UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

TEMA

CARACTERIZACIÓN PRELIMINAR DE UN ADSORBENTE A PARTIR DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR PARA LA REMOCIÓN DE MANGANESO EN AGUA PARA POTABILIZACIÓN

AUTORES:

NARANJO PAREDES MIGUEL EDUARDO

VARGAS GARRIDO JHEYSON DANILO

DIRECTOR:

Dr. LUIS RAMÓN BRAVO SÁNCHEZ

PASTAZA– ECUADOR

2021

DECLARATORIA DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Quienes suscriben Miguel Eduardo Naranjo Paredes C.I. 2200246979 y Jheyson Danilo Vargas Garrido con C.I. 1500919921, hacen constar que son autores del Proyecto de Investigación titulado: caracterización preliminar de un adsorbente a partir de bagazo de caña de azúcar para la remoción de manganeso en agua para potabilización, el cual constituye una elaboración personal realizada únicamente con la dirección del Tutor de dicho trabajo, Dr. Luis Ramón Bravo Sánchez. PhD. 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 17 días del mes de julio del 2021.





_____	_____
Miguel Eduardo Naranjo Paredes	Jheyson Danilo Vargas Garrido
CI: 2200246979	CI: 1500919921

CERTIFICADO DE APROBACIÓN POR EL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

El tribunal de sustentación del proyecto de investigación y desarrollo aprueba el Trabajo de Integración Curricular titulado: Caracterización preliminar de un adsorbente a partir de bagazo de caña de azúcar para la remoción de manganeso en agua para potabilización.

Firmado electrónicamente por:
REINIER ABREU

Dr.C. Reinier Abreu Naranjo
Presidente del Tribunal

Firmado electrónicamente por:
SANTIAGO HOMERO CUICHAN PAUCAR

M.Sc. Santiago Homero Cuichan Paucar
Miembro del Tribunal

Firmado electrónicamente por:
RUBEN DARIO LEDESMA ACOSTA

M.Sc. Rubén Darío Ledesma Acosta
Miembro del Tribunal

Certificado No. 123-SAU-UEA-2021

Puyo, 16 de julio de 2021

Por medio del presente **CERTIFICO** que:

El Trabajo de Integración Curricular correspondiente a los estudiantes: Naranjo Paredes Miguel Eduardo con C.I. 2200246979 y Vargas Garrido Jheyson Danilo con C.I. 1500919921, con el Tema**: "CARACTERIZACIÓN PRELIMINAR DE UN ADSORBENTE A PARTIR DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR PARA LA REMOCIÓN DE MANGANESO EN AGUA PARA POTABILIZAR."**
PARA POTABILIZACIÓN.", 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 1%, 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,



Firmado electrónicamente por:
ITALO
MARCELO

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

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Miguel Eduardo Naranjo Paredes y Jheyson Danilo Vargas Garrido, declaramos que el presente proyecto de investigación es de mi autoría y que los resultados del mismo 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 en este Trabajo de Integración Curricular.





_____	_____
Miguel Eduardo Naranjo Paredes	**Jheyson Danilo Vargas Garrido**
CI: 2200246979	CI: 1500919921

DEDICATORIA

Dentro de mi recorrido por la vida universitaria pude reconocer grandes cosas en los que me destacaba, encontré destrezas y habilidades que jamás pensé que existieran dentro de mí, pero lo realmente importante es que pude descubrir que siempre obtendrás mejores resultados trabajando en equipo, es bueno escuchar la perspectiva de alguien más, a que simplemente la tuya.

Dentro del desarrollo de este proyecto se presentaron pequeños trayectos que era imposible seguir, pero que, gracias a pequeños momentos de felicidad siempre encontrarás la manera de seguir adelante, no importa que tan difícil o complicado sea la situación, vas a conseguir lo propuesto.

Es por esto por lo que, quiero dedicar esta tesis a toda mi familia, a mis docentes, amigos y a la Universidad en general por todos los copiosos conocimientos que se me ha otorgado. Además, por la paciencia brindada en cada una de las diferentes etapas vividas en el transcurso de mi vida universitaria. hoy, esa meta trazada se está cumpliendo.

Jheyson Danilo Vargas Garrido

Dedico este proyecto a toda mi familia, amigos, compañeros, profesores que fueron parte de todo este camino me apoyaron, confiaron en mí, me dieron la oportunidad de ser parte de su vida y enseñándome que todos los triunfos nacen cuando nos atrevemos a intentar.

Pues cada uno sumo un granito para poder llegar a donde estoy y convertirme en el ser humanos que soy.

Naranjo Paredes Miguel Eduardo

AGRADECIMIENTO

La vida se encuentra plasmada de muchos retos, depende de cada uno no quedarse estancado en uno de ellos. Un reto grande es la Universidad, tras verme dentro de ella, me he podido dar cuenta que, más allá de ser un reto, es la base no solo para mi entendimiento en el campo laboral, sino para lo que concierne a la vida y mi futuro.

Agradezco a mi universidad por abrirme sus puertas en este camino que nunca termina, el de seguir aprendiendo, agradezco a toda mi familia que fue la base de todo esto, agradezco infinitamente a mi tutor, el Dr. Luis Ramón Bravo Sánchez PhD, a mi compañero tesista, Miguel Naranjo, a mis amigos que siempre estuvieron apoyándome sea cual sea la distancia, gracias a ustedes por todos los esfuerzos realizados para que finalmente pudiera conseguir este anhelado sueño, ser un profesional feliz y un buen ser humano.

Jheyson Danilo Vargas Garrido

Le doy las gracias a mi madre quien es mi fortaleza, brindándome su amor incondicional y sabiduría que siempre ha estado ahí para levantarme en los golpes de la vida.

A mis hermanos que se alegran con cada uno de mis triunfos, son quienes me dan ejemplo a seguir, a mis sobrinos que son parte del motor que me impulsa a nunca rendirme y a toda mi familia. y de manera especial a mis tíos que siempre han estado cerca brindando su apoyo incondicional y dándome su ejemplo a seguir.

A todas las personas, amigos y colegas por ser parte significativa de mi vida, y por haberse convertido en una familia para mí, gracias por su apoyo, comprensión y amistad.

Asimismo, agradecer a mi tutor de proyecto, el Dr. Luis Ramón Bravo Sánchez PhD, por su apoyo, orientación en el desarrollo del trabajo de investigación y a mi compañero de proyecto Jheyson Vargas

También me gustaría agradecer a todos mis profesores de estos 5 años de carrera por su dedicación. Finalmente, quiero agradecer a mi querida Universidad Estatal Amazónica por convertirme en un gran humano y profesional.

Naranjo Paredes Miguel Eduardo

RESUMEN

El trabajo estuvo motivado por el problema que genera la presencia de manganeso en los ríos que alimentan a la planta de tratamiento de agua potable de Tixán, lo cual, ocasiona grandes gastos al tenerse que aplicar tratamientos químicos. Se busca entonces la remoción mediante procesos más económicos y ambientalmente amigables como la biosorción con bagazo de caña de azúcar. Para demostrar la factibilidad de su aplicación fue necesario realizar una caracterización preliminar, para lo cual, primeramente, se procedió a la recolección del bagazo de caña luego a un secado para ser sometido a una trasformación física de reducción de tamaño de partícula y finalmente a un tamizado. Las características físicas y químicas del bagazo de caña de azúcar que permiten que sea específico para la adsorción de metales es la presencia de sitios activos que pueden actuar electrostáticamente o por interacciones polares con los metales, en lo cual influye la carga del metal (en el caso de manganeso Mn^{2+}) y las especies químicas de las que pueda estar formando parte. Las condiciones experimentales óptimas para favorecer la capacidad de adsorción del manganeso por el bagazo de caña de azúcar serían: intervalo del tamaño de partícula de < 0.425 mm (Fino), un pH de 6 y una dosis de absorbente de 0,25 g, condiciones bajo las cuales se obtiene la máxima capacidad de adsorción y porcentajes de remoción por encima del 70%.

PALABRAS CLAVE: Bagazo de caña de azúcar, adsorción, manganeso, potabilización de agua.

ABSTRACT

This research work was motivated by the problem generated by the presence of manganese in the rivers that feed the Tixán drinking water treatment plant, which causes great expenses as chemical treatments have to be applied. Removal is then sought through more economical and environmentally friendly processes such as biosorption with sugarcane bagasse. To demonstrate the feasibility of its application, it was necessary to carry out a preliminary characterization, for which, firstly, the sugar cane bagasse was collected, then dried to be subjected to a physical transformation of particle size reduction and finally sifted. The physical and chemical characteristics of sugarcane bagasse that allow it to be specific for the adsorption of metals is the presence of active sites that can act electrostatically or by polar interactions with metals, which is influenced by the metal charge (in the case of manganese Mn^{2+}) and the chemical species of which it may be a part. The optimal experimental preliminary conditions to favor the adsorption capacity of manganese by sugarcane bagasse would be: particle size range of <0.425 mm, a pH of 6 and an absorbent dose of 0.25 g, conditions under which the maximum adsorption capacity and removal percentages above 70% were obtained.

KEY WORDS: Sugarcane bagasse, adsorption, manganese, water purification

TABLA DE CONTENIDO

CAPÍTULO I **1**
1. INTRODUCCIÓN **1**
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA **1**
1.2 OBJETIVOS **2**
1.2.1 Objetivo General 2
1.2.2 Objetivos Específicos 2
1.3 JUSTIFICACIÓN **2**
CAPÍTULO II **4**
2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA **4**
2.1 Toxicidad en agua 4
2.2 Polución o contaminación del agua 4
2.3 Metales pesados 5
2.4 Manganeso 5
2.5 Manganeso en aguas superficiales 6
2.6 El manganeso como agente nocivo 6
2.6.1 Tratamiento convencional para potabilizar el agua 7
2.6.2 Canalización 8
2.6.3 Floculación 8
2.6.4 Decantación 8
2.6.5 Filtración 8
2.6.6 Cloración y Desinfección 9
2.6.7 Distribución 9
2.7 Estudio ambiental del sistema de abastecimiento de agua potable para la ciudad de Cuenca **9**
2.7.1 Planta de Tratamiento Tixán 9
2.8 Biosorbentes **10**
2.8.1 Adsorción **11**
2.8.2 El bagazo de caña **11**
2.8.3 Eliminación de los metales pesados de las aguas residuales mineras utilizando el bagazo de caña como biosorbente. 11
2.9 Análisis de Infrarrojo **12**
CAPÍTULO III **12**
3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN **12**
3.1 Localización 12
3.1.1 Tipo de investigación 13
3.1.2 Métodos de investigación 14
Procedimiento metodológico ..... ¡Error! Marcador no definido.
4. RESULTADOS **19**
4.1 Propiedades físicas y químicas que determinan al bagazo de caña como un adsorbente. 19
4.2 Efecto de la granulometría de la biomasa en la remoción de manganeso 20
4.3 Efecto de la dosis de biomasa en la remoción de manganeso 21

4.4 Efecto del pH 22
CONCLUSIONES 24
RECOMENDACIONES 24
REFERENCIAS 1

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Los límites superiores diarios para el manganeso y cantidad que se necesita en dependencia de edad y sexo. 6
Tabla 2. Evaluación de parámetros de acuerdo con la normativa aplicable y características de la actividad – Descarga Final Tixán. 9
Tabla 3. Resultados estimados de algunas propiedades físicas del bagazo natural 19
Tabla 4. Efecto del tamaño de partícula de Bagazo de Caña de Azúcar en la capacidad de adsorción y porcentaje de remoción. 20
Tabla 5.Efecto de la dosis de BCA usado en la capacidad de adsorción y porcentaje de remoción de Mn (II). 21
Tabla 6..Efecto del pH de la solución en la capacidad de adsorción de BCA y porcentaje de remoción de Mn (II). 22

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.Ciclo del agua. 4
Figura 2. Tratamientos convencionales para potabilizar el agua. 7
Figura 3. Área de estudio “Ubicación para Planta de Agua Potable de Tixán”. 13
Figura 4. Zona de derrumbos sector Pinos Altos/Afectación de Mn a los filtros de la Planta de tratamiento de agua potable de Tixán. 13
Figura 5. Universidad Estatal de Cuenca “Lugar donde se llevó a cabo los análisis previstos. 14
Figura 6 Procedimiento para la recoleccion y preparacion del bagazo de caña de azucar. ..... **¡Error! Marcador no definido.**
Figura 7. Tipos de secado utilizada para la preparación del bagazo. 15
Figura 8. Efecto del tamaño de partícula de BCA en la capacidad de adsorción y porcentaje de remoción. 20
Figura 9. Efecto de la dosis de BCA usado en la capacidad de adsorción y porcentaje de remoción de Mn (II). 21
Figura 10. Efecto del pH de la solución en la capacidad de adsorción de BCA y porcentaje de remoción de Mn (II). 23

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El recurso agua es uno de los más usados cotidianamente, por lo tanto, es necesario tener una agua pura y libre de agentes contaminantes, para el consumo y uso humano. La presencia de manganeso en las captaciones de agua para la potabilización se hace cada vez más presente y con valores más elevados de lo normal ***(Cirelli, 2012).***

La Empresa Pública Municipal de Telecomunicaciones, Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de Cuenca - ETAPA, se encarga de la prestación del servicio de agua potable; una de sus plantas de tratamiento es la de Tixán, que recibe el agua del Río Machángara, tiene una capacidad nominal de producción de 800L/s y abastece alrededor del 40% de agua potable a la población del cantón ***(Corporación Ecuatoriana Para el desarrollo de la Investigación y la Academia [CEDIA], 2020).***

A partir del 2001, se activan una serie de deslizamientos en la quebrada de El Soroche, que afectan la calidad de las aguas del río Machángara, con aportes importantes de sólidos en suspensión e incrementando las concentraciones de hierro y manganeso. Desde entonces, los precipitados de manganeso se han depositado en el sistema de agua potable, tanto en estructuras como en las tuberías de conducción y redes de distribución ***(ETAPA EP, 2015).***

La planta de tratamiento de agua potable de Cuenca está ante este problema, el de ofrecer procedimiento óptimo al manganeso para prever una disminución en sus niveles, por lo cual se lo ejecuta, sin embargo, a un precio bastante alto y con una eficiencia bastante baja por lo cual no resulta algo sostenible para el futuro ***(CEDIA, 2020).***

El manganeso, producto de la cloración o por la presencia de oxígeno en el aire se oxida, generando en el agua un color rojo-oscuro que provoca el rechazo de los consumidores, porque ocasiona manchas en la ropa. Además, obstrucción en tuberías, accesorios y bombas, reduciendo la capacidad hidráulica de las redes, generando altos costos en la operación y mantenimiento de sistema de abasto ***(Burbano.L y Sanchez .L.D, 2016).***

Esta contaminación no solamente genera daños en los bienes aumentando costos económicos sino también en la salud, el manganeso se puede encontrar de forma natural en los alimentos y es beneficioso para la salud en bajas cantidades; sin embargo, según

un estudio reciente, se dice que en cantidades excesivas puede afectar al desarrollo del cerebro, la memoria y provocar problemas motores en los bebés y niños pequeños ***(Burbano.L y Sanchez .L.D, 2016).***

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo General

Caracterizar de forma preliminar un adsorbente a partir de bagazo de caña de azúcar para la remoción de manganeso en agua para potabilizar en la planta de tratamiento de agua potable de Tixán de la ciudad de Cuenca.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Determinar las características físicas y químicas mediante ensayos reportados en la literatura con bagazo de caña de azúcar que establezca su especificidad y potencial como un adsorbente de metales en aguas superficiales.
- Acondicionar el bagazo de caña en su estado natural sin alterar su forma química, sobre la base de las características fisicoquímicas que permitan su uso como adsorbente.
- Establecer las condiciones experimentales óptimas para favorecer la capacidad de adsorción de manganeso en agua por el bagazo de caña de azúcar.

1.3 JUSTIFICACIÓN

Este trabajo se orienta a realizar un estudio a escala para dar una alternativa de solución al motivo de contaminación del recurso agua por los deslizamientos de tierra, que ocurren de forma natural, y este presenta un excedente contenido de manganeso, dificultando su tratamiento durante la potabilización. El agua se ha contaminado principalmente con sustancias químicas y microbiológicas, así como también ha perdido sus características estéticas, por ello, es necesario realizar una serie de análisis, y posteriormente aplicar procesos de purificación, con la finalidad de que sea disponible para el consumo humano. El área objeto de este estudio se encuentra ubicada cercana a la población de TIXÁN en la parroquia Chiquintad, Cantón Cuenca, en la provincia del Azuay. Inicialmente la fuente de abastecimiento de agua para consumo humano de este sitio es el río Machángara, el cual se encuentra hoy en día con problemas de alto contenido de manganeso, el cual genera inconvenientes de formación de película en los diferentes equipos de la planta,

tuberías de conducción, etc. Además, el río Machángara proporciona el caudal necesario para satisfacer las demandas de agua de esta población ***(CEDIA, 2020).***

La falta de un buen servicio del recurso agua libre de contaminación y los continuos reclamos de la población por el rechazo por parte de los consumidores, debido a que el agua que llega a sus domicilios presenta un problema de sabor, color oscuro y el aumento de la aplicación de cloro y demás oxidantes para su desinfección; lleva a la administración a buscar una alternativa que permita la pronta solución de este problema, y así, contribuir a poseer de un buen servicio y brindar de agua potable de calidad, que cumpla con los parámetros que están establecidos en la Normas Técnicas Ecuatorianas, ya que este garantiza un agua apta para consumo humano, de esta manera evitando cualquier tipo de inconveniente a la salud de sus consumidores y generar el bienestar a la población del sitio.

Existen materiales que pueden ser utilizados para adsorber partículas y contribuir al tratamiento de aguas naturales o pluviales, estos materiales presentan un alto contenido en carbono, y a su vez estos no deben competir con la producción de alimentos y bienes y servicios ambientales. Algunos productos, como bagazo, biomasa de árboles, desechos de arroz, papel, cáscara de café y pellets de madera (astillas de madera), han sido estudiados para obtener adsorbentes ***(Escalante et al., 2016)****;* el bagazo de caña de azúcar es un residuo que se genera en grandes cantidades en la región amazónica de Ecuador, se puede utilizar para eliminar partículas de manganeso en las plantas potabilizadoras de agua por sus características de material adsorbente.

CAPÍTULO II

2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1 Toxicidad en agua

Es la propiedad de una sustancia, elemento o compuesto, capaz de causar un efecto letal u otro efecto nocivo en 4 días a los organismos utilizados para el bioensayo acuático ***(LIBRO VI Anexo 1, 2007).***

2.2 Polución o contaminación del agua

Es la presencia en el agua de contaminante en concentraciones y permanencias superiores o inferiores a las establecidas en la legislación vigente capaz de deteriorar la calidad del agua que tiene un efecto dañino en cualquier cosa viva que consuma esa agua. Cuando los seres humanos beben el agua contaminada tienen a menudo problemas de salud ***(LIBRO VI Anexo 1, 2007).***



Figura 1.***Contaminación del río Machángara por presencia de manganeso.***

El agua es un recurso natural escaso, indispensable para la vida humana y el sostenimiento del medio ambiente, que, como consecuencia del rápido desarrollo humano y económico y del uso inadecuado que se ha hecho de ella como medio de eliminación, ha sufrido un alarmante deterioro. Durante décadas, toneladas de sustancias biológicamente activas, sintetizadas para su uso en la agricultura, la industria, la medicina, etc., han sido vertidas al medio ambiente sin reparar en les posibles consecuencias. Al problema de la contaminación, que comenzó a hacerse notable ya a principios del siglo XIX, cabe añadir el problema de la escasez, aspecto éste que está adquiriendo proporciones alarmantes a causa del cambio climático y la creciente desertización que está sufriendo el planeta ***(L Damià Barceló y María José López de Alda, 2008).***

2.3 Metales pesados

Los metales pesados son parte de un serio problema ambiental debido a su toxicidad y a sus repercusiones fisiológicas tanto en los seres humanos como en animales, tal es el caso de los peces. La presencia de metales pesados en determinadas aguas permite conocer las rutas de contaminantes y su interacción con otras sustancias presentes en las aguas ***(Contreras Pérez, José B.; Mendoza, Carmen Leticia; Gómez, Arismendis, 2003).*** "Los metales pesados presentan una densidad alta. Son en general tóxicos para los seres humanos y entre los más susceptibles de presentarse en el agua destacamos metales de número atómico elevado, como cadmio, cobre, cromo, hierro, manganeso, mercurio, níquel, plomo, y zinc, entre otros, que son tóxicos en concentraciones reducidas y tienden a la bioacumulación" ***(LIBRO VI Anexo 1, 2007).***

2.4 Manganeso

El manganeso es un mineral que necesita el organismo para mantenerse sano. El organismo usa el manganeso para producir energía y proteger las células. El organismo también necesita manganeso para fortalecer los huesos, para la reproducción, la coagulación sanguínea y para mantener un sistema inmunitario sano. Las concentraciones de manganeso necesarias para el organismo humano ***(National Institutes of Health, 2019).***

2.5 Manganeso en aguas superficiales

Aunque la existencia de manganeso en aguas superficiales no genera riesgos para la salud, los problemas estéticos ocasionados por su presencia son: color y sabor en el agua, incrustaciones en las tuberías y accesorios, manchas en la ropa, utensilios domésticos y aparatos sanitarios, aumento de la demanda de químicos aplicados en la desinfección del agua, entre otros.

El límite máximo permitido de manganeso en el agua potable ha sido establecido debido a consideraciones estéticas y económicas, más no por ser un peligro fisiológico ***(Cuchimaque et at. 2013).***

2.6 El manganeso como agente nocivo

Los estudios no han demostrado que el manganeso que se encuentra en los alimentos sea nocivo. Sin embargo, algunas personas han desarrollado toxicidad por manganeso por consumir agua que contiene altas concentraciones de manganeso. Otra causa de toxicidad por manganeso es por inhalar grandes cantidades de polvo de manganeso de trabajos de soldadura o minería ***(Health, 2018).***

Los síntomas de toxicidad por manganeso incluyen temblores, espasmos musculares, problemas de audición, obsesión, insomnio, depresión, inapetencia, dolor de cabeza, irritabilidad, debilidad y cambios en el estado de ánimo. Las personas no deben sobrepasar los límites superiores para el manganeso proveniente de los alimentos, las bebidas o los suplementos dietéticos a menos que su proveedor de atención médica les indique que lo hagan ***(Health, 2018)***. Los límites máximos de consumo de manganeso dependiendo las edades se muestran en la tabla 1.

Tabla 1. Los límites superiores diarios para el manganeso y cantidad que se necesita en dependencia de edad y sexo.

Edades	**Límite superior**
Del nacimiento a los 6 meses de edad	No se ha determinado
Bebés de 7 a 12 meses	No se ha determinado
Niños de 1 a 3 años	2 mg
Niños de 4 a 8 años	3 mg
Niños de 9 a 13 años	6 mg
Adolescentes de 14 a 18 años	9 mg
Adultos	11 mg
Adolescentes embarazadas o en periodo de lactancia	9 mg

Mujeres adultas embarazadas o en periodo de lactancia	11 mg
Cantidad de manganeso	
Etapa de la vida	**Cantidad recomendada**
Del nacimiento a los 6 meses	0.003 mg
Bebés de 7 a 12 meses	0.6 mg
Niños de 1 a 3 años	1.2 mg
Niños de 4 a 8 años	1.5 mg
Niños de 9 a 13 años	1.9 mg
Niñas de 9 a 13 años	1.6 mg
Hombres adolescentes de 14 a 18 años	2.2 mg
Mujeres adolescentes de 14 a 18 años	1.6 mg
Hombres adultos	2.3 mg
Mujeres adultas	1.8 mg
Mujeres y adolescentes embarazadas	2.0 mg
Mujeres y adolescentes en periodo de lactancia	2.6 mg

Tomado de: la página NIH "National Institutes of health" Datos sobre el manganeso.

2.6.1 Tratamiento convencional para potabilizar el agua

Este tratamiento incluye las operaciones y procesos de: Coagulación, floculación, sedimentación, filtración y desinfección. El límite máximo permisible dispuesto en la Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes para aguas de consumo humano y uso doméstico de manganeso total es de 1 mg/l ***(LIBRO V Anexo 1, 2007).***



Figura 2. ***Tratamientos convencionales para potabilizar el agua.***

2.6.2 Canalización

Una vez que el agua haya sido captada, debe ser conducida hacia una planta potabilizadora, pudiendo utilizarse 2 tipos de sistemas de canalización, los cuáles son los siguientes:

Aducción

El agua se transporta por gravedad debido a que la fuente de abastecimiento se encuentra en un nivel más elevado, que la planta potabilizadora.

Impulsión

El transporte se realiza a través de bombas, puesto que la fuente está más baja que la planta ***(Normas, 2014).***

2.6.3 Floculación

Durante la ejecución de este proceso químico, son eliminadas las partículas o sustancias que se encuentren en suspensión, utilizando productos químicos tales como coagulantes, los cuáles producen que tales partículas se unan en forma de flóculos. Esta aglomeración permite la clarificación del agua, puesto que al unirse todas las partículas en su elemento resultan más pesadas que de manera individual, logrando que se asienten y eliminando la turbiedad para dar paso a agua más clara ***(Normas, 2014).***

2.6.4 Decantación

El agua es ubica en tanques de gran dimensión donde permanece en estado de reposo durante varias horas, produciéndose una separación del líquido y de los sólidos, siendo estos últimos depositados en el fondo por su propio peso como consecuencia de la acción de gravedad ***(Normas, 2014).***

2.6.5 Filtración

En esta etapa del proceso, el agua es separada de la materia en suspensión haciéndola pasar por un equipo de filtración de arena, donde los pocos grumos o flóculos que hayan quedado son eliminados ***(Normas, 2014).***

2.6.6 Cloración y Desinfección

En esta etapa, son destruidos los agentes microbianos que pudieran estar presentes en el agua. Para ello, se hace uso de diferentes productos químicos tales como hipoclorito de sodio, dióxido de cloro, ozonos, entre otros. Esta fase es la última dentro de la potabilización del agua superficial ***(Normas, 2014).***

2.6.7 Distribución

Esta es la última fase del proceso de potabilización de agua, en el cuál es trasladada el agua potabilizada hacia estaciones de bombeo, donde será distribuida hacia hogares, comercios e instituciones, a través de redes públicas de tuberías ***(Normas, 2014).***

2.7 Estudio ambiental del sistema de abastecimiento de agua potable para la ciudad de Cuenca.

Según el estudio ambiental de año 2016 (expost) del sistema de abastecimiento de agua potable para la ciudad de cuenca en su etapa de operación y mantenimiento arrojo los siguientes resultandos rio arriba con una cantidad de manganeso de 0,00096 mg/L y rio abajo es de 0,010 mg/L ***(Rivera J.2017).***

Con esto se estableció que si se cumple la normativa de acuerdo ministerial *No .097-A TULSMAN Anexo 1*. Pero durante los últimos años se ha ido incrementando por los procesos naturales los niveles de manganeso en el Yanuncay ***(CEDIA, 2020).***

2.7.1 Planta de Tratamiento Tixán

La planta de tratamiento Tixan siempre se trata de mantenerse dentro de los límites permisibles así manteniendo una eficiencia y una calidad de excelencia: A continuación, se presentan los resultados de los monitoreos de agua realizados en la Planta de Agua de Tixán, con su correspondiente interpretación y comparación con normativa aplicable.

Tabla 2. Evaluación de parámetros de acuerdo con la normativa aplicable y características de la actividad – Descarga Final Tixán.

Calidad de agua planta Tixan código de muestra A1	
Ubicación de la muestra	Coordenadas UTM, WGS84: 17m 0723273; 9686667 ±4m
Dirección del proyecto	Sector Tixán /Cuenca
Consideración de uso de agua	Descarga Final

Laboratorio acreditado	ALS ECUADOR-Acreditación NO. OAE LE 2C 05-005
Procedimiento muestreo	POS.04.00 "Muestreo de Aguas", SM 1060 A, B Y C
Fecha y hora de recepción de muestras	Agosto 17, del 2016/ 15:46 No. De cadena custodia: 0014616
Lugar de análisis	CORPLACE S.A. / Quito - Rodrigo Heredia OE6-157 Y Huachi
Fecha de análisis	Agosto 17 al 1 de septiembre del 2016
Fecha de muestreo	Agosto 16 del 2016
Normativa utilizada para interpretación de resultados,	Acuerdo Ministerial No. 097-A. TULSMA, Anexo 1, Norma de calidad ambiental de descarga de efluentes al recurso agua. Tabla 8. Límites de descarga al sistema de alcantarillado público.

Tomado de: Estudio ambiental (expost) del sistema de abastecimiento de agua potable para la ciudad de cuenca en su etapa de operación y mantenimiento- enero 2017.

2.8 Biosorbentes

Clasificación Según ***Volesky, Weber & Park (2003)***, los biosorbentes se pueden clasificar según su origen:

Biomasa microbiana. - el cual engloba algas, bacterias, hongos y levaduras, se encuentra disponible en grandes cantidades en la naturaleza y se puede inmovilizar en estructuras sólidas necesarios para el uso en columnas ***(Fabricio, 2016).***

- Biomasa muerta. - Generalmente son residuos vegetales procedentes de procesos industriales o agrícolas y se pueden obtener gratuitamente a muy bajo coste.

El biosorbente que se utilizará en este estudio, es un residuo vegetal (bagazo de caña), por lo que es conveniente reconocer las ventajas que presenta el uso de este tipo de material en el proceso de biosorción. Según ***Tejada & otros (2015)***, las ventajas del uso de biomasa muerta en procesos de adsorción son:

- No necesita nutrientes
- El proceso no depende de limitaciones metabólicas
- La toxicidad del metal no influye en la selección de la técnica de inmovilización.
- Los metales pueden ser liberados fácilmente y recuperados
- Los procesos son rápidos y eficientes en la remoción de metales.

Las propiedades adsorbentes de los materiales son atribuidas en particular a su elevado contenido de lignina, celulosa y hemicelulosa, cuyos grupos funcionales posibilitan la interacción con los contaminantes disueltos ***(Villada.V.et al, 2014).***

2.8.1 Adsorción

La adsorción es un fenómeno físico, en donde un compuesto en fase líquida o gaseosa entra en contacto con un sólido adsorbente y se adhiere a la superficie de este, mediante una fuerza física (fuerza de dispersión de London), este proceso no implica intercambio de electrones, lo que lo hace reversible. La adsorción es sumamente utilizada para la purificación de gases y líquidos ***(Carbotecnia, 2020).***

2.8.2 El bagazo de caña y sus propiedades físicas

El 50% del bagazo obtenido de la elaboración de la panela, se utilizan para la combustión de las fogatas paneleras, ocasionando problemas ambientales en el sector, como son: gases tóxicos para la atmósfera, recalentamiento del suelo, muerte de las plantas, aumento de mosco o arenilla, ya que por su fermento es muy notorio la cantidad de insectos en el lugar. El 20% restante se utiliza como abono y para alimentación del ganado, aunque su transportación solo se hace en animales y el 30% restante se arroja en quebradas, ríos, esteros o simplemente se acumula. Las características físicas y químicas del bagazo de caña de azúcar ***(Danglad, 2013).***

El material medular del bagazo de caña está formado por una estructura celular en forma de prismas hexagonales, de aproximadamente 300 μm de largo x 100 μm de diagonal, acoplados longitudinalmente como bloques y transversalmente como panales; lo cual coincide con lo encontrado por ***Hussein et al. (2008).***

2.8.3 Eliminación de los metales pesados de las aguas residuales mineras utilizando el bagazo de caña como biosorbente.

Preparación del biosorbente El bagazo de la caña de azúcar es un residual de la industria azucarera, las operaciones para su preparación son lavado, secado, molienda y tamizado a un tamaño de partícula de 0,59 mm. Luego de preparado se procede al cálculo de la humedad, densidad real y aparente, porosidad Análisis Elemental del bagazo ***(Vera L. et al, 2015).***

Para la determinación del % de carbono, hidrógeno y nitrógeno, en muestras en estados sólidos y líquidos, estables e inestables, de todo tipo de naturalezas, se emplea el análisis elemental que consiste en una técnica instrumental destructiva, para ello se toman de 2 a 4 miligramos de la muestra objeto de estudio y se somete a oxidación térmica a una temperatura próxima a 1 600 ºC, en atmósfera de oxígeno, utilizando el analizador elemental Modelo Fison's Instruments EA 1108 CHNS ***(Vera L. et al, 2015).***

2.9 Análisis de Infrarrojo

La técnica FT-IR es una herramienta importante para identificar algunos grupos funcionales característicos de distintos tipos de materiales. Para la determinación de estos grupos funcionales en el biosorbente como objeto de estudio, Perkin Elmer, Determinó mediante espectrometría infrarrojo que: la Microscopía Electrónica de Barrido y estudios Químico-Físicos del bagazo de caña de azúcar demuestran que este tiene una superficie irregular y gran variedad de grupos funcionales, lo que posibilita su uso como biosorbente de especies metálicas ***(Vera L. et al, 2015).***

Los espectros FTIR de polisacáridos son generalmente difusos, con fuerte solapamiento de las bandas, de modo que las diferencias espectrales entre ellos no se encuentran bien definidas. Esto se puede atribuir a la gran complejidad de los diversos tipos de interacciones intermoleculares e intramoleculares. Las absorciones fundamentales en el bagazo de la caña de azúcar son: • absorciones características de los grupos OH alcohólico de polisacáridos y OH fenólicos de la lignina, que se encuentran formando enlaces de hidrógeno intermoleculares e intramoleculares, fundamentalmente, las vibraciones de valencia en la zona de 3400 a 3300 cm-1 y las vibraciones de doblaje de 1000 a 1200 cm ***(Bermello, Addiss; Díaz, Daniel; Martínez, Ricardo; Quintana, Gerlin; Mieres, Gretel; Leal, Juan A, 2008).***

CAPÍTULO III

3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Localización

La Planta de Potabilización de Agua Tixán se encuentra ubicada en la parroquia Chiquintad, Cantón Cuenca, Provincia del Azuay, se encuentra al margen izquierdo del canal de riego Yanuncay a 2690 msnm. La fuente de abastecimiento de la ETAP es el río

Machángara, que posee un caudal medio de $6{,}37 m^3/s$. Está situada a una latitud de -2.832701 ° y una longitud de -78.992747°.



Figura 3. ***Área de estudio "Ubicación para Planta de Agua Potable de Tixán".***

Esta ETAP cuenta con un área de 13.424 hectáreas, destinada a beneficiar a aproximadamente a 550.00 usuarios del cantón Cuenca. Además, posee estándares de tecnológica, equipamiento óptimo para una producción de agua potable de calidad, respetando a las normas ISO 9001 ***(El Mercurio, 2019)***.

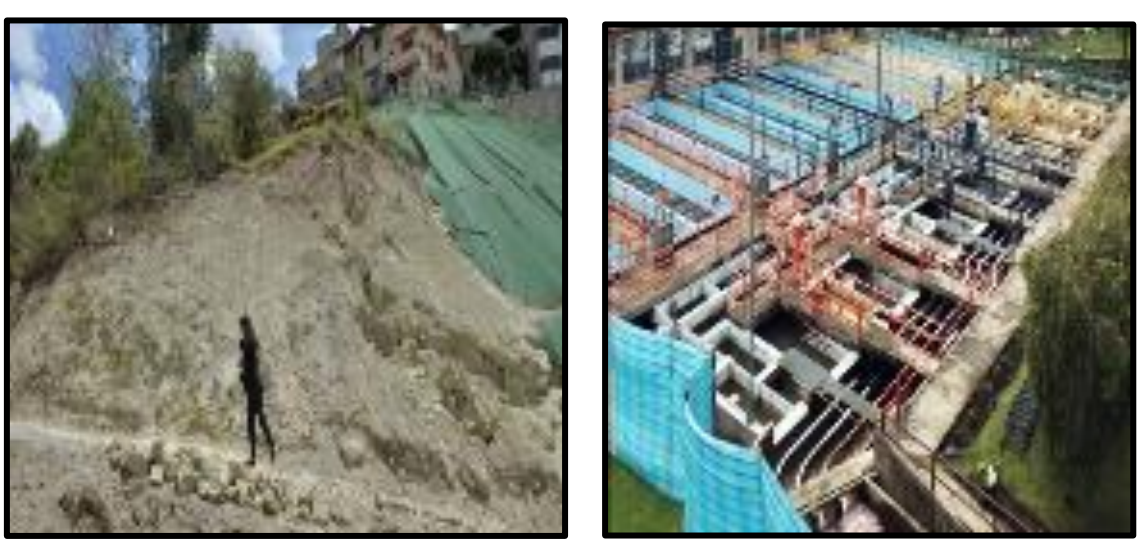

Figura 4. ***Zona de derrumbos sector Pinos Altos/Afectación de Mn a los filtros de la Planta de tratamiento de agua potable de Tixán.***

3.2. Tipo de investigación

El tipo de investigación se centrará en el enfoque de tipo exploratorio, experimental y de laboratorio, contribuyendo a la ciudadanía de Cuenca con una alternativa para la pronta solución de este problema, que dificulta el acceso de un agua pura y libre de contaminantes. Las pruebas con el bagazo de caña de azúcar se realizaron en la Universidad Estatal de Cuenca.



Figura 5. ***Universidad Estatal de Cuenca "Lugar donde se llevó a cabo los análisis previstos."***

Fuente: ***(El Telégrafo, 2017).***

3.3. Métodos de investigación

A continuación, se describen los procedimientos metodológicos que se indicaron acorde a los tres objetivos planteados.

1.- Se analizó teóricamente las características físicas y químicas del bagazo de caña de azúcar como biomasa residual a emplear para la remoción de manganeso en agua para potabilizar.

2.- Se acondicionó el bagazo de caña en su estado natural sin alterar su forma química, sobre la base de las características fisicoquímicas que permitan su uso como adsorbente

3.- Se establecieron las condiciones experimentales más factibles para favorecer la capacidad de adsorción de manganeso en agua por el bagazo de caña de azúcar.

La biomasa que fue utilizada en los procesos de biosorción de manganeso en columna y tanque agitado fue recolectada y preparada. Para tal fin, se siguió la metodología descrita a continuación:



Figura 6. **Procedimiento seguido para la recolección y preparación del bagazo de caña de azúcar.**

Recolección

El bagazo se obtuvo de la zona de Yunguilla de la provincia del Azuay, adquiriéndolo a los productores locales de jugo de caña. Estos pequeños productores utilizan el bagazo como combustible para sus procesos de producción.

Este residuo presenta un porcentaje de humedad muy variable, ya que el jugo es extraído previamente en un trapiche artesanal basado en el prensado de las cañas alineadas.

Eliminación de la corteza

Se separó la corteza de la fibra para obtener la pulpa del bagazo y utilizarla en la biosorción.

Proceso de Secado



Figura 6. **Tipos de secado utilizada para la preparación del bagazo.**

Secado al sol

Para este proceso, el bagazo de caña de azúcar se dejó secar por acción solar aproximadamente por 72 horas, esto supone un ahorro energético.

Secado en estufa

Se sometió a un secado en estufa a 70°C por 8 horas, con lo cual se garantiza la conservación del bagazo para su uso posterior a lo largo del proyecto.

Molienda

Se utilizó un molino de cuchillas, diseñado para triturar material fibroso, con el objetivo de obtener los diferentes tamaños de partícula requeridos en el diseño experimental.

Tamizado

Luego de la molienda la biomasa fue tamizada para obtener la fracción de interés con tamaño de partícula entre 0.420 mm y 0.825 mm para cumplir con las condiciones del estudio en "batch". Para ello, se armó el juego de tamices en la secuencia N°: 10, 20, 40 US standard. La fracción de interés es la porción de material que atraviesa el tamiz 20 y se retiene en el 40.

De todo el material procesado, en promedio se obtiene un 33 % para el proceso en "batch".

Preparación de las disoluciones a partir del Patrón estándar de manganeso.

A partir de este patrón se preparó una concentración de 100 mg/L, tomando una alícuota de 10 mL del patrón estándar y se aforó en un balón de 100 mL. Dicho patrón se utilizó para realizar más diluciones y preparar soluciones con concentraciones de 5 mg/L de manganeso que es la concentración inicial para las pruebas de remoción en Batch. Para las pruebas termodinámicas, en las cuales se varía la concentración, se prepararon soluciones de 1 – 2- 5 – 10 – 15 y 20 ppm, siguiendo el mismo procedimiento, solamente tomando diferentes volúmenes de alícuotas.

Estudios de adsorción en Batch

Para todos los experimentos programados se siguieron los siguientes pasos en general, que se detallan a continuación:

1. Pesar la cantidad de biomasa requerida en un crisol.

2. Agregar la biomasa en un Erlenmeyer de 250 mL.

3. Adicionar 50 mL de disolución de manganeso.

4. Colocar la muestra en el equipo agitador Benchtop Ortibal Shaker MaxQ 400. 10

5. Ajustar en el equipo, el tiempo de agitación, temperatura y velocidad de agitación y arrancar el proceso

6. Una vez concluido el proceso de agitación, el contenido se filtró a partir de papel filtro.

7. El filtrado se recolectó en envases de vidrio para posteriormente determinar su concentración final a partir del método de absorción atómica en el laboratorio del CESEMIN.

Estudio de dosificación de biomasa

Las condiciones de operación fueron las siguientes:

a) Temperatura de operación: 20° C.

b) Tiempo de agitación: 60 min

c) pH de la solución: 6

d) Concentración inicial de Mn (II): 5 mg/L

e) Velocidad de agitación: 150 rpm

f) Tamaño de partícula de la biomasa: <0.42 mm

Se utilizaron 5 cantidades de biomasa diferentes para observar la influencia, estos son: 0.25 –0.5 –0.75 –1 –1.5 y 2 gramos en 50 mL de solución que da una dosificación de biomasa de 5 –10 –15 –20 –30 y 40 g/L.

Estudio del efecto del tamaño de partícula de la biomasa Las condiciones de operación fueron las siguientes:

a) Temperatura de operación: 20° C.

b) Tiempo de agitación: 60 min

c) pH de la solución: 6

d) Concentración inicial de Mn (II): 5 mg/L

e) Velocidad de agitación: 150 rpm

f) Cantidad de biomasa: 0.25 g

La cantidad de muestras necesarias para este estudio son 3, variando el diámetro de partícula del bagazo de caña de azúcar: Grueso (φentre 0.86 –2 mm), Medio (φentre 0.425 –0.85mm) y Fino (φ< 0.425).

Análisis cuantitativo de manganeso en agua

Las concentraciones de manganeso en agua se hallaron por espectrofotometría de absorción atómica, el cual es un método de análisis sensible y específico para determinar concentraciones de dicho metal en el orden de las partes por millón. La longitud de onda seleccionada fue de 279.8 nm y 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. 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, donde A es la absorbancia.

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

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS

4.1 Propiedades físicas y químicas que determinan al bagazo de caña como un adsorbente.

Varios estudios han demostrado que el bagazo de caña de azúcar natural o modificado resulta eficaz por sus propiedades físicas para la eliminación por adsorción de productos químicos solubles en agua debido a su simplicidad y la disponibilidad de biomasa. En la tabla 5 se resumen las propiedades físicas del bagazo utilizado en los estudios previamente revisados

Tabla 3. Resultados estimados de algunas propiedades físicas del bagazo natural

Propiedad física	Valor promedio
Humedad a 105 ºC (%)	7.57± 1.9E-01
Densidad aparente (g/cm^3)	0.0697 ± 6.9E-06
Densidad real (g/cm^3)	0.1656 ± 9.9E-04
Porosidad	0.60±1.4E-05
Flotabilidad	Si

Tomado de: Caracterización y evaluación del bagazo de caña de azúcar como biosorbente de – noviembre 2013.

Los biomateriales como el bagazo de caña de azúcar, utilizados en estos procesos actúan en tiempos cortos de contacto, generan efluentes de alta calidad, con la posibilidad de trabajar en un amplio rango de condiciones y se minimiza el volumen de sedimento químico y/o biológico a ser desechado, se logra alta eficiencia en la detoxificación de efluentes muy diluidos ***(Sala, y otros, 2010).***

Danglad et al (2013) señala "El material medular del bagazo de caña está formado por una estructura celular en forma de prismas hexagonales, de aproximadamente 300 μm de largo x 100 μm de diagonal, acoplados longitudinalmente como bloques y transversalmente como panales."

Además de su excelente desempeño como adsorbente, la abundancia, disponibilidad, bajo costo y biodegradabilidad de este subproducto de la industria azucarera lo convierten en un adsorbente excelente y duradero. Esto puede reducir significativamente el costo adicional de almacenar o desechar el adsorbente sintético final, fabricados en su mayoría con polipropileno o poliuretano ***(Rincones et al, 2015).***

4.2 Efecto de la granulometría de la biomasa en la remoción de manganeso

El tamaño de partícula de un adsorbente juega un papel muy importante en la capacidad de adsorción del metal manganeso. La Figura 8 muestra el efecto del tamaño de partícula de bagazo sobre la adsorción de Mn (II).

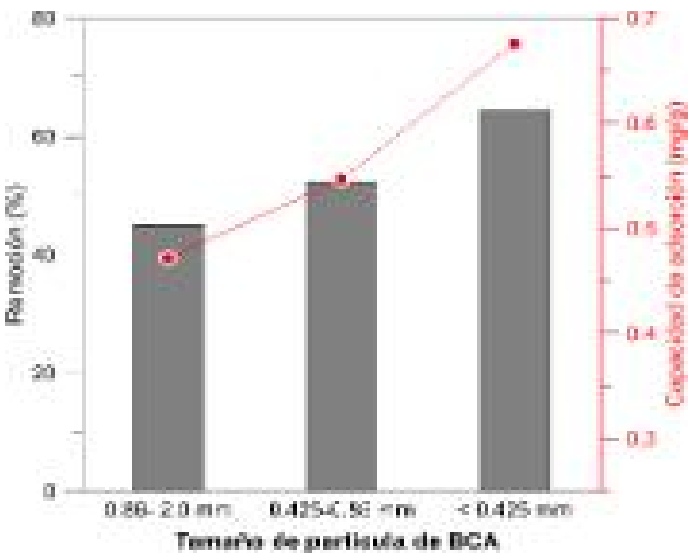

Figura 7. ***Efecto del tamaño de partícula de BCA en la capacidad de adsorción y porcentaje de remoción.***

Se observó que el tamaño de partícula mínimo 0.45mm mostró una mayor adsorción que el tamaño más grande 0.86 – 2.0 mm, tanto en capacidad de adsorción (qe) y como de porcentaje de remoción (%R). La razón principal se debe a que el tamaño pequeño del bagazo de caña de azúcar aumenta el área de superficie para la adsorción. Así pues, a menor tamaño de partícula mayor área superficial, lo que se traduce en una mayor cantidad de sitios activos para la remoción de Mn (II).

Tabla 4. Efecto del tamaño de partícula de Bagazo de Caña de Azúcar en la capacidad de adsorción y porcentaje de remoción.

Granulometría				
Código	Θ partícula	Concentración final (mg/L)	% R	q (mg/g)
B1	0.86-2.0 mm (Grueso)	2.879	45.036	0.4718
B2	0.425-0.85 mm (Medio)	2.505	52.176	0.5466
X3	< 0.425 mm (Fino)	1.860	64.490	0.6756

4.3 Efecto de la dosis de biomasa en la remoción de manganeso

La Figura 9 muestra la adsorción de Mn (II) en función de la dosis de adsorbente. Es evidente que, al aumentar la dosis de adsorbente, el porcentaje de remoción del metal aumenta, pero la cantidad adsorbida por unidad de masa o capacidad de adsorción de del bagazo de caña de azúcar (BCA), disminuye. Se entiende fácilmente que el número de sitios de adsorción disponibles aumenta al aumentar la dosis de adsorbente y, por lo tanto, da como resultado un aumento en el porcentaje de Mn eliminado de la disolución. La disminución en la capacidad de adsorción con un aumento en la dosis de adsorbente se debe principalmente a que los sitios de adsorción permanecen insaturados durante el proceso de adsorción, además de que el número de sitios disponibles para el sitio de adsorción aumenta al aumentar la dosis de BCA.

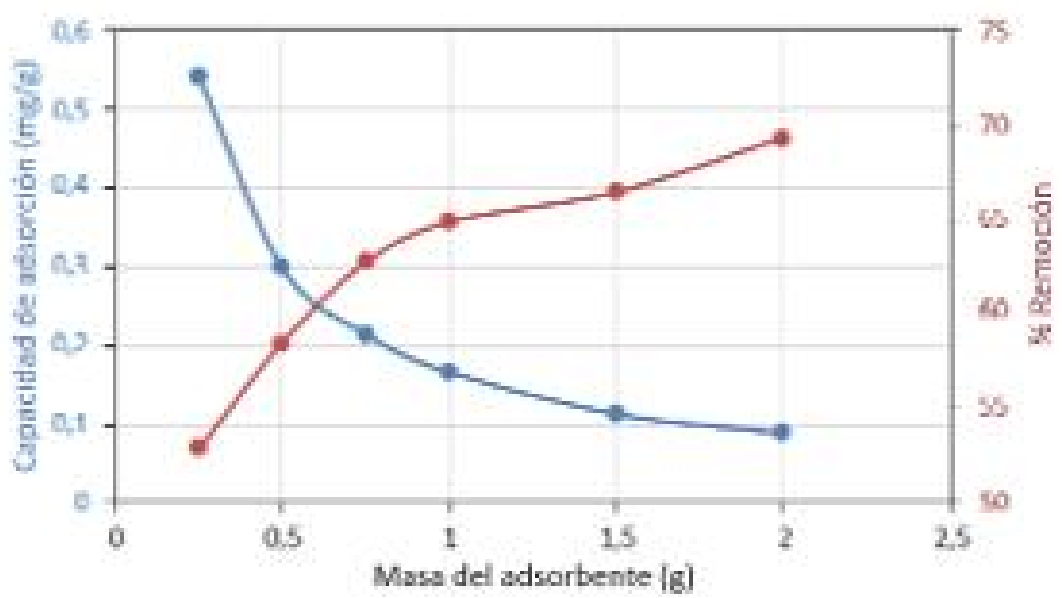

Figura 8. ***Efecto de la dosis de BCA usado en la capacidad de adsorción y porcentaje de remoción de Mn (II).***

Se puede establecer que la mejor dosis de biomasa fue 0.25 g, donde se obtiene la máxima capacidad de adsorción y porcentajes de remoción sobre el 50%. Los resultados numéricos se muestran en la tabla 5.

Tabla 5.Efecto de la dosis de BCA usado en la capacidad de adsorción y porcentaje de remoción de Mn (II).

Dosificación					
Código	Concentración inicial (g/L)	Cantidad de biomasa (g)	Concentración final (mg/L)	% R	q (mg/g)
A1	5	0.25	2.42	52.88	0.54
A2	10	0.5	2.13	58.46	0.30
A3	15	0.75	1.91	62.75	0.21
A4	20	1	1.80	64.89	0.17
A5	30	1.5	1.72	66.47	0.11
A6	40	2	1.57	69.34	0.09

4.4 Efecto del pH

El efecto pH fue investigado sobre la adsorción de Mn (II) en BCA a un intervalo de 2-10 durante 60 min. El resultado en la tabla 6 mostró que la adsorción máxima de Mn se obtuvo en el pH 10 más alto, mientras que la adsorción más baja fue en pH 2.

Tabla 6..Efecto del pH de la solución en la capacidad de adsorción de BCA y porcentaje de remoción de Mn (II).

pH					
Código	pH	Concentración final (mg/L)	% R	q (mg/g)	pH final
C1	2	4.96	0.10	0.001	2.06
C2	4	3.216	35.23	0.3498	4.46
C3	6	1.652	66.73	0.6626	4.92
C4	7	2.279	54.10	0.5372	5.04
C5	8	1.739	64.97	0.6452	5.24
C6	10	1.233	75.17	0.7464	6.2

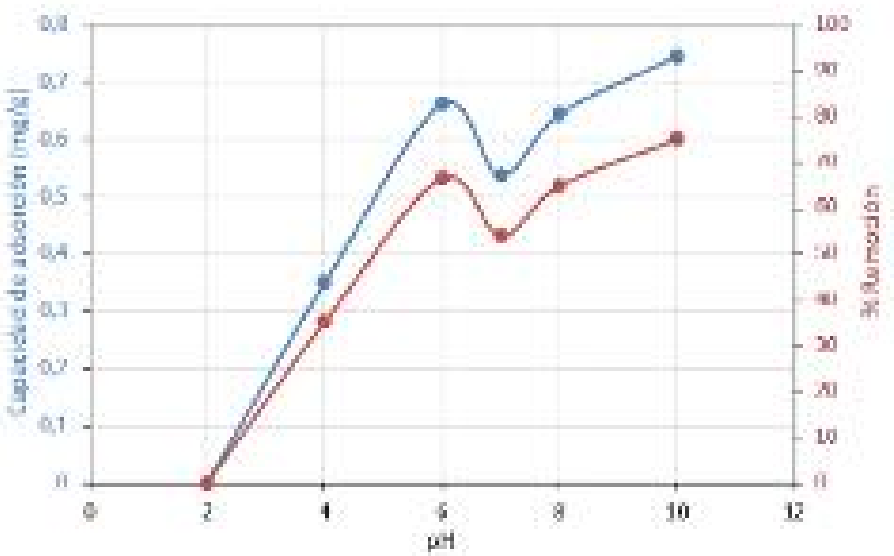

Figura 9. ***Efecto del pH de la solución en la capacidad de adsorción de BCA y porcentaje de remoción de Mn (II).***

A medida que aumenta el pH del agua, se encontró que tanto la capacidad de adsorción, así como el porcentaje de remoción se incrementaron. La razón principal se debe a las actividades de repulsión y atracción electrostática entre las cargas positivas del Mn^{2+} y los grupos funcionales de la superficie del BCA. Los máximos valores de q_e y %R fueron 0,746 mg/g y 75,16% a pH 10. Sin embargo, a pH 6 también se obtuvieron valores de q_e y %R altos, siendo 0,663 mg/g y 66,73%, respectivamente. Lo cual resulta ventajoso, ya que para trabajar a pH 10 es necesario adicionar Na(OH), lo cual en la práctica significa gastos significativos. Por otro lado, al trabajar a pH 6 se requiere nula o mínima cantidad de HCl, lo que reduce los costos y al mismo tiempo se obtiene buena remoción de Mn (II). En otros estudios se reportaron un valor similar de pH que según ***(Bermejo Campos, 2016)*** es de 6,08, este valor corresponde a un punto de equilibro de cargas sobre el material biosorbente. Por tanto, la determinación de este parámetro es útil para establecer condiciones favorables para valores de pH que permitan la eliminación eficiente de uno o más metales en solución.

CONCLUSIONES

- Las características físicas y químicas del bagazo de caña de mencionadas en la literatura permitieron concluir que el bagazo tiene potencial para ser utilizado como biosorbente, gracias a su especificidad y a la presencia de sitios activos que pueden actuar electrostáticamente o por interacciones polares con los metales, en lo cual influye la carga del metal (en el caso de manganeso Mn^{2+}) y las especies químicas de las que pueda estar formando parte, por lo tanto, es considerado un excelente adsorbente para la remoción de metales en aguas superficiales.

- El bagazo de caña de azúcar en su estado natural sin ningún tipo de tratamiento puede ser utilizado como adsorbente, solamente sometiéndolo a secado, molinada y tamizado.

- Las condiciones experimentales más factibles para favorecer la capacidad de adsorción del manganeso por el bagazo de caña de azúcar serían: intervalo del tamaño de partícula de < 0.425 mm (Fino), un pH de 6 y una dosis de absorbente de 0,25 g, condiciones bajo las cuales se obtiene la máxima capacidad de adsorción y porcentajes de remoción superiores al 70%.

RECOMENDACIONES

Sobre la base de los resultados obtenidos:

- Establecer el tiempo óptimo de contacto entre el agua contaminada con manganeso y la biomasa.
- Estudiar el comportamiento isotérmico de la adsorción con vistas a maximizar el porcentaje de remoción de manganeso con bagazo de caña de azúcar.

REFERENCIAS

Acuerdo ministerial ***No .097-A TULSMAN Anexo 1*** Norma de calidad ambiental de descarga de e fuente al recurso de agua. República del Ecuador.

Bermejo Campos, D. F. (2016). *Remoción de Plomo y Cadmio presente en aguas residuales mineras mediante biosorción en columnas con bagazo de caña y cascara de cacao.* Cuenca.

Bermello, Addiss; Díaz, Daniel; Martínez, Ricardo; Quintana, Gerlin; Mieres, Gretel; Leal, Juan A. *(2008). Estudio de un material compuesto de particulas de bagazo de caña y matriz de poliotileno mediante espectrofotometria* (Vol. vol. XLII). Cuba , La Habana : Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar. Obtenido de https://www.redalyc.org/pdf/2231/223120667015.pdf

Burbano.L y Sanchez .L.D. (2016). *Remocion de hierro y Manganeso.*

Carbotecnia. (18 de Noviembre de 2020). Obtenido de https://www.carbotecnia.info/aprendizaje/tratamiento-de-agua/diferencia-entre-absorcion-y-adsorcion/

Carbotecnia. (18 de Noviembre de 2020). Obtenido de https://www.carbotecnia.info/aprendizaje/tratamiento-de-agua/diferencia-entre-absorcion-y-adsorcion/

CEDIA. (2020). *Formularios.* Cuenca, Ecuador.

Cirelli, F. (2012). *Química Viva.* Buenos Aires, Argentina. Obtenido de https://www.redalyc.org/pdf/863/86325090002.pdf

Contreras Pérez, José B.; Mendoza, Carmen Leticia; Gómez, Arismendis. (2003). Determinacion de metales pesados en aguas y sedimentos del rio haina. En J. B. Gómez. Santo Domingo: nstituto Tecnológico de Santo Domingo.

Cuchimaque Lugo, Carolina y Vargas Fiallo, (2013). Remoción de Fe y Mn en aguas naturales por adsorción-oxidación sobre clinoptilolita. Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia, (66), 24-44. [Fecha de Consulta 4 de febrero de 2021]. ISSN: 0120-6230. Disponible en: https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=430/43027041002

Cutiño, E & Pinedo Medina, M. (Agosto de 2015). *scielo*. Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-61852015000200010

Danglad; Valladares; Cova; Linero, (2013). Partículas hidrofobadas de bagazo de caña de azúcar para el tratamiento de hidrocarburos en agua. Obtenido de: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1315-01622013000100011

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

El Telégrafo. (30 de Septiembre de 2017). *El Telégrafo*. Obtenido de https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/regional/1/cuencanos-celebran-la-creacion-de-una-de-sus-primeras-universidades

Escalante; Pérez; Hidalgo; López; Campo; Vatierra; Etchevers. (2016). Biocarbón (biochar) I: Naturaleza, historia, fabricación y uso en el suelo. TERRA LATINOAMERICANA VOLUMEN 34.

ETAPA EP. (Junio de 2015). *Etapa.* Obtenido de https://www.etapa.net.ec/Portals/0/Documentos/convocatoriatixan/12.MEMORIAS_TECNICAS_PARTE_1.pdf

Fabricio, C. D. (2016). *REMOCIÓN DE PLOMO Y CADMIO PRESENTE EN AGUAS.* Cuenca: Universidad de cuenca. Obtenido de http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/25710/1/Tesis.pdf

Google Earth. (2020). *Mapa de la PTAP De Tixán, Azuay.* Obtenido de https://bit.ly/3gz8bAe

Health, N. I. (2018). Datos sobre el manganeso. *National Institutes of health*, 1-3. Obtenido de https://ods.od.nih.gov/pdf/factsheets/Manganese-DatosEnEspanol.pdf

L Damià Barceló y María José López de Alda. (2008). PANEL CIENTÍFICO-TÉCNICO DE SEGUIMIENTO DE LA POLÍTICA DE AGUAS . En L. D. Alda. Barcelona: Instituto de Investigaciones Químicas y Ambientales-CSIC.

Karmoker, J. R., Hasan, I., Ahmed, N., Saifuddin, M., & Reza, M. S. (2019). Development and Optimization of Acyclovir Loaded Mucoadhesive Microspheres by Box–Behnken Design. Dhaka University Journal of Pharmaceutical Sciences, 18(1), 1-12.

National Institutes of Health. (16 de Octubre de 2019). *National Institutes of Health Office of Dietary Supplements*. Obtenido de https://ods.od.nih.gov/factsheets/Manganese-DatosEnEspanol/

Normas, F. y. (06 de Enero de 2014). *Fibras y Normas de Colombia S.A.S.* Obtenido de https://blog.fibrasynormasdecolombia.com/potabilizacion-definicion-etapas-del-proceso-e-importancia/

Republica, P. d. (s.f.). *LIBRO VI ANEXO 1.* Quito: Presidencia de la republica. Obtenido de http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu112180.pdf

Reyes Montiel, J. L. (2003). *La biomasa cañera como alternativa para el incremento de la eficiencia energética y la reducción de la contaminación ambiental.* Obtenido de https://link.gale.com/apps/doc/A146790401/AONE?u=anon~28ea8d3f&sid=googleScholar&xid=43e630d1

Rincones Poyer, F., Valladares, S. M., Danglad Flores, J. Á., & Salazar Palencia, V. (2015). Adsorción de hidrocarburos de petróleo en agua mediante una columna empacada con bagazo de caña de azúcar. *Saber*, *27*(3), 441-453.

Rivera J.(2017). Estudio ambiental (expost) del sistema de abastecimiento de agua potable para la ciudad de cuenca en su etapa de operación y mantenimiento. Obtenido de: https://maeazuay.files.wordpress.com/2017/03/estudio-ambiental-expost-del-sistema-de-abastecimiento-de-agua-potable-para-la-ciudad-de-cuenca-en-su-etapa-de-operacic3b3n-y-mantenimiento.pdf

S.A.S., F. y. (05 de Enero de 1014). *Fibras y Normas de Colombia S.A.S.* Obtenido de https://blog.fibrasynormasdecolombia.com/potabilizacion-definicion-etapas-del-proceso-e-importancia/

Sala, L. F., García, S. I., Frascaroli, M. I., Bellú, S., Mangiameli, F., Blanes, P., . . . Salas Peregrin, J. M. (2010). *Dialnet.* Obtenido de https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3235861

Vera Luisa, Uguña María F., García Nancy, Flores Marittza, Vázquez Verónica. (2015). *Eliminación de los metales pesados.* Cuenca: AFINIDAD LXXIII. Obtenido de file:///C:/Users/admin/Downloads/308436-Article%20Text-435116-1-10-20160504.pdf

Villada-Villada, Yurany A.; Hormaza-Anaguano, Angelina; Casis, Natalia. (2014). *Uso de la cascarilla de arroz.* Medellín: Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal. Obtenido de https://www.redalyc.org/pdf/3442/344233950005.pdf

Vinueza, P. (27 de Junio de 2018). *ecuadorwillana*. Obtenido de https://ecuadorwillana.com/2018/06/27/gran-exito-en-congreso-internacional-de-agroecologia-celebrado-en-la-universidad-estatal-amazonica/

XVI-2020, C. (2020). *Evaluación de Tecnologías Ambientalmente SosteniblE.* Cuenca: CEDIA.Obtenido de file:///C:/Users/admin/Downloads/CEPRAXIV-2020_propuesta_38.pdf

Villada.V, Yurany A.; Hormaza.A, ; Casis.N. (2014). *Uso de la cascarilla de arroz.* Medellín: Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal. Obtenido de https://www.redalyc.org/pdf/3442/344233950005.pdf