total	Fe	mg/l	1.0
Mercurio	Hg	mg/l	0.006
Nitratos	NO_3	mg/l	50.0
Nitritos	NO_2	mg/l	0.2
Potencial Hidrógeno	pH	Unidades de pH	6-9
Plomo	Pb	mg/l	0.01
Selenio	Se	mg/l	0.01
Sulfatos	SO_4	mg/l	500
Hidrocarburos Totales de Petróleo Turbiedad	TPH Unidades Nefelométricas de turbiedad	mg/l UNT	0.2 100.0

Fuente: Acuerdo Ministerial 097 (097, 2015)

Observación: Podrán usarse aguas con turbiedades y coliformes fecales ocasionales superiores a los indicados en esta Tabla 1, siempre y cuando las características de las aguas tratadas sean entregadas de acuerdo con la norma INEN correspondiente.

c. De ser necesario para alcanzar los límites establecidos en la Norma INEN para agua potable se deben implementar procesos de tratamiento adecuados y que permitan alcanzar eficiencias óptimas, con la finalidad de garantizar agua de calidad para consumo humano. (097, 2015)

El agua potable debe cumplir con los requisitos que se establecen a continuación:

Tabla 1a: Requisitos específicos determinado por la Normativa INEN 1108

PARÁMETRO	UNIDAD	LÍMITE MÁXIMO PERMITIDO
Características físicas		
Color	Unidades de color aparente (Pt-Co	15
Turbiedad	NTU	5
Olor	…	No Objetable
Sabor	…	No Objetable
Inorgánicos		
Antimonio, Sb	mg/l	0.02
Arsénico, As	mg/l	0.01
Bario, Ba	mg/l	0.7
Boro, B	mg/l	0.5
Cadmio, Cd	mg/l	0.003
Cianuro, CN	mg/l	0.07
Cloro libre residual*	mg/l	0.3 a 1.5
Cobre, Cu	mg/l	2.0
Cromo, Cr (cromo total)	mg/l	0.05
Fluoruros	mg/l	1.5
Manganeso, Mn	mg/l	0.4
Mercurio, Hg	mg/l	0.006
Níquel, Ni	mg/l	0.07
Nitratos, NO_3	mg/l	50
Nitritos, NO_2	mg/l	0.2
Plomo, Pb	mg/l	0.01
Radiación Total*	Bg/l	0.1
Radiación Total**	Bg/l	1.0
Selenio, Se	mg/l	0.01

Es el rango en el que debe estar el cloro libre residual luego de un tiempo mínimo de contacto de 30 minutos.

* Corresponde a la radiación emitida por los siguientes radionucleidos: ^{210}Po, ^{224}Ra, ^{226}Ra, ^{232}Th, ^{234}U, ^{238}U, ^{239}Pu.

** Corresponde a la radiación emitida por los siguientes radionucleidos: ^{60}Co, ^{89}Sr, ^{90}Sr, ^{129}I, ^{131}I, ^{134}Cs, ^{137}Cs, ^{210}Pb, ^{228}Ra.

Fuente: Normativa INEN 1108 (INEN, 2011)

2.2.2. Criterios de calidad de aguas para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, y en aguas marinas y de estuarios.

a. Se entiende por uso del agua para preservación de la vida acuática y silvestre, su empleo en actividades destinadas a mantener la vida natural de los ecosistemas asociados, sin causar alteraciones en ellos, o para actividades que permitan la reproducción, supervivencia, crecimiento, extracción y aprovechamiento de especies bioacuáticas en cualquiera de sus formas, tal como en los casos de pesca y acuacultura.

b. Los criterios de calidad para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, marinas y de estuario, se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 2: Criterios de calidad admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, marinas y estuarios.

PARÁMETROS	Expresados como	Unidad	Criterio de calidad	
			Agua dulce	Agua marina y de estuario
Aluminio (1)	Al	mg/l	0.1	1.5
Amoniaco Total (2)	NH3	mg/l	-	0.4
Arsénico	As	mg/l	0.05	0.05
Bario	Ba	mg/l	1.0	1.0
Berilio	Be	mg/l	0.1	1.5
Bifenilos Policlorados	concentración de PCBs totales	µg/l	1.0	1.0
Boro	B	mg/l	0.75	5.0
Cadmio	Cd	mg/l	0.001	0.005
Cianuros	CN	mg/l	0.01	0.01
Cinc	Zn	mg/l	0.03	0.015
Cloro residual total	Cl_2	mg/l	0.01	0.01
Cloro fenoles (3)		mg/l	0.05	0.05
Cobalto	Co	mg/l	0.2	0.2
Cobre	Cu	mg/l	0.005	0.005
Cromo total	Cr	mg/l	0.032	0.05
Estaño	Sn	mg/l		2.00
Fenoles monohídricos	Expresado como fenoles	mg/l	0.001	0.001
Aceites y grasas	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0.3	0.3
Hidrocarburos totales de petróleo	TPH	mg/l	0.5	0.5

Hierro	Fe	mg/l	0.3	0.3
Manganeso	Mn	mg/l	0.1	0.1
Materia flotante de origen antrópico	Visible	mg/l	Ausencia	Ausencia
Mercurio	Hg	mg/l	0.0002	0.0001
Níquel	NI	mg/l	0.025	0.1
Oxígeno Disuelto	OD	% de saturación	>80	>60
Piretroides	concentración de piretroides totales	mg/l	0.05	0.05
Plaguicidas órgano clorado totales	Órgano clorado totales	µg/l	10.0	10.0
Plaguicidas órganos fosforados totales	Órganos fosforados totales	µg/l	10.0	10.0
Plata	Ag	mg/l	0.01	0.005
Plomo	Pb	mg/l	0.001	0.001
Potencial de Hidrógeno	pH	Unidades de pH	6.5-9	6.5-9.5
Selenio	Se	mg/l	0.001	0.001
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	0.5	0.5
Nitritos	NO_2	mg/l	0.2	
Nitratos	NO_3	mg/l	1.3	200
DQO	DQO	mg/l	40	-
DBO5	DBO5	mg/l	20	-
Sólidos Suspendidos Totales	SST	mg/l	max. Incremento de 10% de la condición natural	-
(1) Aluminio: Si el pH es menor a 6,5 el criterio de calidad será 0,005 mg/l.				
(2) Aplicar la tabla 2a como criterio de calidad para agua dulce.				
(3) Si solo se pasa el criterio de calidad se debe analizar el diclorofenol cuyo criterio de calidad es 0.2 µg/l.				

Fuente: Acuerdo Ministerial 097 (097, 2015)

Tabla 2a: Criterios de Calidad Admisible del Amoniaco Total para la Protección de la Vida Acuática (mg/NH3).

Temp. (°c)	**pH**							
	6	**6,5**	**7**	**7,5**	**8**	**8,5**	**9**	**10**
0	231	73	23,1	7,32	2,33	0,749	0,250	0,042
5	153	48,3	15,3	4,84	1,54	0,502	0,172	0,034
10	102	32,4	10,3	3,26	1,04	0,343	0,121	0,029
15	69,7	22	6,98	2,22	0,715	0,239	0,089	0,026
20	48	15,2	4,82	1,54	0,499	0,171	0,067	0,024
25	33,5	10,6	3,37	1,08	0,354	0,125	0,053	0,022
30	23,7	7,5	2,39	0,767	0,256	0,094	0,043	0,021

Fuente: Acuerdo Ministerial 097 (097, 2015)

El amoniaco presenta alta solubilidad en el agua y su difusión es afectada por una amplia variedad de parámetros ambientales como pH, Temperatura y fuerza iónica.

d. En el caso de cuerpos de agua en los cuales exista presunción de contaminación, el sujeto de control debe analizar además el parámetro Coliformes Fecales, para establecer el nivel de afectación y variación de concentración de los Coliformes Fecales en la zona de influencia. (097, 2015)

2.3. Normas Generales de Criterio de Calidad de Agua Para Uso Exclusivo

2.3.1. Criterios de calidad de aguas de uso agrícola o de riego.

Se comprende por agua de uso agrícola aquella empleada para la irrigación de cultivos y otras actividades conexas o complementarias que establezcan los organismos competentes.

Se prohíbe el uso de aguas servidas para riego, exceptuándose las aguas servidas tratadas y que cumplan con los niveles de calidad establecidos en la **TABLA 3**. (097, 2015)

Tabla 3: Criterios de Calidad Admisibles para las Aguas destinadas a uso Agrícola

PARAMETRO	EXPRESADO COMO	UNIDAD	CRITERIO DE CALIDAD
Aceites y grasas	Película Visible		Ausencia
Aluminio	Al	mg/l	5.0
Arsénico	As	mg/l	0.1
Berilio	Be	mg/l	0.1
Boro	B	mg/l	0.75
Cadmio	Cd	mg/l	0.05
Cinc	Zn	mg/l	2.0
Cobalto	Co	mg/l	0.01
Cobre	Cu	mg/l	0.2
Coliformes fecales	NMP	NMP/100ml	1000
Cromo	Cr^{+6}	mg/l	0.1
Flúor	F	mg/l	1.0
Hierro	Fe	mg/l	5.0
Huevos de parásitos			Ausencia

Litio	Li	mg/l	2.5
Materia flotante	Visible		Ausencia
Mercurio	Hg	mg/l	0.001
Manganeso	Mn	mg/ l	0. 2
Molibdeno	Mo	mg/l	0.01
Níquel	Ni	mg/l	0.2
Nitritos	NO_2	mg/l	0.5
Oxígeno Disuelto	OD	mg/l	3
pH	pH		6-9
Plomo	Pb	mg/l	5.0
Selenio	Se	mg/l	0.02
Sulfatos	SO_4	mg/l	250
Vanadio	V	mg/l	0.1

Fuente: Acuerdo Ministerial 097 (097, 2015)

Los criterios de calidad para aguas destinadas a fines recreativos mediante contacto secundario se presentan en la siguiente Tabla. (097, 2015)

Tabla 4: Criterios de Calidad de Aguas para Fines Recreativos Mediante Contacto Secundario.

PARÁMETRO	**EXPRESADO COMO**	**UNIDAD**	**CRITERIO DE CALIDAD**
Parásitos Nemátodos intestinales			Ausencia
Coliformes Totales	NMP	NMP/100 ml	4000
Oxígeno Disuelto	OD	%Saturación	>80
Potencial Hidrógeno		pH	6-9
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	0.5
Grasas y aceites	Película visible		Ausencia
Material Flotante	Visible		Ausencia
Relación Nitrógeno Fósforo Total			15:1

Fuente: Acuerdo Ministerial 097 (097, 2015).

2.4. Procesos convencionales para el tratamiento de efluentes que contienen metales pesados.

Según (Gunatilake, 2015) se establecen diferentes métodos para la remoción de metales pesados en efluentes, los cuales están dentro del proceso de eliminación físico - químico; como la adsorción, intercambio iónico, filtración por membranas, electrodiálisis, ósmosis inversa, ultrafiltración y fotocatálisis. Estos tratamientos son en ocasiones ineficientes en pequeñas cantidades de metales pesados y además exigen mayores costos operacionales (Pinzón-Bedoya, 2008).

2.5. Procesos no convencionales para el tratamiento de efluentes que contienen metales pesados.

Existen varios procesos no convencionales para remover los metales pesados presentes en efluentes los cuales incluyen la biosorción, biofiltración y biorremediación. La biosorción es un proceso de bajo costo operacional, además de que se puede disponer fácilmente materiales biosorbentes con alta eficacia de remoción (Gunatilake, 2015).

2.6. Biosorción y mecanismos de biosorción.

Para (Gavrilescu, 2004) la biosorción consiste en la absorción de iones metálicos desde soluciones por biomasa viva o muerta, ofreciendo una alternativa de remediación de efluentes. De la misma manera (Plazinski, 2013) manifiesta que la biosorción es una técnica que emplea el uso de materiales de origen biológico (algas, hongos, bacterias, etc.) que inmoviliza los contaminantes, siendo una tecnología emergente eficaz, de proceso rápido y de bajo costo.

El proceso de biosorción es muy importante en el ambiente y en los procesos de biotratamientos, debido que está dirigido a eliminar o recuperar sustancias orgánicas e inorgánicas en disolución por material biológico, lo que incluye organismos vivos o muertos, incluyendo microorganismos (Fomina & Gadd, 2014).

Los mecanismos que se involucran en el proceso de biosorción contienen: quimio sorción, acomplejamiento, adsorción- acomplejamiento en superficie y poros, intercambio iónico, micro precipitación, condensación de hidruros metálico y adsorción superficial, donde cada mecanismo funciona de forma independiente, contribuyendo a la captación de los metales (Javanbakht, Amir, & Zilouei, 2014).

Para (Nilanjana, Vimala, & Karthika, (2008), el mecanismo de bioadsorción es un proceso complicado, donde el estado de la biomasa (viva o muerta), tipo de biomateriales, propiedades del metal y condiciones ambientales como el pH, influyen en proceso de biosorción del metal.

2.6.1. Factores que afectan la biosorción.

Según (Bermejo, 2016) los procesos que afecta la biosorción se dividen en tres factores: el biosorbente, la disolución y la operación. Dentro de las propiedades del biosorbente se encuentran: el tipo de material biosorbente, el punto de carga cero, la superficie específica y la porosidad. Mientras que en las propiedades de la disolución influye el pH, la presencia de otros solutos y el tipo de metal. Finalmente, en el proceso de operación afecta el tiempo de contacto, la temperatura, el sistema de contacto y el caudal de la disolución.

Según (Nilanjana, Vimala, & Karthika, 2008) los principales factores que afectan el proceso de biosorción son: concentración inicial de iones metálicos, temperatura, pH y la concentración de biomasa en contacto con la disolución, donde manifiesta que la temperatura en el intervalo de 20°C a 35°C no influye en el proceso de biosorción. Por otra parte, manifiesta que el tamaño de las partículas, el tiempo de contacto, la porosidad y el tipo de material influye en la biosorción.

2.6.2. Biosorbente.

Los biosorbentes son preparados a partir de biomasa natural o residual abundante, tienen una alta capacidad de absorción o adsorción, y son una fuente rentable de materia prima (Gavrilescu, 2004). Dentro de los biosorbente se tienen dos clases:

Biomasa viva: es también conocida con biomasa microbio, la cual son; algas, bacterias, hongos, etc., que se encuentra en gran cantidad en la naturaleza.

Biomasa muerta: son aquellos residuos o desechos vegetales de las industrias agrícolas (cáscara de naranja, aserrín, bagazo de caña, moringa, cáscara de cacao etc.)

2.6.3. Composición de la cáscara de cacao.

La cáscara de cacao posee un alto valor nutricional, por la presencia de variedad de biocompuestos como: fenólicos, fibras dietéticas, metilxantina, teobromina y lipídico similar a la manteca de cacao (Dayane, Okiyama, Navarro, & Rodrigues, 2017).

La cáscara que cubre a la semilla ha mostrado por largo tiempo el inconveniente de acumulación de **Biomasa** en grandes pilas. El uso más importante que se le ha dado a este material es en la fertilización de suelos, esto gracias a su degradación que sirve como mejorador de este.

Por las razones anteriores, algunos investigadores han realizado algunos estudios para caracterizar y utilizar ciertos sustratos orgánicos en forma pura y en forma de mezcla. Estos estudios muestran que la cáscara del cacao tiene varias características: tiene buena capacidad de absorción y retención de agua, contiene una gran cantidad de grupos OH de lignina y celulosa y es altamente biodegradable (Willian Teneda, 2019).

2.7. Determinación de metales pesados por espectrofotometría de absorción atómica.

La espectrofotometría de absorción atómica es una técnica de análisis que permite determinar un amplio número de metales a concentraciones inferiores a los μg/L. En este caso, la muestra debe ser convertida en vapor atómico por medio de un proceso conocido como atomización; posteriormente, esa muestra atomizada será expuesta a la acción de una fuente de radiación electromagnética luminosa a partir de una lámpara de cátodo hueco del mismo elemento, con el objetivo de medir la absorbancia que experimentan sus átomos. La matriz en la que se encuentra el elemento puede provocar interferencias, interacciones químicas, una inestabilidad de niveles y de fenómenos anexos que se producen a elevadas temperaturas y que pueden interferir en la medida de la absorbancia. Para el caso del manganeso se prefiere utilizar nebulización directa a la llama, si la concentración estuviera en el orden de los mg/L y horno de grafito si estas fueran inferiores (Gallegos et al., 2012).

CAPÍTULO III

3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Localización

La muestra del agua proviene de la Planta Potabilizadora de TIXÁN, se realizó el respectivo trabajo experimental en el laboratorio del Campus Balzay de la Universidad de Cuenca.



Figura 1: Mapa físico de Campus Balzay de la Universidad de Cuenca.

Fuente: Google Map.

3.2. Tipo o diseño de la investigación.

Se realizó una investigación experimental en la cual se valoró el uso la técnica analítica instrumental de absorción atómica para la cuantificación de manganeso en agua para potabilización. Se determinaron las condiciones experimentales preliminares que contribuyeron a lograr una mayor remoción del manganeso mediante el uso de la cáscara de cacao como absorbente.

3.3 Métodos de investigación

3.3.1. Técnica analítica por espectrofotometría de absorción atómica para cuantificar el manganeso en el agua de la Planta Potabilizadora de TIXÁN.

Se desarrolló un método de análisis lo suficientemente sensible y específico como para poder determinar concentraciones de manganeso en agua en el orden de las partes por millón. El

patrón utilizado fue de marca ACCUSTANDARD de 1000 mg/L en (2-5) % de HNO_3, las concentraciones de los patrones para la curva de calibración fueron de 0.5; 1.5 y 3.0 mg/L en HCl al 2% de concentración, incluido el blanco que también está al 2% de HCl y la longitud de onda seleccionada fue de 279.8 nm; se trabajó con acetileno y nebulización directa a la llama.

Se seleccionó el método de nebulización directa a la llama de acetileno y aire porque el manganeso se vaporiza y absorbe de manera eficiente la radiación electromagnética específica proveniente de la lámpara de cátodo hueco a la longitud de onda antes mencionada. Alternativamente se pudiera seleccionar la atomización electrotérmica en horno de grafito, si se necesitara incrementar la sensibilidad, pero no es el caso, dadas las concentraciones relativamente elevadas de manganeso que presenta el agua de la planta potabilizadora de Tixán.

3.2. Caracterización físico - química de la cáscara de cacao para su uso como adsorbente para la remoción de manganeso en agua para potabilización.

3.2.1. Tamaño de Partículas.

En primer lugar, se procedió a moler la cáscara de cacao y después se determinó el tamaño de partículas de 0.86 - 2.0mm (grueso), 0.425 – 0.85mm (medio) y menor que 0.425mm (fino) a través de una técnica de tamizado.

3.2.2. Estudio de pH.

A continuación, se hizo un estudio de pH para determinar el parámetro pH de máxima adsorción, para ello se prepararon diferentes disoluciones de pH a escalas 2, 4, 6, 8, 10 y a cada una de ellas se determinó el porcentaje de remoción y la capacidad de adsorción. Se utilizó un medidor de pH marca PH-3C Hellog, y las mediciones se realizaron de manera directa.

Se utilizó una cantidad de biomasa que es de 0.05 g en este caso de la cáscara de cacao y se puso en contacto con un volumen de disolución de 0.05 L, y a una concentración inicial de manganeso 5.28 mg/L.

Además, en cuanto a las condiciones de operación para este trabajo experimental, se pusieron en contacto a 150 revoluciones por minuto (RPM), a una temperatura de 22 °C y con un tiempo de agitación de 60 minutos.

3.3. Establecimiento de las condiciones experimentales para la remoción de manganeso en agua para la potabilización.

Para el estudio de dosificación se prepararon cinco disoluciones con las siguientes concentraciones de manganeso: 0.5g/L, 1g/L, 5g/L, 10g/L, 15g/L y se empleó una cantidad de biomasa del polvo de cáscara de cacao en forma ascendente 0.025g, 0.05g, 0.25g, 0.5g, 0.75g. De igual manera se determinó el porcentaje de remoción y además se calculó la capacidad de adsorción con una concentración inicial 5.1 mg/L de patrón. Se valoró la capacidad de adsorción en dependencia de la dosis de adsorbente (relación sólido líquido) y pH de máxima adsorción.

El porcentaje de remoción (%R) se calculó según la expresión:

$$\%R = \frac{(Co - Cf) * 100}{Co}$$

Donde: C_0-concentración inicial de manganeso

Cf- concentración final de manganeso

La capacidad de adsorción se calculó a través de la fórmula:

$$q_e = \frac{(C_{0-C_e})V}{m}$$

Donde: C_o - concentración inicial del manganeso (mg/L).

Ce - concentración de manganeso (ll) en el equilibrio o luego del proceso de adsorción (mg/L).

Se analizó a un volumen de 0.05 L con una concentración inicial de 5.1 mg/L. Con respecto a las condiciones de operación se hizo el análisis con un pH inicial de 6 y con una unidad de frecuencia que es de 150 (RPM) a una temperatura de 22 °C y con tiempo de 60 minutos al respecto.

CAPÍTULO IV

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1. Técnica de absorción atómica para la cuantificación de manganeso en agua

Se llevaron a cabo las determinaciones cuantitativas a través de la técnica descrita en la metodología y empleando el método de cálculo de la curva de calibración. Para el patrón de 0.5 mg/L se obtuvo una absorbancia de 0.067, para 0.5 mg/L, el valor fue de 0.200 y finalmente para la concentración 3.0 mg/L se registró un valor de 0.384. En la figura 2 se puede observar el gráfico de la curva de calibración, el coeficiente de determinación R^2, el cual resulta adecuado para el parámetro linealidad y el modelo matemático de la recta, que se utilizó para la cuantificación.

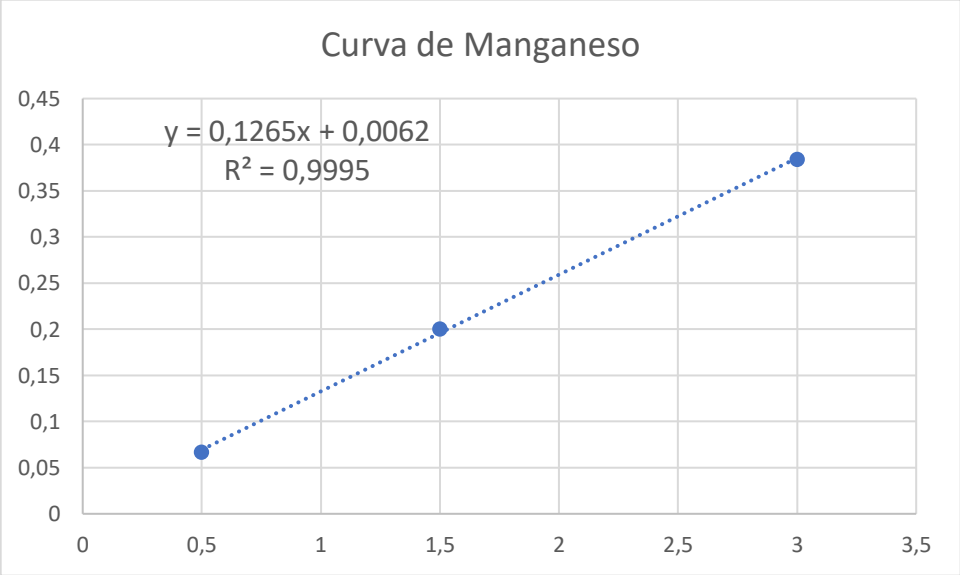

Figura 2. Curva de calibración de manganeso

Elaborado Por: Gerson Andi

La fórmula de cálculo para la concentración de manganeso en las aguas ($C(Mn)$), en mg/L, basada en el modelo matemático de la curva de calibración fue la siguiente.

$$C(Mn) = \frac{\mathrm{A} - 0.0062}{0.1265}$$

Donde: A-absorbancia

4.2. Granulometría

En la tabla 7 se observa la distribución granulométrica que se obtuvo para el adsorbente natural, polvo de cáscara de cacao.

Tabla 5. Distribución del tamaño de partícula de los sólidos pulverulentos de cáscara de cacao a emplear en el estudio de remoción de manganeso.

Tamiz	Abertura (mm)	Masa retenida (g)	%Retenido
N10	2.00	388.41	18.23
N16	1.18	656.95	30.83
N20	0.85	280.08	13.14
N40	0.425	370.19	17.37
<N40	< 0.425	435.32	20.43
Total		2130.95	100.00

En el histograma de frecuencia de la figura 3 se puede observar que la mayor proporción del tamaño de partículas (cerca del 31%) está en el intervalo de 1.18 a 2.00 mm, sin embargo, existe una cantidad significativa de partículas en forma de polvo fino, por debajo de 0.425 mm, el cual sería más adecuado para la remoción, por el hecho de tener una mayor superficie de contacto.

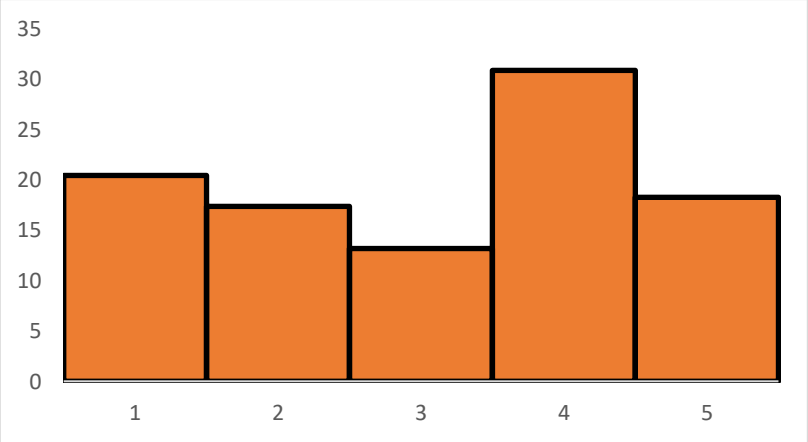

Figura 3. Distribución del tamaño de partícula del biosorbente obtenido a partir de cáscara de cacao.

Fuente: Realizado por: Gerson Andi

4.3. Análisis de pH

Se hizo el estudio de pH con un patrón de concentración inicial de 5.26 mg/L y se utilizó un pH de 2 que es muy ácido, se puso en contacto con el adsorbente y resultó una cantidad muy

baja que es de 0.38. A medida que se fue aumentando el pH que se estableció hasta el intervalo 10 que es un pH alcalino, en este caso de estudio no se podría sobrepasar este intervalo porque se causarían más problemas al momento de neutralizar. Lo recomendable es llegar al intervalo antes mencionado y con ello se logra una remoción de una cantidad de 81.25%.

Tabla 6. Estudio de pH con diferentes parámetros

pH					
Código	pH	Concentración final (mg/L)	% R	q (mg/g)	pH final
pHC1	2	5.26	0.380	0.02	2.12
pHC2	4	2.42	54.17	2.86	4.94
pHC3	6	1.86	64.77	3.42	5.55
pHC4	7	1.29	75.57	3.99	5.8
pHC5	8	1.81	65.72	3.47	5.66
pHC6	10	0.99	81.25	4.29	7.02

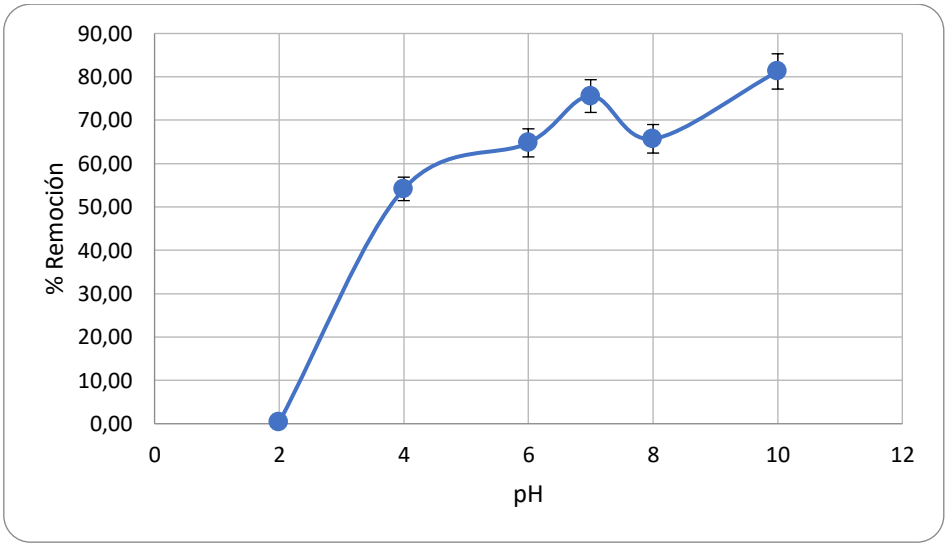

Figura 4. Comportamiento de la remoción respecto al pH

Fuente: Elaborador por: Gerson Andi

En la figura 4 se muestra que a un pH de 10 se obtiene una remoción alta con un valor de 81.25%, sin embargo, a partir de pH 7 se obtiene una buena remoción superior al 70% y las condiciones de remoción pueden ser mejor controladas y a menos costo.

4.4. Dosificación de manganeso

Se determinaron las condiciones experimentales en cinco disoluciones con dosificaciones diferentes. Donde se calculó el porcentaje de remoción, obteniendo como resultado con mayor porcentaje de 86.47% en la disolución número dos con una dosificación 1 g/L, con una cantidad de 0.05 de biomasa y con 0.69 mg/L de concentración final. Además, se realizó un cálculo de la capacidad de adsorción, obteniendo 8.22 (mg/g), es decir a menor cantidad de biomasa que se necesita absorber la cantidad de manganeso es mayor la capacidad de adsorción.

Tabla 7. Dosificación de las condiciones experimentales de manganeso

Dosificación					
Código	Dosificación	Cantidad de biomasa (g)	Concentración final (mg/L)	% R	q (mg/g)
DC1	0.5 g/L	0.025	0.99	80.59	8.22
DC2	1 g/L	0.05	0.69	86.47	4.41
DC3	5 g/L	0.25	0.95	81.37	0.83
DC4	10 g/L	0.5	1.28	74.90	0.38
DC5	15 g/L	0.75	1.43	71.96	0.24

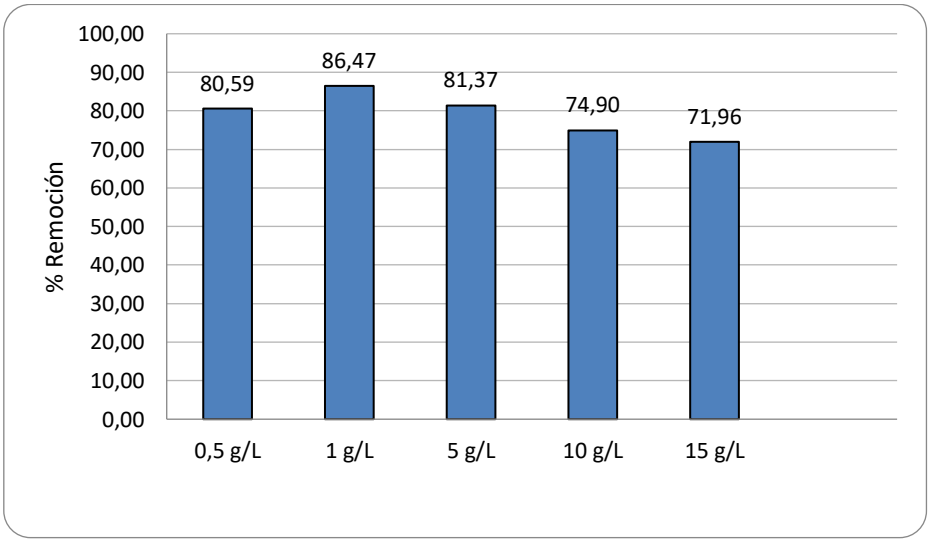

Figura 5. Relación entre la dosis y la remoción.

Fuente: Elaborado por: Gerson Andi

En esta figura 5 se visualiza que en 1g/L existe un alto porcentaje de remoción de manganeso igual a 86.47%, es decir esto sería la proporción más adecuada para realizar el proceso de biosorción.

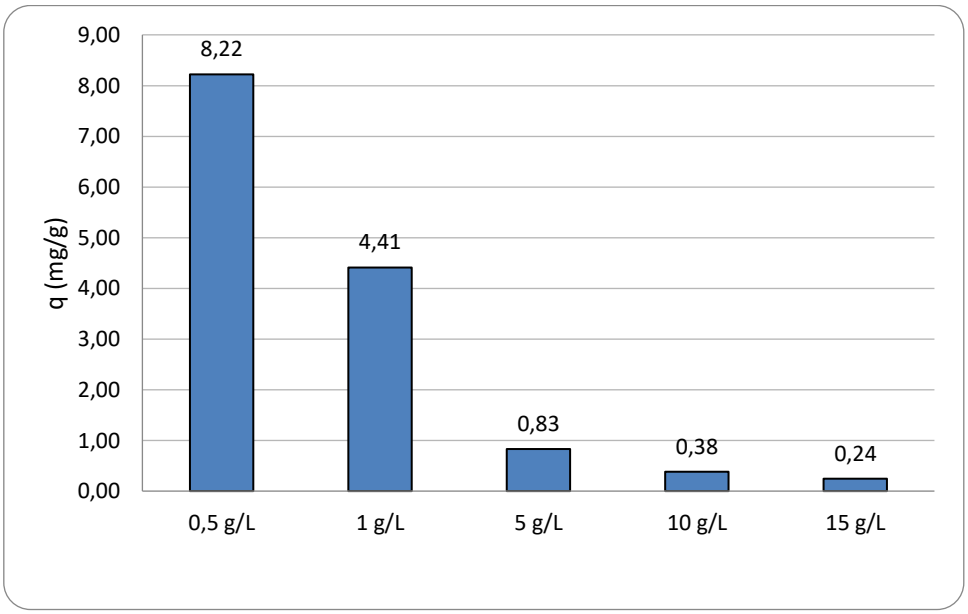

Figura 6. Relación entre la dosis y la capacidad de absorción

Fuente: Elaborado por: Gerson Andi

En la figura 6 se puede ver que a una dosis de 0.5g/L de manganeso se obtiene mayor capacidad de absorción que es de 8.22 mg/g.

CONCLUSIONES

- La técnica analítica de espectrofotometría de absorción atómica por nebulización directa a la llama, a una longitud de onda 279.8 nm permitió la cuantificación de manganeso en las muestras de agua a través del método de la curva de calibración.
- El sólido pulverulento a partir de la cáscara de cacao presenta características apropiadas para ser utilizado como absorbente; el tamaño de partícula más adecuado fue el polvo fino con tamaño inferior a 0.425 mm.
- Luego del análisis desde el punto de vista físico – químico se determinó que a un pH de 10 y a una concentración de 0.99 mg/L se logró un 81.25% de remoción, demostrando ser un resultado eficiente, sin embargo, se considera factible emplear un pH de 7. La eficacia de remoción de manganeso del estudio propuesto fue muy buena, con resultados que van en general desde 71.96% hasta 86.47% a una concentración inicial de 1g/L.

RECOMENDACIONES

- Se sugiere analizar a fondo las alternativas existentes para realizar el estudio y análisis en la planta potabilizadora de Tixán, con la finalidad de lograr obtener un porcentaje conveniente de remoción de la concentración de manganeso.
- Es recomendable dar seguimiento a estos tipos de estudios muy alternativos y amigables con el medio ambiente, en este caso como es la caracterización preliminar de un biosorbente que es a base de cáscara de cacao y es un recurso orgánico.
- Se recomienda implementar este tipo de estudios y análisis para el tratamiento de agua en la planta potabilizadora de Tixán, ya que la presencia de concentraciones elevadas de manganeso genera diversos problemas como sabor, olor y color en el agua, manchas en la ropa y aparatos sanitarios y obstrucción en tuberías, accesorios y bombas, con la finalidad de reducir problemas en la salud humana.

REFERENCIAS

097, A. (04 de Noviembre de 2015). Refórmese el Texto Unificado de Legislación Secundaria. QUITO.

Arti Hansda, V. K. (2015). Biosorción de cobre por adsorbentes bacterianos. *Revista de investigación de toxicología ambiental*, 45-58. Obtenido de https://scialert.net/fulltext/?doi=rjet.2015.45.58

Ayqui, E. (2016). *ADSORCIÓN DE Pb (II) MEDIANTE ASERRÍN XANTADO.* Puno. Obtenido de http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/12625/Ayqui_Sucto_Edgar_Henry.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Bermejo, D. (2016). *REMOCIÓN DE PLOMO Y CADMIO PRESENTE EN AGUAS RESIDUALES MINERAS MEDIANTE BIOSORCIÓN EN COLUMNAS CON BAGAZO DE CAÑA Y CÁSCARA DE CACAO".* Cuenca.

Bermejo, D., Brazales, D., Campos, D., Uguña, F., & Vera, L. (2018). *MODELADO EN COLUMNA DE LECHO FIJO PARA LA BIOADSORCIÓN DE Cd2+ Y Pb2+ CON CASCARA DE CACAO.* Obtenido de https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/31804/1/documento.pdf

Bermejo, D., Brazales, D., Garcia, N., Flores, M., Uñiga, F., & Vera, L. (2017). *Biosorción de Cd(ll) y Pb (ll) en Columna lecho fijo con cáscara de cacao.* Obtenido de https://pdfs.semanticscholar.org/7b95/5a7be30f76c982ec0567d4acb8e7e09c6f9a.pdf?_ga=2.135765619.39180761.1592936158-2010821398.1592936158

Dayane, C., Okiyama, S. L., Navarro, C., & Rodrigues, E. (2017). Cocoa shell and its compounds: Applications in the food industry. *Trends in Food Science & Technology*, 103-112. doi:https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.03.007

El Mercurio . (29 de Enero de 2019). Obtenido de El Mercurio : https://ww2.elmercurio.com.ec/2019/01/29/hoy-se-inaugura-ampliacion-de-la-planta-de-potabilizacion-de-tixan/

Feria, J. J., González, H., & Magurro, J. (2010). *Metales pesados en el río Sinú, departamento de Córdoba, Colombia, Sudamerica.* Obtenido de https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43019328004

Fomina, M., & Gadd, G. (May de 2014). Biosorption: current perspectives on concept, definition and application. *Bioresource Tecnology, 160*, 3-14. doi:https://doi.org/10.1016/j.biortech.2013.12.102

Gahn, J. (2010). Propiedades químicas del Manganeso-Efectos del Manganeso sobre la salud-Efectos ambientales del Manganeso. *LENNTECH*. Obtenido de https://www.lenntech.es/periodica/elementos/mn.htm

Gallegos, W., Vega, M., & Noriega, P. (2012). FLAME ATOMIC ABSORPTION SPECTROSCOPY AND ITS APPLICATION TO THE DETERMINATION OF LEAD AND CONTROL OF COSMETIC PRODUCTS. *La Granja. Revista de Ciencias de La Vida*, *15*(1390–3799), 18–25.

Garcia, F., Muñoz, P., & Franco, F. (2016). LOS RIESGOS DE LOS METALES PESADOS EN LA SALUD HUMANA Y ANIMAL. *Cielo*. Obtenido de http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v14n2/v14n2a17.pdf

Gavrilescu, M. (2 de June de 2004). Removal of Heavy Metals from the Environment by Biosorption. *Engineering in Life Sciences, 4*(3), 219-230 . doi:https://doi.org/10.1002/elsc.200420026

Gunatilake, S. (November de 2015). Methods of Removing Heavy Metals from Industrial Wastewater. *Journal of Multidisciplinary Engineering Science Studies (JMESS), 1*. Obtenido de https://scholar.googleusercontent.com/scholar?q=cache:gSh7P_yPAmgJ:scholar.google.com/++Conventional+methods+of+removing+heavy+metals+in+effluents&hl=es&as_sdt=0,5&as_vis=1

H. Savastano, J., Santos, S. f., & Agopyan, V. (27 de March de 2014). Sustainability of vegetable fibres in construction. *Woodhead Publishing Series in Civil and Structural Engineering*, 55-81. doi:https://doi.org/10.1533/9781845695842.55

INEN. (2011). AGUA POTABLE REQUISITOS. Obtenido de https://bibliotecapromocion.msp.gob.ec/greenstone/collect/promocin/index/assoc/HASH01a4.dir/doc.pdf

Javanbakht, V., Amir, S., & Zilouei, H. (2014). Mechanisms of heavy metal removal using microorganismsas biosorbent. *Water Science & Technology*, 1775-1784. doi:doi: 10.2166/wst.2013.718

Karna, N. (2013). *Facultad de Química-Farmacia Departamento de Ingeniería Química.* Obtenido de https://dspace.uclv.edu.cu/bitstream/handle/123456789/2176/NABINKUMAR.pdf?sequence=1&isAllowed=y

López, G. (2017). Recuperación de Manganeso Presente en las Aguas Residuales Provenientes de la Mina Geza Minerales Asis, Por Coagulación y Floculación. *TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO QUÍMICO.* Universidad Nacional de Altiplano Puno, PUNO. Obtenido de http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/5062/Lopez_Rosello_Gabriel_Andre%20.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Nilanjana, D., Vimala, R., & Karthika, P. (April de 2008). Biosortion of heavy metals- An overview. *Indian Journal of Biotechnology, 7*, 160. Obtenido de

http://nopr.niscair.res.in/bitstream/123456789/1822/1/IJBT%207(2)%20159-169.pdf

OMS. (2015). Amenazas a la Salud Mundial. Obtenido de https://www.who.int/features/2018/10-threats-global-heath/es/

Patlolla, A., Tchounwou, P., Sutton, D., & Yedjou, C. (2014). Heavy Metals Toxicity and the Environment. *HHS Public Access*. Obtenido de https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4144270/#:~:text=Introduction,level%20of%20exposure%20%5B2%5D

Pinzón-Bedoya, M. L. (2008). Caracterización de la cáscara de naranja para su uso como material bioadsorbente.". *Revista Bistua*, *6*(1), 28-37. Obtenido de http://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portalIG/home_10/recursos/general/pag_contenido/publicaciones/bistua_revista_ciencias_basica/2008_1/15042010/art_03.pdf

Plazinski, W. (8 de February de 2013). Equilibrium and kinetic modeling of metal ion biosorption: on the ways of model generalization for the case of multicomponent systems. *SpringerLink*. doi:DOI 10.1007/s10450-013-9489-4

Raffino, M. E. (10 de Octubre de 2020). *Concepto*. Obtenido de https://concepto.de/agua/

Rodríguez, M., Flores, S., Rangel, M., Cubillán, L., & Argotte, A. (2015). Un estudio de la remoción de manganeso (II) a partir de sistemas acuosos usando cápsulas de moringa oleifera como bioadsorbente. *CENIC, 46*, 424-433. Obtenido de https://www.redalyc.org/pdf/1812/181259521016.pdf

Ruíz, A. (2010). Salud y Bienestar. *Revista de salud y Bienestar*. Obtenido de https://www.webconsultas.com/dieta-y-nutricion/dieta-equilibrada/micronutrientes/minerales/manganeso-1837

Valencia, C. (2017). Química de Hierro y Manganeso en el agua, Métodos de Remoción. *Título de Ingeniero Civil.* Universidad de Cuenca, Cuenca. Obtenido de https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/754/1/ti881.pdf

Willian Teneda, e. M. (2019). Exploración de la intención de consumo de la Cascarilla de cacao (Theobroma cacao L.) como infusión. *Revista Javeriana*, 02. Obtenido de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0583-76932004000200009

Yulieth Reyes, O. T. (2016). Contaminación por metales pesados: Implicaciones en salud, ambiente y seguridad alimentaria. *Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia*. Obtenido de https://revistas.uptc.edu.co/index.php/ingenieria_sogamoso/article/view/5447

Apéndices y/o Anexos

<table>
<tr><td></td><td></td></tr>
<tr><td>Imagen 1. Envases para la recolección de muestras.</td><td>Imagen 2. Muestras recolectadas en la planta potabilizadora de Tixán para su análisis en el laboratorio.</td></tr>
<tr><td></td><td></td></tr>
<tr><td>Imagen 3. Secado de la Cáscara de cacao.</td><td>Imagen 4. Operación Unitaria de molienda.</td></tr>
<tr><td></td><td></td></tr>
<tr><td>Imagen 5. Operación Unitaria de tamizado.</td><td>Imagen 6. Montaje experimental a escala de laboratorio.</td></tr>
</table>