



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

CARRERA DE INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

**“EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE ADSORCIÓN DE LA
CORTEZA DE PLÁTANO (MUSA PARADISIACA) PARA LA
REMOCIÓN DE METABISULFITO Y AMONIO PRESENTES EN
AGUAS RESIDUALES DE CAMARONERAS”**

Trabajo de Titulación

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

AUTORA: KATHRYN EUGENIA ZAMBRANO MARCILLO

DIRECTOR: Ing. JUAN CARLOS GONZÁLEZ GARCÍA

Riobamba – Ecuador

2020

© 2020, Kathryn Eugenia Zambrano Marcillo

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 de Autor.

Yo, Kathryn Eugenia Zambrano Marcillo declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autora asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación; El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo

Riobamba, 27 de En ero, 2020.



Kathryn Eugenia Zambrano Marcillo

CI: 131412254-8

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA DE ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS

El Tribunal del trabajo de titulación certifica que: El trabajo de titulación: Tipo: proyecto de investigación “**EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE ADSORCIÓN DE LA CORTEZA DE PLÁTANO “Musa Paradisiaca” PARA LA REMOCIÓN DE METABISULFITO Y AMONIO PRESENTES EN AGUAS RESIDUALES DE CAMARONERAS**”, realizado por la señorita Kathryn Eugenia Zambrano Marcelllo ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del trabajo de titulación, el misino que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

Ing.Luis Miguel Santillán Quiroga

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

FIRMA

FECHA



2020/01/27

Ing, Juan Carlos González García

**DIRECTOR DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN**



2020/01/27

Dr. Fausto Manolo Yaulema Garcés

MIEMBRO DEL TRIBUNAL



2020/01/27

DEDICATORIA

Este trabajo de titulación va dedicado en primer lugar a Dios que sin su voluntad esto no fuera posible.

A mis padres Kleber Zambrano y María Eugenia Marcillo por su apoyo incondicional, amor infinito y sobre todo por confiar en mis capacidades, este logro es de Uds.

A Franklin Erazo, que ha sido un gran impulsor y apoyo en mi vida en todo este proceso.

A mi hija Heidy Camila que desde que llegó a mi vida ha sido inspiración para mí.

A mis hermanos Alisson, Jampierre y Carmen por su apoyo constante a lo largo de estos años.

Kathryn

AGRADECIMIENTO

A Dios por haber puesto a las personas correctas en mi vida y por estar conmigo a lo largo de estos años de aprendizaje y haber encaminado mis pasos en cada una de mis decisiones que me han logrado permitir llegar hasta este punto en mi vida.

A mis padres por su dedicación, confianza y el apoyo incondicional en mi vida, a mis hermanos y a toda mi familia que confiaron siempre en mis capacidades.

A Franklin Erazo por todo su amor, apoyo y confianza.

A la Sra. María Hidalgo por su bondad, cariño y apoyo a lo largo de este proceso.

A Heidi y Evelin Erazo por estar siempre pendiente en cada paso de mi vida, desde que empezaron a formar parte de mi mundo.

A Brigitte Fernández por ser una amiga incondicional, por estar pendiente y presente en cada etapa de mi vida, por tener las palabras de aliento exacto en lo momento difíciles y más aún festejar como suyos, mis momentos de alegría, por todo eso y más, gracias amiga.

A mi tutor de tesis el Ing. Juan Carlos González, por su profesionalismo, estar siempre presto a ayudar y compartir sus arduos conocimientos, encaminar mi trabajo de titulación y sobre todo por la paciencia que se ha requerido en este proceso.

Al Dr. Fausto Yaulema, asignado como miembro del tribunal de mi mesa, y al mismo tiempo asesor de mí trabajo de titulación, por su paciencia y compartir su gran conocimiento en la construcción de esta investigación.

Kathryn

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	xv
ABSTRACT.....	xvi
INTRODUCCIÓN	1

CAPITULO I

1	MARCO TEÓRICO REFERENCIAL	7
1.1	Metabisulfito de sodio	7
<i>1.1.1</i>	<i>Especificación.....</i>	<i>7</i>
<i>1.1.2</i>	<i>Aplicaciones industriales</i>	<i>8</i>
<i>1.1.3</i>	<i>Afecciones a la salud.....</i>	<i>8</i>
<i>1.1.4</i>	<i>Metabisulfito de sodio en el Ecuador</i>	<i>9</i>
<i>1.1.5</i>	<i>Contaminación por Metabisulfito de sodio</i>	<i>11</i>
<i>1.1.6</i>	<i>Contaminación de aguas.....</i>	<i>11</i>
<i>1.1.6.1</i>	<i>Toxicidad ecológica</i>	<i>12</i>
<i>1.1.7</i>	<i>Procesos de recuperación de Metabisulfito de Sodio.....</i>	<i>13</i>
<i>1.1.8</i>	<i>Métodos de determinación de metabisulfito de sodio en agua</i>	<i>13</i>
1.2	Amonio	13
<i>1.2.1</i>	<i>Sales de amonio.....</i>	<i>14</i>
<i>1.2.1.1</i>	<i>Cloruro de amonio.....</i>	<i>14</i>
<i>1.2.2</i>	<i>Afecciones a la salud.....</i>	<i>15</i>
<i>1.2.3</i>	<i>Amonio en el ambiente.....</i>	<i>15</i>
<i>1.2.4</i>	<i>Procesos de control de amonio en camaroneras.....</i>	<i>16</i>
1.3	Espectroscopia.....	17
<i>1.3.1</i>	<i>Espectroscopia UV</i>	<i>17</i>
<i>1.3.1.1</i>	<i>Transmitancia</i>	<i>18</i>
<i>1.3.1.2</i>	<i>Absorbancia</i>	<i>18</i>
<i>1.3.1.3</i>	<i>Medición de absorbancia y Transmitancia.....</i>	<i>19</i>
<i>1.3.1.4</i>	<i>Absortividad.....</i>	<i>20</i>
<i>1.3.1.5</i>	<i>Curva de calibración</i>	<i>20</i>
<i>1.3.1.6</i>	<i>Limitaciones de la ley de lamber Beer.....</i>	<i>22</i>
<i>1.3.2</i>	<i>Error fotométrico.....</i>	<i>22</i>

1.3.2.1	<i>Equipos espectrofotométricos</i>	23
1.4	Agua residual	23
1.4.1	Tratamientos actuales de aguas residuales	24
1.4.1.1	<i>Intercambio iónico</i>	24
1.4.1.2	<i>Filtración por membrana</i>	24
1.4.1.3	<i>Ozonización</i>	25
1.4.1.4	<i>Bioadsorción</i>	25
1.5	Adsorción	25
1.5.1	Tipos o Mecanismos de adsorción	26
1.5.1.1	<i>Adsorción física o fisisorción</i>	26
1.5.1.2	<i>Adsorción química o quimisorción</i>	26
1.5.2	Equilibrio de adsorción	27
1.5.2.1	<i>Isotermas de adsorción</i>	27
1.5.2.2	<i>Isoterma de adsorción de Langmuir</i>	27
1.5.3	Parámetros o factores que influyen de bioadsorción	28
1.5.3.1	<i>pH</i>	28
1.5.3.2	<i>Tiempo de contacto, tiempo de equilibrio</i>	29
1.5.3.3	<i>Cantidad o dosis del adsorbente o bioadsorbente</i>	29
1.5.3.4	<i>Tipo del material</i>	29
1.5.3.5	<i>Tamaño de partícula</i>	30
1.5.4	Materiales biosorbentes: corteza de plátano (<i>Musa paradisiaca</i>)	30
1.5.4.1	<i>Biomasa lignocelulósica</i>	31
1.5.4.2	<i>Características y propiedades de un material sorbente</i>	32
1.5.5	Ventajas y desventajas de la utilización de biomasa	34
1.6	Corteza (cascara) de plátano (<i>Musa paradisiaca</i>)	35
1.6.1	Generalidades	35
1.6.2	Composición química de la corteza de plátano	36
1.6.2.1	<i>Celulosa</i>	37
1.6.2.2	<i>Hemicelulosa</i>	37
1.6.2.3	<i>Pectina</i>	37
1.7	Aprovechamiento de la corteza de plátano	37
1.7.1	Pre- humus	38
1.7.2	Composición química más relevante del pre-humus	38

CAPITULO II

2	MARCO METODOLÓGICO.....	39
2.1	Tipo y Diseño de Investigación.....	40
2.2	Población de estudio.....	40
2.2.1	<i>Tamaño de la muestra.....</i>	<i>40</i>
2.2.2	<i>Selección de la muestra.....</i>	<i>41</i>
2.3	Técnicas de recolección de datos.....	42
2.3.1	<i>Muestreo de Agua residual.....</i>	<i>42</i>
2.3.2	<i>Muestreo de Corteza de musa paradisiaca.....</i>	<i>42</i>
2.4	Preparación y adecuación de las muestras.....	42
2.4.1	<i>Agua residual.....</i>	<i>42</i>
2.4.2	<i>Corteza de plátano.....</i>	<i>43</i>
2.5	Caracterización de aguas residuales.....	43
2.5.1	<i>Temperatura:.....</i>	<i>43</i>
2.5.2	<i>Conductividad eléctrica:.....</i>	<i>44</i>
2.5.3	<i>pH:.....</i>	<i>44</i>
2.5.4	<i>Turbiedad:.....</i>	<i>44</i>
2.5.5	<i>Salinidad:.....</i>	<i>44</i>
2.5.6	<i>Sólidos sedimentables:.....</i>	<i>44</i>
2.5.7	<i>Sólidos suspendidos:.....</i>	<i>45</i>
2.5.8	<i>Alcalinidad:.....</i>	<i>45</i>
2.5.9	<i>DQO:.....</i>	<i>45</i>
2.5.10	<i>Amonio:.....</i>	<i>45</i>
2.5.11	<i>Sulfitos:.....</i>	<i>45</i>
2.6	Evaluación de la corteza de plátano como adsorbente de amonio y bisulfito.....	46

CAPÍTULO III

3	MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	48
3.1	Preparación y adecuación de muestras.....	48
3.1.1	<i>Secado de la corteza de plátano recolectada.....</i>	<i>48</i>
3.1.2	<i>Trituración y tamizado de la muestra.....</i>	<i>50</i>
3.1.3	<i>Tiempo de equilibrio y selección de tiempo de contacto.....</i>	<i>51</i>
3.2	Caracterización de agua residual de camaroneiras.....	54

3.2.1	<i>Temperatura, potencial de hidrogeno, conductividad eléctrica y turbiedad de agua contaminada</i>	54
3.3	Resultados de remoción de amonio	58
3.4	Resultados de remoción de metabisulfito	63
	CONCLUSIONES	69
	RECOMENDACIONES	70
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1: Especificación técnica del metabisulfito de sodio	7
Tabla 2-1: Materiales adsorbentes, usados para fines de adsorción.....	31
Tabla 3-1: Ventajas y desventajas de la utilización de biomásas.....	34
Tabla 4-1: Composición química de la corteza de plátano	36
Tabla 1-2: Codificación de unidades experimentales para concentraciones de Amonio	40
Tabla 2-2: Codificación de unidades experimentales para concentraciones de metabisulfito	41
Tabla 1-3: Pesos de la corteza de plátano (<i>Musa Paradisiaca</i>) secada a 60 ° C.....	48
Tabla 2-3: Peso de la corteza de plátano secado a 80 °C.....	49
Tabla 3-3: Condiciones de la muestra completa de plátano (<i>Musa Paradisiaca</i>) seca a 80°C...	50
Tabla 4-3: Peso de la corteza de plátano para posterior tamización.	51
Tabla 5-3: Porciones y tamaño de partícula de la corteza de plátano	51
Tabla 6-3: Medición de tiempo de equilibrio utilizando tratamiento 1 (5 g de corteza), tamaño de partícula 40mm.....	51
Tabla 7-3: Medición de tiempo de equilibrio utilizando tratamiento 2 (10 g de corteza), tamaño de partícula 40mm.	52
Tabla 8-3: Medición de tiempo de equilibrio utilizando tratamiento 3 (20 g de corteza), tamaño de partícula 40mm.	53
Tabla 9-3: Parámetros físicos del agua contaminada.....	54
Tabla 10-3: Parámetros químico del agua contaminada	54
Tabla 11-3: Concentración de Amonio post tratamiento 1 (5 gramos de corteza de plátano)...	55
Tabla 12-3: Concentración de Amonio post tratamiento 2 (10 gramos de corteza de plátano)..	55
Tabla 13-3: Concentración de Amonio post tratamiento 3 (20 gramos de corteza de plátano).	56
Tabla 14-3: Concentración de Sulfito post tratamiento 1 (5 gramos de corteza de plátano).	56
Tabla 15-3: Concentración de Sulfito post tratamiento 2 (10 gramos de corteza de plátano). ..	57
Tabla 16-3: Concentración de Sulfito post tratamiento 3 (20 gramos de corteza de plátano). ..	57
Tabla 17-3: Promedios de la concentración post tratamiento de amonio en agua	58
Tabla 18-3: Rendimiento de la capacidad de sorción de la corteza de plátano para la remoción de amonio para la partícula 1 en un tiempo de contacto de 24 horas.....	59
Tabla 19-3: Anova para rendimiento de la capacidad de sorción para P1 en un tiempo de contacto de 24 horas.....	59
Tabla 20-3: Prueba tukey para rendimiento de la capacidad de sorción para P1 en un tiempo de contacto de 24 horas.	59

Tabla 21-3: Rendimiento de la capacidad de sorción de la corteza de plátano para la partícula 2 en un tiempo de contacto de 24 horas.....	60
Tabla 22-3: Anova para rendimiento de la capacidad de sorción de Amonio para P2 en un tiempo de contacto de 24 horas.	61
Tabla 23-3: Anova para rendimiento de la capacidad de sorción de Amonio para P1 en un tiempo de contacto de 30 minutos.	62
Tabla 24-3: Rendimiento de la capacidad de sorción de la corteza de plátano para la partícula 2 en un tiempo de contacto de 30 minutos.	62
Tabla 25-3: Promedios de la concentración post tratamiento de sulfito en agua.....	63
Tabla 26-3: Rendimiento de la capacidad de sorción de la corteza de plátano para la partícula 1 en un tiempo de contacto de 24 horas.....	64
Tabla 27-3: Anova para rendimiento de la capacidad de sorción para P1 en un tiempo de contacto de 24 horas.....	64
Tabla 28-3: Prueba tukey para rendimiento de la capacidad de sorción para P1 en un tiempo de contacto de 24 horas.	64
Tabla 29-3: Rendimiento de la capacidad de sorción de la corteza de plátano para la partícula 2 en un tiempo de contacto de 24 horas.....	65
Tabla 30-3: Anova para rendimiento de la capacidad de sorción de la corteza de plátano para P2 en un tiempo de contacto de 24 horas.....	65
Tabla 31-3: Prueba tukey para rendimiento de la capacidad de sorción para P2 en un tiempo de contacto de 24 horas.	66
Tabla 32-3: Rendimiento de la capacidad de sorción de la corteza de plátano para la partícula 1 en un tiempo de contacto de 30 minutos.	66
Tabla 33-3: Anova para rendimiento de la capacidad de sorción de corteza de plátano para P1 en un tiempo de contacto de 30 minutos.	67
Tabla 34-3: Rendimiento de la capacidad de sorción de la corteza de plátano para la partícula 2 en un tiempo de contacto de 30 minutos.	67
Tabla 35-3: Anova para rendimiento de la capacidad de sorción de Amonio para P2 en un tiempo de contacto de 30 minutos.	67
Tabla 36-3: Resultados de caracterización de corteza de plátano <i>Musa paradisiaca</i> post- uso.	68

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-2. Metodología a aplicar	39
Gráfico 1-3. Pesos de la muestra de corteza secado a diferentes temperaturas.....	49
Gráfico 2-3. Relación absorbancia con respecto a tiempos de contacto	53
Gráfico 3-3. Isoterma de Langmuir (determinación de la sorción de corteza de plátano con P1 a 24 horas para amonio).	58
Gráfico 4-3. isoterma de Langmuir (determinación de la sorción de la corteza de plátano con P2 a 24 horas para amonio).	60
Gráfico 5-3. isoterma de Langmuir (determinación de la sorción de corteza de plátano con P1 a 30 min para amonio).....	61
Gráfico 6-3. Langmuir (determinación de la sorción de corteza de plátano con P2 a 24 horas para sulfito)	63
Gráfico 7-3. isoterma de Langmuir (determinación de la capacidad de sorción de la corteza de plátano con p2 a 24 horas para sulfito).....	65
Gráfico 8-3. isoterma de Langmuir (determinación de la sorción de corteza de plátano con P2 a 30 min para sulfito).	66

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A:BARRIDO ESPECTRAL

ANEXO B:INFORME DEL ENSAYO 1 LASA

ANEXO C:INFORME DE ENSAYO 2 LASA

ANEXO D:INFORME DE ENSAYO 3 LASA

ANEXO E:INFORME DEL ENSAYO 4 SAMI

ANEXO F:DETALLE DE RESULTADOS DE REMOCIÓN DE AMONIO EN FUNCIÓN DE
LA CONCENTRACIÓN

ANEXO G:DETALLE DE RESULTADOS DE REMOCIÓN DE METABISULFITO EN
FUNCIÓN DE LA CONCENTRACIÓN

ANEXO H:DETALLES DE LAS OBTENCIÓN DE ABSORBANCIAS.

ANEXO I:DETALLES DE LAS CONCENTRACIONES FINALES DE CADA
TRATAMIENTO.

ANEXO J:REGISTRO FOTOGRÁFICO

RESUMEN

Esta investigación tuvo como principal objetivo evaluar la capacidad de adsorción de la corteza de plátano (*Musa paradisiaca*) para la remoción de metabisulfito y amonio presentes en aguas residuales de camaronerías, para lo cual se obtuvieron muestras compuestas de agua residual de dos camaronerías distintas, a las cuales se le realizó análisis fisicoquímico por triplicado. Los parámetros que se analizaron en las muestras de aguas fueron: conductividad eléctrica, pH, turbiedad, salinidad, sólidos sedimentables, sólidos suspendidos, alcalinidad, DQO, amonio, sulfito. Posterior a esto se obtuvieron muestras de corteza de plátano (*Musa paradisiaca*) mismas que se expusieron en una estufa de secado a 80°C, tras el secado de corteza se tamizó. Se trabajó con tres muestras de agua a diferentes concentraciones de metabisulfito, con tres tratamientos de corteza de plátano, a cantidades de 5, 10 y 20 gramos correspondientemente, con dos tamaños de partícula 850 μm y 40 μm respectivamente, sometidas a dos tiempos de exposición de 30 minutos y 24 horas, para cada prueba se realizó 3 repeticiones con sus respectivos blancos. Obteniendo 72 unidades experimentales y 24 blancos. La concentración final de metabisulfito y amonio postratamiento fue determinada por espectrometría UV-VISIBLE y finalmente se aplicó el modelo de la ecuación de Langmuir para determinar la capacidad de adsorción de la corteza de plátano. Para el análisis estadístico se aplicó un análisis de Varianza de un factor (ANOVA), en donde se obtuvo diferencia significativa entre los tratamientos aplicados, de acuerdo a su tamaño de partícula y tiempo de exposición, los cuales la P1 demostró ser más acta para este proceso con un tiempo de exposición de 24 horas por su superficie de contacto. Se concluye que la corteza de plátano tiene la capacidad de adsorber metabisulfito y amonio de agua residuales hasta 6,81 veces su peso para sulfitos y 12,36 para amonio obteniendo un porcentaje de remoción de hasta el 80% y 56,7 % correspondientemente con respecto la concentración inicial, lo que lo hace un sorbete recomendado. Explotar la potencial capacidad de adsorción que presenta la corteza de plátano de acuerdo a sus propiedades para remover otro tipo de contaminantes de aguas o suelos.

Palabras clave: <CORTEZA DE PLÁTANO (*Musa paradisiaca*)>, <AGUA RESIDUAL>, <ECUACIÓN DE LANGMUIR>, <ESPECTROMETRIA>, <BIODSORBENTES>, < TAMAÑO DE PARTICULA>.



ABSTRACT

This research had as main objective to evaluate the adsorption capacity of the banana bark (*Musa paradisiaca*) for the removal of metabisulfite and ammonium present in shrimp wastewater, for which samples were obtained composed of wastewater from two different shrimp farms, to which a triplicate physicochemical analysis was performed. The parameters analyzed in the water samples were: electrical conductivity, PH, turbidity, salinity, sedimentary solids, suspended solids, alkalinity, COD, ammonium, sulfite. After this, samples of banana bark (*Musa paradisiaca*) were obtained, which were exposed in a drying oven at 80°C, after drying the bark, sieving. It was worked with three water samples at different concentrations of metabisulfite, with three treatments of banana bark, at amounts of 5.10 and 20 grams corresponding, with two-particle sizes 850 µm and 40 µm respectively, subjected to two times of 30 minutes and 24 hours exposure, for each test 3 repetitions were performed with their respective targets. Obtaining 72 experimental units and 24 targets. The final concentration of metabisulfite and ammonium post-treatment was determined by UV-VISIBLE spectrometry and finally, the Langmuir equation model was applied to determine the adsorption capacity of the banana bark. For the statistical analysis, an analysis of Variance of a factor (ANOVA) was applied, where a significant difference was obtained between the treatments applied, according to its particle size and exposure time, which P1 proved to be more appropriate for this process with an exposure time of 24 hours by its contact surface. It is concluded that the banana bark can adsorb metabisulfite and residual water ammonium up to 6.81 times its weight for sulfites and 12.36 for ammonium obtaining a removal percentage of up to 80% and 56% correspondingly with respect the initial concentration, which makes a recommended sorbet. Exploit the potential adsorption capacity of banana bark according to its properties to remove other types of contaminants from water or soil.

KEYWORDS: <BANANA BARK (*Musa paradisiaca*)>, <WASTEWATER>, <LANGMUIR, EQUATION>, <SPECTROMETRY>, <BIODSORBENTS>, <PARTICULATE SIZE>.



INTRODUCCIÓN

La acuicultura, especialmente la camaronicultura, y de mayor interés en la especie *Litopennaeus vannamei*, en Ecuador, es una actividad que representa un número bastante alto para la aportación económica para el país, con un alza de 3.24% anualmente (Muñoz, 2017).

La actividad se da inicio en el 1998 ya de manera más industrializada, siendo este mismo, año record para las exportaciones de camarón ecuatoriano, el sector generaba alrededor de 250 000 empleos, que significaron el 4,2 por ciento del PEA (población económica activa) Nacional. Cifra que corresponde al empleo en forma directa, considerando un promedio de cinco miembros por familia personas. (Schwarz, 2019).

De tal manera que se ha extendido por las Costas del Ecuador, siendo Pedernales uno de los principales productores, sólo en este cantón existen aproximadamente 400 camaroneros certificados, que representan el 10 % de la economía local; sin embargo, cabe recalcar que la falta de tecnificación ha impedido que esta pueda resurgir como debe, razón por la que se considera que Manabí es una de las provincias más retrasadas en cuando a la manera de cultivo de camarón.

Su interés comercial se ha promovido a tal punto que se ha convertido en motivo de debate por los temas ambientales que genera en sus fases de producción sobre todo al ecosistema estuario, relacionado a la elevada carga orgánica, concentración de nutrientes en el agua, eutrofización y alteración de los sedimentos que se producen como consecuencia del nitrógeno, fósforo, y sólidos suspendidos (Muñoz, 2017).

Es así que las variables que se desean normalizar en dichas aguas residuales son: turbiedad, saturación de oxígeno, algas, nitrógeno amoniacal, que desencadenan en un proceso de eutrofización, de la misma manera se evalúa la presencia de sustancias químicas utilizadas para el crecimiento, desinfección y control de melanosis de los camarones como es el metabisulfito de sodio siendo este principal agente químico; con capacidad de provocar daños al ambiente, ya que su destino final es ser descargado en cuerpos de agua dulce o a mar abierto sin un tratamiento previo.

PROBLEMA

Como se puede analizar ,la economía y el ambiente comparten una relación muy cercana entorno a la actividad productiva de las camaroneras, motivo por el cual al momento de realizar alguna actividad que implique degradación en el ambiente, se necesita plantear y realizar tratamientos

que normalicen el uso de los recursos naturales, con el fin de generar el menor impacto posible sobre el ambiente; la ejecución de prácticas ambientales genera un coste adicional a las empresas camaroneras, en el que estas actividades se deben de realizar acorde a la producción y al impacto que la actividad productiva que pueda causar en el ambiente (Muñiz & Ruíz, 2017).

Es así que los efectos más notorios por el impacto de camaroneras sobre el recurso agua especialmente, son: condiciones anóxicas, aumento de la DQO, disminución de la fauna macrobentónica, producción de aguas residuales con presencia de metabisulfito de sodio, que al ser descargadas en cuerpos de aguas limpias, mismas que son utilizadas como agua de consumo humano para poblaciones aledañas, causando severos daños en la salud. ¿Qué hacer con la solución residual de metabisulfito de sodio? Es un dilema que se genera en las personas dedicadas a la acuicultura, desembocándose en un problema y al mismo tiempo preocupación.

Con base a lo ya mencionado, se sabe que las descargas de aguas residuales de camaroneras, repercuten directamente en la calidad del agua y sedimento, e indirectamente en la biota y en la salud de la población aledaña del sector. Cabe recalcar que lo idóneo no es disminuir o parar la producción camaronera, sino hacer que esta sea más sostenible. Por tal razón, el objetivo del presente trabajo es investigar una alternativa utilizando la corteza de *musa paradisiaca* que dé solución con la carga contaminante que presentan las aguas residuales de dicha actividad y que representa pérdida en la calidad del agua y del sedimento en las salidas de las camaroneras del cantón Pedernales, provincia de Manabí (Muñoz, 2017).

ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

La adsorción es, de entre diversos métodos, uno de los popularmente más aceptados por su versatilidad, conveniencia, sencillez, siendo el carbono activado el adsorbente “ideal” para eliminar diversos contaminantes presentes en agua. Por la alta capacidad de adsorción de materia orgánica, el carbono activado es el material adsorbente mayormente utilizado, por lo que es considerado el adsorbente convencional comercial (Valladares, Valerio, De la Cruz, & Melgoza, 2016).

En la actualidad se encuentra en búsqueda de un adsorbente que logre competir contra el carbón activado, se han realizado varios estudios en donde se ha aprovechado la propiedad que presentan ciertos tipos de biomásas para acumular y enlazar contaminantes de diferentes índoles, ya que estos se encuentran en la naturaleza de manera exuberante y transfórmalos a adsorbentes no es un proceso que tenga costos elevados. Se ha experimentado que estos bioadsorbente o adsorbentes pueden ser modificados si se somete a un tratamiento previo, esta modificación puede ser físico, químico o ambas, físico-químico.

Investigaciones actuales sobre la bioadsorción de metales pesados en aguas residuales, realizadas a nivel mundial, demuestran la capacidad de bioadsorción que presentan diferentes residuos agroindustriales entre las cuales se encuentra la corteza de banano, la corteza de tamarindo, la corteza de naranja, aserrín, corteza y fibra de coco entre otras, siendo la primera, el material bioadsorbente de interés para esta investigación, en base a su gran producción en el Ecuador (Pastor, 2015). La utilización de materiales de desecho o residuales presentan ventajas, principalmente por ser uso de materiales alternativos y de bajo costo, que su origen son de fuentes renovables y de fácil aplicación.

La cáscara de plátano presenta en su composición hidroxilo y carboxila de pectina, que han demostrado tener capacidad de remover metales, por medio de fisisorción de sus iones desde medios acuosos. Por esta característica se ha considerado la cáscara de plátano como potencial bioadsorbente de metales pesados. Por esta razón, se ha realizado diversas investigaciones del uso de la cáscara de plátano en la remoción de plomo, arsénico, cobre entre otros, donde se ha analizado el efecto de la biomasa sin modificación bajo parámetros, en donde se han obtenido resultados bastante favorable en cuanto se refiere a la remoción de estos contaminante altamente dañino (Moron, 2018).

Una de las tecnologías desarrolladas por investigadores en Brasil por la Universidad de Sao Paulo (USP) utiliza corteza de plátano como elemento para filtrar aguas contaminadas por pesticidas. Las pruebas realizadas en los ríos Piracicaba y Capivari, en el estado brasileño de Sao Paulo, mostraron que la tecnología es eficiente que los métodos convencionales, incluyendo los filtros con carbón, y que la corteza del plátano presenta gran capacidad para absorción de metales. El método prevé el uso de filtros equipados con corteza de plátano que son trituradas y coladas tras haber sido deshidratadas en estufas a temperaturas de hasta 60 grados centígrados (Palacios Redrobán, 2014).

La universidad Libre de Colombia- Bogotá presentó un trabajo en donde se evaluó el vástago de plátano dominico-Hartón como material adsorbente para la remoción de Hg^{2+} presente en soluciones acuosas. Lo resultados demuestran que tiempo para el cual se alcanzó el equilibrio fue aproximadamente de 120 minutos, lo cual se puede considerar moderadamente eficiente en comparación a otros materiales de desecho agrícola, los cuales aunque alcanzan capacidades de adsorción superiores a la encontrada con el material vástago de plátano, requieren tiempos de contacto superiores para alcanzar la estabilidad del proceso (Melendez, 2016).

(Guerra & González, 2016) Realizaron una investigación en la universidad de Trujillo- Perú que tuvo como objetivo disminuir los niveles de concentración de metales pesados (Pb, Zn) en las aguas residuales de laboratorio químico aplicando el tratamiento del agua con cáscara de plátano. De

los resultados se calculó el porcentaje de adsorción de Plomo y Zinc para cada filtro. Los mayores porcentajes de adsorción que presenta esta investigación fue de plomo fue de 79,76%; y para el zinc fue de 66.37%, trabajando con una velocidad de agitación de 80 rpm. Con esto se comprueba que la cáscara de plátano, posee capacidad de adsorción para plomo y zinc en soluciones acuosas.

La siguiente investigación realizada por un estudiante de la Universidad Técnica de Cotopaxi, en donde se utiliza la cascara de plátano para remover metales pesados presentes en aguas residuales en la empresa Weatherford, cantón Francisco de Orellana, provincia de Orellana, para lo cual se percoló la muestra de agua contaminada por un filtro hecho a base de cáscara de plátano y los resultados de filtración sobrepasaron el 90% de depuración, superando a los métodos actualmente repositorio de Universidad Libre más utilizados a nivel mundial para reducir los niveles de metales pesados presentes en agua, como por ejemplo, el carbón activado siendo en más usado que reduce solo un promedio del 65% afirma (Palacios Redrobán, 2014).

Otra de investigación de las más recientes realizada en el País, fue por una estudiante de la Universidad Técnica de Machala, en donde fue investigada la biosorción de Arsénico realizado por biomasa de corteza de banano en estado de maduración producto del desecho de la empresa ecuatoriana CONFOCO S.A. El objetivo fue evaluar la capacidad de biosorción de la harina cáscara de banano maduro para la eliminación de arsénico y el porcentaje de remoción de dichos metales. Los resultados muestran un máximo porcentaje de bioadsorción de 95,5 % \pm 1,75 de arsénico siendo este un resultado exitoso (Rios, 2014).

JUSTIFICACIÓN

La actualidad en la que nos encontramos el cuidado y el compromiso con el medio ambiente tienen especial énfasis, por tanto las industrias son responsables de los efluentes que generan de sus procesos y deben hacerse responsables, ya que al ser descargadas los residuos líquidos en el medio ambiente éstos transforman en un contaminante potencial en los sistemas naturales de aguas superficiales y subterráneas, causando daños importantes y en algunos casos irreversibles en los ecosistemas.

El agua representa gran importancia en la economía a nivel mundial, porque es de carácter indispensable en diferentes actividades, tales como la agricultura y la industria, que trae con ello como consecuencia una gran demanda, misma que día a día aumenta significativamente y que genera enormes cantidades de agua residual que necesitan ser tratados antes de su disposición final.

Los estudios de investigación referente al agua son bastante amplios y dinámicos para el desarrollo de investigaciones nuevas, las cuales tienen siempre como objetivo combatir de alguna

manera la problemática ambiental que se vive en nuestra actualidad a nivel mundial respecto al recurso agua, como consecuencia de la época de industrialización a la cual nos estamos enfrentando.

La mayoría de actividades industriales y agrícolas conducen a una contaminación química del agua por diversos agentes contaminantes tales como: metales, colorantes, plaguicidas entre otros compuestos que se disponen en menor proporción pero que no dejan de ser una preocupación. En los últimos tiempos se ha detectado en el agua la presencia de nuevas sustancias, que no se encuentran normados en la mayoría de los países latinoamericanos, por lo que es necesario una actualización de las normas actuales.

Es por esto que, la presente investigación se realizó con el fin de evaluar la capacidad de absorción que pueda presentar la corteza de plátano para reducir metabisulfito y amonio presentes en aguas, producto residual de procesos de la producción de camarón relacionadas con la industria camaronera o acuicultura.

Esta investigación se la realiza con la finalidad de poder determinar si con el aprovechamiento sustentable de la corteza de plátano, utilizada como elemento absorbente, podría ayudar a reducir de alguna manera significativa los principales contaminantes (metabisulfito de sodio y amonio) presentes en el agua; producto residual de actividades de producción de camarón, permitiendo mejorar la calidad del agua y a la vez brindar una opción tecnológica, ecológica y sustentable de tratamiento de aguas residuales dentro de la industria, de ésta manera promoviendo el compromiso de contribuir con el Medio Ambiente como futuro ingeniero en biotecnología ambiental.

OBJETIVOS

General

Evaluar la capacidad de adsorción de la corteza de plátano (*Musa paradisiaca*) para la remoción de metabisulfito y amonio presentes en aguas residuales de camaroneras.

Específicos

- Determinar la presencia de metabisulfito y amonio presentes en agua residual de camaroneras mediante un análisis fisicoquímico.
- Seleccionar el tamaño de superficie de contacto de corteza de plátano (*Musa paradisiaca*) como material adsorbente mediante tamices.
- Analizar el porcentaje de adsorción que pueda presentar la corteza de plátano para reducir metabisulfito y amonio presente en agua residual de camaroneras mediante un proceso espectrometría UV.

CAPITULO I

1 MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1.1 Metabisulfito de sodio

El metabisulfito de sodio es una sal que tiene como nombre químico bisulfito de sodio, conocido también como, disulfito de sodio, sal sódica de ácido sulfuroso, y pirosulfito de sodio; es un compuesto inorgánico que pertenece al grupo de los sulfitos y que tiene como fórmula $Na_2S_2O_5$, su estado físico es sólido de apariencia cristalina, se lo encuentra como polvo de coloración blanquecina con ligero olor azufrado.

Es soluble en agua, etanol y glicerina, reacciona con el agua con una solubilidad de 470 g/l a 20 °C formando una solución acida de dióxido de sulfito hasta llegar a sulfatos (SO_4), se descompone en contacto con aire reaccionando lentamente con el oxígeno formando gases de dióxido de azufre Sulfatos, razón por la cual su almacenamiento debe ser en recipientes herméticos, ya que se descompone con la humedad. Se comercializa a bajos precios.

El metabisulfito de sodio se puede obtener a través de la evaporación de una solución de bisulfito de sodio saturado con dióxido de azufre.

1.1.1 Especificación

Tabla 1-1: Especificación técnica del metabisulfito de sodio

Contenido como $Na_2S_2O_5$	97 % min
SO_2	65.5 % min
Metales pesados	20 ppm Max
Hierro	20 ppm Max
Ph	3,5-5
Insolubilidad en agua	0.05% Max

Fuente: Química central de México, 2016

Elaborado por: Zambrano Marcillo Kathryn, 2020.

1.1.2 Aplicaciones industriales

El metabisulfito de sodio es usado mundialmente como conservante en fármaco y alimentos considerado como un químico versátil, se caracteriza por estar disponible en grado técnico y alimenticio usándose con el código E223 asignado por la unión europea, tiene una gran variedad de propiedades químicas que le permite tener diversos propósitos industriales. De tal manera que su uso cubre una gran gama de procesos industriales, tales como:

- En la Industria del papel: como blanqueador de papel actuando directamente en la celulosa.
- En Industria del petróleo: impide la presencia de oxígeno de los oleoductos, por su capacidad de inhibir el oxígeno.
- Elaboración de cerveza, vino y sidra: se usa para el control de bacterias e inhibir el crecimiento de levaduras, también se usa en forma de tabletas para eliminar el oxígeno que puede ser una amenaza para el licor en la transferencia de un contenedor a otro.
- En la minería: para reducir zinc, cianuro, hierro y algunos sulfuros, de la misma manera se usa para hacer precipitar el oro.
- En la industria textil: para blanquear los recortes textiles.
- En la industria de alimentos: se usa como aditivo ya que presenta propiedades antimicrobianas, conservantes y antioxidante.
- En granjas camaroneras: usan soluciones preparadas de metabisulfito para evitar el oscurecimiento o ennegrecimiento del camarón (melanosis) de camarón que influye estéticamente en la comercialización de este.

1.1.3 Afecciones a la salud

El metabisulfito de sodio presenta propiedades altamente irritantes, que al entrar al torrente sanguíneo es un veneno por ser una solución ácida.

Aunque la ingesta de metabisulfito como conservante en alimentos ha hecho admisible su consumo, al ser reducido en el hígado a sulfato, permitiendo la eliminación inocua de este compuesto, la ingesta o exposición a concentraciones más elevada causa daños en el sistema inmunológico humano, irritación al sistema gastrointestinal provocando síntomas como dolores abdominales, náuseas, vómitos, diarrea, depresiones en el sistema circulatorio y trastornos del sistema nervioso. Considerándose como letal una dosis de 10 gramos para un ser humano (Calabriam, 2015).

Exposiciones a corto plazo como inhalación en polvo causa irritaciones en el tracto respiratorio, nariz, mucosa, garganta y pulmones causando una especie de tos o falta de aire, irritación en ojos con posibles daños permanentes, dermatitis en la piel, ocasionando reacciones de sensibilidad.

Exposiciones a largo plazo pueden causar alergias severas muy similares al asma, o alergias asmáticas que se presenta como un ataque asmático, con falta de aire, opresión en el pecho desembocando en una bronquitis.

Aunque la Agencia Internacional de Investigación de Cáncer (IARC por sus siglas en inglés), no lo enlistan como cancerígenos, es un compuesto considerado peligroso a altas concentraciones y que su manipulación y exposición debe ser controlada cuidadosamente. Según la Conferencia Estadounidense de Higienistas Industriales Gubernamentales (ACGIH por sus siglas en inglés) y el Instituto Nacional para la Salud y Seguridad en el Trabajo (NIOSH, 2019) determinan que el límite de exposición recomendado es de 5 mg/m³ promedio durante un turno laboral de 8 y 10 horas, en la actualidad este compuesto está prohibida su comercialización y uso como fitosanitario.

1.1.4 Metabisulfito de sodio en el Ecuador

El Metabisulfito de sodio se usa en diferentes procesos industriales a nivel mundial siendo más usado como aditivo, conservante, antimicrobiano. Sin embargo en Ecuador donde este compuesto tiene más demanda es en granjas camaroneras para controlar la melanosis generada en el camarón a pocas horas de ser cosechado.

Ecuador tiene un poco más de 40 años dedicándose al cultivo de camarón y una amplia experiencia exportando camarón entero a distintos países de Europa, siendo el mercado europeo el más exigente en cuanto a la calidad del producto.

Para ofrecer un producto de alta calidad como lo exige el mercado de exportación especialmente el europeo, este no debe verse alterado la hepatopáncreas del camarón, el cual debe tener un sabor a marisco y no amargo. Estos mercados son muy exigentes en cuanto a la apariencia del camarón y castigan fuertemente el camarón con presencia de “melanosis” (black spot)(Alvarez Herrera, 2000).

La melanosis hace referencia a una coloración negruzca causada enzimáticamente por la polifenol oxidasa (tirosinasa). Dicha enzima reacciona con el contenido celular dando el paso a la formación de pigmentos insolubles. Los mismos que se desarrollan por lo general en un medio alcalino, al oxidarse los compuestos fenolíticos en quinonas comienzan, ocurre inmediatamente después de la muerte del animal, aunque en algunos casos ha tenido lugar en especímenes vivos. La melanosis se presenta en todas las especies de camarones (Llerena Ramírez, 2011).

Y aunque la melanosis ha sido determinada por las normas oficiales de los Estados Unidos como una mancha, y no como una alteración causada por factores bacterianos, es totalmente inocua a la salud, sin embargo no es estéticamente aceptada y causa malestar al consumidor reduciendo su valor comercial y la aceptación del producto.

Durante años los sulfitos han sido usados por la industria pesquera para prevenir la melanosis. Las formas de sulfito más comúnmente utilizadas en alimentos incluyen el gas de dióxido de sulfuro (SO_2 -), sales de sulfito (SO_2 -2), bisulfito (HSO_3 -1) o metabisulfito ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$), entre otros. El utilizado más frecuentemente para tratar camarones es el MBS, porque exhibe buena estabilidad química contra la autooxidación en la fase sólida (Alvarez Herrera, 2000).

La práctica comúnmente utilizada durante la cosecha del camarón, es la adición en las tinas de descarga para retardar el oscurecimiento provocado por la actividad enzimática. Este proceso debe de hacerse antes de que los mecanismos oxidación de la encima den inicio a la aparición de la melanosis. Se han utilizado concentraciones de metabisulfito de 0,7% a 1,25%, para evitar la melanosis hasta 7 días en langostinos almacenados con hielo en refrigeración. Los camarones sometidos a tratamientos de inmersión con 12,5 gramos por kilo de camarón por 2 horas, presentan melanosis en el día 7. En tiempos menores (30 minutos) aparición de melanosis ocurre a los 2 días (Azambuyo Rodríguez, 2018).

El metabisulfito se comercializa a bajos costo en el mercado y totalmente soluble en agua. El MBS origina diversos productos según la acidez del agua. La acción inhibitoria del MBS sobre la enzima polifenol oxidasa es efectiva e irreversible.

1.1.5 Contaminación por Metabisulfito de sodio

Según el ministerio de ambiente (MAE), la elevada tasa de crecimiento que ha experimentado el Ecuador con respecto a cultivo de camarón en la última década, las malas prácticas ambientales (uso excesivos de suministros químicos, sin cálculos adecuados, descargas de aguas residual a cuerpos receptores, construcción de piscinas camaroneras sin diseño técnico) desarrolladas por los acuicultores, y la falta de conocimiento tanto de los acuicultores como de los habitantes aledaños a las camaroneas provocando daños de tipo sanitario y ambiental.

El metabisulfito es liberado al ambiente a través de las descargas de aguas residuales con altas concentraciones de derivados de este compuesto que llegan a cuerpos de aguas receptores, esta acción es realizada por la industria camaroneras. Consecuentemente entran a los ecosistemas acuáticos no solo afectando la salud de quienes hacen uso de estas aguas, sino al ambiente provocando afectaciones tales como: Se descompone en SO_2 , se combina con vapor de agua y produce H_2SO_4 que acidifica el suelo y lo erosiona, también provoca sedimentación excesiva, eutrofización del agua, acidificación de agua, erosión eólica y erosión por impacto, deterioro del hábitat y ecosistema, degradación y disminución de los recursos naturales, alteración de la cadena trófica, modificación y disminución de la producción de cosechas (Plan Integral de Desarrollo Humano, 2016).

1.1.6 Contaminación de aguas

La contaminación del agua hace referencia a la alteración de las condiciones naturales y calidad del agua ya sea por agentes físicos, químicos o biológicos que imposibilitan el consumo o uso destinados a propósitos indispensables para la vida.

Según el plan nacional de desarrollo urbano la principal razón por la cual el metabisulfito llega al ecosistema acuático es porque la actividad productiva camaronera descarga aguas con restos de materia orgánica, jabones, detergentes, tensoactivos e insumos usados en el proceso de cultivo (agua residual), y todo el proceso hasta su comercialización en cuerpos de agua receptores en el ecosistema circundante, lo que ocasiona problemas de saneamiento ambiental.

Uno de los principales insumos utilizados es el metabisulfito de sodio que al cumplir con la función requerida en el proceso de cosecha, queda una considerable cantidad de sobrenadante en

la agua que son desembocados a cuerpos de aguas (ríos, estuarios, mares entre otros) sin tratamiento previo. Tradicionalmente desde los años 50, se ha utilizado mayormente el metabisulfito de sodio a concentraciones que van desde 0,7 % a 1.25% (Azambuyo Rodriguez, 2018).

El metabisulfito de sodio al ser fácilmente soluble en agua reacciona con el oxígeno del mismo para forma sulfito sódico, este sigue reaccionando continuamente hasta forman sulfatos, de esta manera utiliza el oxígeno disuelto presente en el agua para dejar concentraciones altas de sulfato.

Como ya sabemos desde el inicio y creación del planeta el oxígeno es necesario para todas las formas de vida, y es absolutamente esencial para la supervivencia de todos los organismos acuáticos cuando el oxígeno disuelto en el agua empieza a disminuir o verse afectado por algún factor ya sea químico o biológico, la vida de la fauna y flora acuática se ve comprometida al punto de cesar. Cuando los niveles de OD (oxígeno disuelto) en el agua disminuyen de (5.0 mg/l), a (1-2 mg/l), la vida acuática se ve comprometida al ser sometida a un aumento presión que esto provoca, las altas concentraciones provocan un aumento de la demanda química de oxígeno (DQO) en ambientes acuáticos como consecuencia del deceso de algas.

1.1.6.1 Toxicidad ecológica

LC50 (*L. macrochirus*(peces), 96 h): 32 mg/l

EC50 (*D. magna* (plancton), 48 h): 89 mg/l

EC50 (*P. subcapitata*, 72 h): 48,1 mg/l

EC50 (*T. pyriformis*, (protozoos) 17 h): 30,8 mg/l

ETA-CSEO (pez cebra), calc., 14 d): > 1 mg/l

ETA-CSEO (*D. magna*, calc., 14 d): > 1 mg/l

IC50 :(algas 48 horas): 48 mg / l.

1.1.7 Procesos de recuperación de Metabisulfito de Sodio

Hasta la actualidad no se han logrado realizar estudio que permitan recuperar el metabisulfito una de las razones puede ser porque reacciona violentamente con el agua formando derivados de este compuesto y reacciones irreversible que imposibilitan su recuperación.

El mecanismo de “tratamiento” por llamarlo de alguna manera que se aplica para tratar el sobrenadante de este compuesto en agua, es neutralizar con oxido de carbono o más conocido como cal. De acuerdo a las cantidades conocidas de metabisulfito que se usa por tonelada de camarón se agrega al agua ciertas cantidades de cal.

1.1.8 Métodos de determinación de metabisulfito de sodio en agua

La selección del método debe corresponder a un equilibrio entre costos, riesgos y posibilidades técnicas. Los factores a tomar en cuenta para la selección de un método serán de acuerdo a los resultados que se espera obtener, sin embargo, se debe tomar en cuenta los siguientes parámetros de un método:

Entre los métodos más usados comúnmente para determinar sulfitos se tiene método Yodimetrico, Monier-Williams

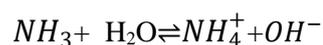
1.2 Amonio

El amonio es un ion poliatómico, tetraédrico, incoloro de carga positiva ósea catiónico, compuesto por cuatro moléculas de hidrogeno y una de nitrógeno NH_4^+ se forma como consecuencia de la protonación de amoniaco NH_3 , presenta comportamiento similar a metales pesados alcalino, con la diferencia que no siempre permanece como tal intacto ya que se disocia, hidroliza u oxida.

Su estructura está conformada por un par de electrones solitario en el átomo de nitrógeno en amoniaco, que se representa como un par de puntos, formando la unión con un protón. A partir

de entonces, los cuatro enlaces NH son equivalentes, siendo los enlaces covalentes polares. El ion es isoeléctrico con el metano y borohidruro.

Es ligeramente ácido, este se da cuando el amoníaco, una base débil, reacciona con ácidos Brönsted (teoría ácido-base). Por tanto, el tratamiento de soluciones concentradas de sales de amonio con base fuerte da amoniaco. Cuando el amoníaco se disuelve en agua, se convierte en iones de amonio («Ion Amonio—EcuRed», s. f.). Obteniendo la siguiente reacción:



El agua actúa como ácido cediendo un protón al amoniaco, que a su vez actúa como base. El agua se convierte en su base conjugada; el ion hidróxido. Mientras que el amoniaco se convierte en su ácido conjugado; el ion amonio (Fernández, 2017).

El grado por el cual el amoníaco forma ion de amonio va a depender del pH de la solución. Si el pH es bajo, el equilibrio se desplaza hacia la derecha: en otras palabras, más moléculas de amoniaco se convierten en iones de amonio. Si el pH es alto, el equilibrio se desplaza hacia la izquierda: ósea el ion hidróxido atrae un protón del ion amonio, obteniendo como resultado generación de amoniaco.

1.2.1 Sales de amonio

Dentro de los cationes de amonio se encuentran una gran variedad de sales, entre ellas carbonato de amonio, nitrato de amonio y cloruro de amonio.

1.2.1.1 Cloruro de amonio

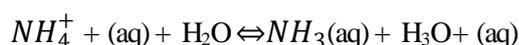
El cloruro de amonio, conocido también como sal amoníaco o cloruro amoníaco, como indica su nombre una sal de amonio, y su fórmula química es NH_4Cl . Esta sal se obtiene a partir de la reacción de ácido clorhídrico y amoníaco.

Se encuentra físicamente en forma de polvo de coloración blanco o incoloro. Es inodoro e higroscópico (tiene afinidad por la humedad ambiental).

Como la mayoría de sales es un electrolito fuerte y, por tanto en disolución acuosa se disocia completamente:



El anión cloruro (Cl⁻) es la base conjugada de un ácido muy fuerte el HCl, por esta razón lo hace una base muy débil que demuestra ser inalterable en la disolución. Mientras que el catión amonio se hidroliza con el agua como consecuencia de la reacción, por ser el ácido conjugado del amoniaco



1.2.2 Afeciones a la salud

Cuando el amonio entra en contacto al cuerpo humano a través de aire, la ingesta o en contacto con la piel, lo que se espera en el mejor de los casos es que este se transforme a sustancia no perjudiciales y sea expulsado a través de la orina, sin embargo el problema se lleva a cabo cuando las cantidades de este compuesto en el ambiente, agua o productos alimenticios supera los límites que el cuerpo pueda soportar.

La ATSDR indica que es una sustancia corrosiva y los efectos principales se evidencia cuando el contacto es directo con la piel, ojos, boca, sistema respiratorio y digestivo, presentando síntomas como tos, irritación y lagrimeo que pueden desembocar en quemaduras y hasta la muerte.

1.2.3 Amonio en el ambiente

El amonio presente en aguas residuales surge después de producirse la reacción de amoniaco con el medio acuoso, tras ser expulsado por medio de excretas de seres vivos, El nitrógeno que se encuentra formando parte del amonio es un nutriente esencial para la vida, sin embargo cuando la deposición rebasa la capacidad de procesamiento de los ecosistemas se convierte en una amenaza ambiental (Abril, 2016).

El amonio se da origen por la excreción directa de los seres vivos, en forma de amoniaco NH_3 , de la misma manera la descomposición se da a través de bacterias de la materia orgánica que contiene nitrógeno bajo condiciones anaeróbicas (en la ausencia de oxígeno) y aeróbicas (en la presencia de oxígeno). Cuando hay un aumento de alimentación, aumenta la acumulación de amonio total (NH_4^+). El amoniaco no ionizado (NH_3) es la forma de amoniaco liberado hacia el medio ambiente con alta toxicidad, el cual se ve afectado por una serie de variables destacándose como principal el pH (Talavera, 1997).

Entre los efectos perjudiciales del amoníaco libre en seres acuáticos podemos destacar los siguientes: Inhibición del crecimiento, Disminución de la fecundidad, Disminución de las defensas frente a las enfermedades, Irritación del sistema nervioso, con espasmos, Destrucción branquial (Skoog, 1994).

En el ecosistema se reduce el oxígeno disuelto de las aguas superficiales, resultando ser tóxico para el ecosistema acuático, presenta ser un riesgo, junto al fósforo (P), son la principal causa del crecimiento desmesurado de organismos fotosintéticos provocando eutrofización.

El amoníaco es un compuesto, gaseoso, nitrogenado, alcalino e incoloro. Es más liviano que el aire y su olor es característico. Es altamente soluble en agua, reaccionando con ella, por lo que se forman dos iones, uno de amonio (NH_4^+) y otro de oxidrilo (OH^-) (Skoog, 1994).

En los ecosistemas el nitrógeno inorgánico, se encuentra bajo la forma principal de nitratos, nitritos, amoníaco y amonio. La suma de ellos es denominada “nitrógeno total inorgánico” o “nitrógeno inorgánico disuelto”. Estos compuestos se transforman a través del ciclo natural del nitrógeno, y la presencia, ausencia o abundancia de sus diferentes formas son afectadas por el pH del agua, concentración de Oxígeno Disuelto (OD) y los organismos que consumen o producen las formas de nitrógeno.

1.2.4 Procesos de control de amonio en camarónicas

Debido a los arduos problemas que provocan las altas concentraciones o acumulación de amonio, se ha buscado la manera para controlar esta problemática, una técnica usada durante la producción de camarón es bajar los niveles de agua y reemplazar con agua limpia 1 volumen desalojado, realizando un recambio de agua.

Otro mecanismo para controlar las concentraciones de Amonio en estanques donde se produce camarón, es la filtración y filtración biológica, esta puede ser una medida efectiva para controlar el amoniaco; frente al recambio del agua que controla sus niveles. Existen tipos de bacterias quimiautótrofas las que colectivamente ejecutan la nitrificación.

1.3 Espectroscopia

Dentro de este estudio se consideran dos tipos, infrarrojo (IR) y ultravioleta (UV), la base de espectrometría UV es la interacción de la luz con la materia, es decir, busca la relación entre la absorción de luz y la concentración del compuesto. El mecanismo se da a través de detección electrónica, esto quiere decir, el salto energético de un electrón de un nivel de energía a otro. De acuerdo a la gran afinidad energética que existe con la espectrometría UV esta se presenta en forma de picos por consecuencia de la vibración y rotación molecular.

1.3.1 Espectroscopia UV

La espectrofotometría UV-VIS es un protocolo de tipo experimental que facilita la determinación e identificación de concentraciones de un compuesto o diversas sustancias, mediante la obtención de la absorbancia.

Para que una sustancia sea visible en es espectrofotómetro debe tener una coloración, y esto va a depender solamente, de que esta sustancia absorbe algunas frecuencias o longitudes de onda del espectro visible y transmite otras más.

El principio básico de la espectrometría, es la absorción de fotones o luz absorbida por una o más sustancias presentes en una muestra, que puede estar en cualquier estado de la materia, que provoca la transferencia de electrones, desde un nivel de energía a otro en la misma muestra. La muestra puede ser una sustancia pura, homogénea o una mezcla compleja. Dicha cantidad de luz absorbida va a depender de la linealidad que presente la concentración, de acuerdo a una longitud de onda, que se encuentra comprendida entre la luz visible y ultravioleta, la cual se selecciona según el compuesto.

La longitud de onda en la cual el fotón incidente, se absorbe, y es seleccionada por la diferencia en los niveles de energía disponibles de la sustancia o sustancias presente en la muestra. Esta es la selectividad de la espectrometría, la capacidad de generar fuentes de fotones (luz) que son absorbidas sólo por algunos componentes en una muestra.

Cuando dos átomos se enlazan formando enlaces químicos, los orbitales atómicos de cada uno de ellos se combinan para formar dos orbitales moleculares, uno de energía mayor, que es el orbital antienlazante y otro de baja energía que es el orbital enlazante. Los enlaces covalentes a los que se dan origen entre los orbitales de dos átomos que se enlazan químicamente, son de dos tipos, enlaces π y enlaces σ que son combinables entre sí.

1.3.1.1 Transmitancia

Hace referencia a la cantidad de luz que pasa por un cuerpo, a una determinada longitud de onda, la luz se dispersa desde la muestra, es decir la relación entre la luz transmitida por la muestra (I) y la luz incidente o energía transmitida sobre ella, las cuales deben ser medida a la misma longitud de onda. El cálculo matemático se lo hace a partir de la siguiente formula:

Ecuación de Transmitancia

$$T = \frac{I}{I_0} \times 100$$

I= Cantidad de luz transmitida por la muestra.

I₀= Cantidad de luz incidente.

1.3.1.2 Absorbancia

Cuando un haz de luz traspasa un cuerpo traslúcido, lo que sucede es que una parte de este haz es absorbida por el cuerpo, y el otro haz de luz, que vendría a ser el sobrante atraviesa el cuerpo. Cuando más sea la cantidad de luz absorbida, mayor será la absorbancia del cuerpo, y a su vez menor será la cantidad de luz transmitida por el cuerpo. El cálculo matemático de la absorbancia a una determinada longitud de onda λ , se define como:

Ecuación de absorbancia

$$A = -\log_{10} \left(\frac{I}{I_0} \right)$$

1.3.1.3 Medición de absorbancia y Transmitancia

La absorbancia y Transmitancia se miden a través de un equipo llamado espectrofotómetro. Surge una interacción en las interfaces entre aire-pared y pared-solución, lo que provoca la existencia de un haz resultante. Esto puede ocurrir por dispersión de grandes moléculas, o por absorción de las paredes del recipiente; Para compensar este fenómeno, se compara el haz de luz transmitido (I) por la solución del analito con el haz transmitido por una celda igual que contiene solamente solvente (I₀) llamado comúnmente blanco.

Ley de Lambert-Beer

La cantidad de radiación electromagnética que se absorbe por un analito se puede relacionar cuantitativamente con la concentración de dichas sustancias en solución. La ley de Beer lo que hace es combinar las dos leyes y correlacionar la absorbancia tanto a las concentraciones de las especies atenuantes, así como el espesor de material de muestra. Que se expresa como la siguiente ecuación:

$$\text{Log} \left(\frac{I}{I_0} \right) = k \cdot b \cdot c$$

Donde:

Log (I₀/I) es la absorbancia (A).

k es la constante de proporcionalidad.

b es la longitud del recorrido del paso óptico a través de la solución.

c es la concentración de la especie absorbente o analito.

1.3.1.4 Absortividad

De la ley de Lambert beer parte que, la absorbancia de un analito es directamente proporcional a la concentración de la especie atenuante en la muestra. De tal manera que la ecuación se expresa:

Ecuación de absortividad

$$A = a.b.c$$

Donde:

a = es la constante de proporcionalidad de absortividad, es un coeficiente característico de la sustancia absorbente para cada longitud de onda. La magnitud de la absortividad dependerá directamente de las unidades que se usarán en b (cm) y c (g/L), $a = L/g \text{ cm}$

Cuando la absorbancia está en función de la constante de proporcionalidad se tiene la siguiente ecuación

$$A = \varepsilon.b.c$$

Donde:

La constante ε recibe el nombre de absortividad molar, cuando dicha concentración se expresa en moles/litro y el camino óptico, representado como b , en centímetros. La absortividad es una propiedad característica de la sustancia absorbente y depende de la longitud de onda. Para aplicar la ley de Beer debe obligatoriamente seleccionarse una longitud de onda, y para lograr ese propósito, se utiliza el espectro de absorción, representado por una gráfica que indica la variación de la absorbancia, o de la absortividad, con la longitud de onda.

1.3.1.5 Curva de calibración

Es la representación gráfica de una propiedad cuantitativa que se mide en función de otra, por lo general es la concentración de un analito. La calibración incluye y tiene como objetivo la selección de parámetros o un modelo que permitan determinar la linealidad de dicha curva. En resumen, un método analítico que tenga la capacidad de obtener resultados que sean directamente

proporcionales a la concentración de un compuesto en una muestra que vendría a ser el analito, dentro de un intervalo determinado de estudio, que podría ser el tiempo.

Esta etapa de calibración analítica consta, de un modelo, el cual consiste hallar la recta de calibrado (una expresión matemática) que mejor se ajuste a una serie de “n” puntos experimentales, donde cada uno de los puntos se encuentran determinados por una variable “x” (variable independiente, que por lo general es la concentración del analito de investigación) y una variable “y” (variable dependiente, que es la respuesta que se espera encontrar). La recta de calibrado se encuentra definida por una ordenada al origen (b) y una pendiente (m). Mediante la siguiente ecuación,

Ecuación de la recta

$$y = mx + b$$

Donde:

y= propiedad a estudiar (absorbancia)

m=pendiente de la curva

x= concentración de la muestra (lo que se desea hallar)

b= parámetro de ajuste de la curva o intercepto de “y”

El coeficiente de determinación (R^2) es el dato que permite calcular y justificar la linealidad de la recta, mismo que debe ser mayor a 0,995 ($R^2 > 0,995$).

Posterior de realizar la medición la muestra, se obtiene una respuesta instrumental, que se interpola en la recta de calibración, dando como resultado la concentración del analito de investigación.

Para el estudio a nivel de absorbancia se usa un espectrofotómetro para medir la cantidad de luz que absorbe la muestra espectral, al hacer pasar a través de ella un haz de luz, lo que hace referencia a la absorbancia de la muestra.

1.3.1.6 Limitaciones de la ley de Lambert Beer

La ley cumple con el proceso de absorción si, y solo si las soluciones a trabajar están diluidas en el orden 10^{-2} M (0,01 M), a concentraciones por encima de este valor la distancia entre partículas absorbentes es diminuta que se crea una alteración en la distribución de cargas de las concentraciones, en otras palabras, sucede una alteración en la capacidad de absorción a una longitud de onda determinada. Lo que se puede evitar realizando diluciones.

Otra de las limitaciones surge cuando el analito tiende a disociarse, para luego asociarse o reaccionar con el solvente que como resultado se obtiene otro producto, y por consecuencia un espectro de absorción diferente a la del analito.

Y por último el proceso de absorción se puede ver afectado por desviaciones instrumentales, tales como: Radiación extraña que alcanza al detector, cambios en la sensibilidad del detector, Fluctuaciones en el poder de la fuente de radiación y en el sistema de amplificación del detector, las mismas que se producen en el monocromador del espectrofotómetro, y que se observa una adhesión estricta a la Ley de Beer solo cuando la radiación es monocromática verdadera; y cuando no lo es, esta observación es información del carácter limitante de la ley.

1.3.2 Error fotométrico

Como resultado de lo mencionado anteriormente la precisión de valores finales en la lectura de absorbancia y Transmitancia, se ve limitada por altos y bajos valores de ésta. Otra manera de interpretar el hecho de que, a bajos y altos valores de absorbancia o Transmitancia, el grado de incertidumbre sea grande es considerando debe que a bajas absorbancias la intensidad del haz incidente y transmitido es prácticamente igual y automáticamente el detector incurre en un error enorme al percibir la intensidad de dos haces muy parecidos. A altos valores de absorbancia la energía transmitida es muy pequeña que prácticamente imposibilita medirla con precisión. La Mayor precisión es obtenida cuando se encuentra en un rango de 15 % de Transmitancia ($A=0.8$) a 65% de la misma ($A=0.20$), por tanto si se desea resultados de alta precisión, es recomendable diluir o concentrar la muestra hasta que su absorbancia o Transmitancia esté dentro de dicho rango (Skoog, Holler, & Crouch, 1994).

1.3.2.1 Equipos espectrofotométricos

Existen comercialmente tres tipos de equipos:

1. Equipos de que se utilizan generalmente para análisis cualitativos, se los conoce como espectrofotómetros dispersos.
2. Este segundo equipo, instrumentos multiplex. sirve para determinar análisis cualitativos y cuantitativos a través de infrarrojo, maneja el principio básico de la ley de Fourier.
3. Equipos espectrofotométricos no dispersos, sirve para determinar cuantitativamente especies orgánicas en la atmosfera mediante espectrometría de absorción, emisión y reflectancia.

1.4 Agua residual

Agua de características y composición variada consecuentemente del origen de donde proviene, puede ser municipal, industrial, agrícola, pecuario, comercial, doméstica o cualquier otro proceso por el que haya pasado y que por tal motivo ha alterado su condición y calidad original, y que como efecto resulta agua contaminada y no acta para consumo humano o utilización en procesos económicos de extracción y producción(Espigares García).

Otro concepto puede ser que; son aquellas que por uso del hombre, se convierten en un peligro y deben obligatoriamente ser desechadas, si su destino final es el medio ambiente, por esta razón debe haber pasado por un previo tratamiento, ya que contienen gran cantidad de sustancias y/o microorganismos(Espigares García). Según su origen se distribuyen en:

- Aguas residuales domésticas o aguas negras Son aquellas generadas por acción del metabolismo humano, en baños utilizados por personal administrativo, supervisores, obreros y demás trabajadores de la fábrica. También ocasionadas por actividades en la cocina, comedor y limpieza en general. Suelen contener una gran cantidad de materia orgánica y microorganismos, así como restos de jabones, detergentes, lejía y grasa que son descargados a las redes de alcantarillado público, constituidas en forma disuelta o en suspensión (Nieto Paredes & Díaz Campuzano, 2017).

- Aguas blancas: son las que proceden de la atmosfera (lluvia, nieve o hielo) o del riego y limpieza de calles, parques y lugares públicos. (Espigares García).
- Aguas residuales industriales: son las que proceden de los procesamientos realizados en fábricas y establecimientos industriales las cuales son contenido son: aceites, detergentes, antibióticos, ácidos y grasas y otros productos y subproductos de origen mineral, químico, vegetal o animal. Su composición es muy variable, dependiendo del origen de diferentes actividades industriales(Espigares García).
- Aguas residuales agrícolas: como su nombre lo dice, son aquellas que proceden de labores agrícolas en zonas rurales. (Espigares García).

1.4.1 Tratamientos actuales de aguas residuales

El número de métodos para la remoción de contaminantes que se halla en la literatura es muy extenso, pero la selección del mecanismo correcto dependerá de las propiedades físicas, químicas, biológicas y eléctricas que presente el contaminante a remover y el solvente en el cual este se encuentre. Entre los mecanismos más comunes, se tiene los siguientes:

1.4.1.1 Intercambio iónico

Método de remoción mediante el cual iones no deseados que se encuentran disueltos en solución acuosa son reemplazados por otros iones de carga similar. Este mecanismo se da lugar a través de la utilización de solventes orgánicos específicos.

1.4.1.2 Filtración por membrana

Corresponde a un método físico de remoción, que consiste en la limpieza, concentración y separación de contaminantes de forma continua. Es útil principalmente para concentraciones bajas

y tiene la desventaja de tener posible obstrucción de la membrana, lo que necesariamente implica un reemplazo de la misma (Pinto , 2014).

1.4.1.3 Ozonización

Proceso que es capaz de degradar compuestos orgánicos como hidrocarburos clorados, fenoles, pesticidas mediante el uso de ozono como agente oxidante (Pinto , 2014).

1.4.1.4 Bioadsorción

Este término hace referencia a un fenómeno de captación pasiva, de sustancias contaminantes, donde se involucra el uso de ciertos tipos de biomasa o materiales de origen biológico, ya sea viva o muerta (proveniente de algas, hongos y residuos agroindustrial) a través de diferentes mecanismos físicos como adsorción, intercambio iónico o procesos metabólicos, que permite captar moléculas o iones de otras sustancias, acumulándolas sobre su superficie, por lo que puede ser un método preciso y selectivo, que por lo general requiere de poco tiempo para el tratamiento (Melendez, 2016).

1.5 Adsorción

La adsorción es un fenómeno superficial que consiste en la fijación de moléculas o especies desde una fase gaseosa o líquida sobre una superficie interfacial. Cuando una solución que contiene algún soluto, que puede ser orgánico o inorgánico, entra en contacto con un sólido de estructura superficial porosa, las fuerzas intermoleculares de atracción causan que algunas de las moléculas de soluto se depositen en la superficie sólida. El soluto retenido en el proceso de adsorción se denomina adsorbato, que mientras que el sólido sobre el que se deposita se denomina adsorbente (Pinto , 2014).

Entre las características principales de la adsorción tenemos:

- La adsorción es altamente selectiva. La cantidad adsorbida depende en gran medida de la naturaleza, del tratamiento previo al que se halla sometido a la superficie del adsorbente y de la naturaleza de la sustancia adsorbida.
- Es un proceso rápido cuya velocidad aumenta cuando aumenta la temperatura, pero disminuye cuando aumenta la cantidad adsorbida.
- Dado que los procesos de adsorción son generalmente exotérmicos, al aumentar la temperatura disminuye la cantidad adsorbida.

1.5.1 Tipos o Mecanismos de adsorción

Dependiendo de las fuerzas de interacción entre el adsorbente y adsorbato, se presentan dos tipos de adsorción:

1.5.1.1 Adsorción física o fisisorción

Cuando las fuerzas son debido a las fuerzas de Van del Waals como las interacciones tipo dipolo-dipolo, dipolo-dipolo inducido o fuerzas de dispersión, se usa el término de adsorción física o fisisorción, en este tipo de adsorción, la molécula adsorbida no está fija en un lugar específico de la superficie, sino está libre de trasladarse en la interface (Garcés Jaraba & Coavas Romero , 2012).

1.5.1.2 Adsorción química o quimisorción

Cuando las fuerzas son enlaces covalentes se aplica el término de adsorción química, en este el adsorbato forma enlaces fuertes en los centros activos del adsorbente, se asemeja a una reacción química y requiere una transferencia de electrones entre adsorbente y adsorbato (Garcés Jaraba & Coavas Romero , 2012).

1.5.2 Equilibrio de adsorción

La isoterma de adsorción es una relación analítica que correlaciona la cantidad de un determinado componente adsorbido en una interface con la concentración de este componente en el seno de la fase (Garcés Jaraba & Coavas Romero , 2012).

1.5.2.1 Isotermas de adsorción

La capacidad de absorción de un sólido está definida por en las isotermas de adsorción e dilución. La isoterma de absorción es la relación de dependencia, a una temperatura constante, de la cantidad de adsorbato adsorbido por peso unitario de adsorbente con respecto a concentración de adsorbato en equilibrio (Granados). Existen varias ecuaciones que describen el equilibrio y las más comúnmente usadas de éstas son las de Langmuir y Freundlich.

1.5.2.2 Isotherma de adsorción de Langmuir

Denota de manera cuantitativa el asentamiento de una capa de moléculas sobre una superficie de un material adsorbente, como una función de la concentración del material adsorbido en la solución que se encuentra en contacto.

Ecuación de isoterma de adsorción de Langmuir

$$q_e = \frac{Q_{max} b C_e}{1 + b.C_e}$$

Donde:

q_e = cantidad de material sorbido por cantidad de adsorbente.

Q_{max} = capacidad máxima de sorción en equilibrio

b = constate de Langmuir

C_e = concentración en equilibrio del soluto o concentración restante del contaminante en la solución.

La Ecuación descrita se denota como isoterma de Langmuir y es la más aceptada por muchos datos experimentales empleados en investigaciones de diferentes sistemas, ya que se no es empírica, deduce que la adsorción máxima que alcanza un bioadsorbente, lo hace por medio de la formación de una monocapa que se satura de moléculas de adsorbato situadas en locaciones bien definidos en la superficie de adsorbente, el cual ya no da lugar para ubicar a otra molécula (Garcés Jaraba & Coavas Romero , 2012).

1.5.3 Parámetros o factores que influyen de bioadsorción

Los parámetros o factores que influyen en el proceso de adsorción en fase líquida de un determinado adsorbato sobre la superficie de un sólido adsorbente son muy diversos, entre los principales se tienen los siguientes:

1.5.3.1 pH

El pH en la solución acuosa es el factor que presenta tener más importante y es clave, tanto como en la adsorción de cationes, así como de aniones, siendo el efecto diferente en ambos casos. Así, que mientras en la adsorción de cationes se da para valores de pH mayores a 4,5, la adsorción de aniones simpatiza un valor bajo de pH, entre 1,5 y 4 (Valladares, 2016).

Existen tres maneras de influencia del pH en la adsorción: la primera es el estado químico del sitio activo (aquel sitio de interacción entre el catión o anión y la superficie polar o cargada del adsorbente, en este caso los microporos de la corteza) podría verse afectada con el valor del pH. Cuando el grupo de unión de sorbato es débilmente ácido o básico, la disponibilidad del sitio libre depende del pH. Como segundo punto, valores extremos de pH, los valores de pH extremos pueden dañar la estructura de la materia y finalmente, la especiación (formación de nuevas especies) del sorbato en solución depende del pH, ya que las sales en soluciones acuosas se encuentran como iones hidrolizados a pH bajos.

1.5.3.2 Tiempo de contacto, tiempo de equilibrio

En los estudios de bioadsorción es de suma importancia conocer el tiempo de equilibrio entre el sorbato y el material. Este tiempo, es el tiempo necesario para que se complete el proceso de adsorción, es crucial para desarrollar los demás estudios y optimizar el proceso cinético e isotérmico, además del interés que tiene en sí mismo el conocimiento de la cinética del proceso de eliminación (Bobade & Eshtiagi, 2015). El tiempo de reacción también puede depender de otras condiciones experimentales, como la concentración del contaminante o la dosis del adsorbente. Habitualmente, los procesos de adsorción metal o compuesto orgánico/biomasa tienen tiempos cortos, llegándose al equilibrio en unas pocas horas e incluso minutos.

1.5.3.3 Cantidad o dosis del adsorbente o bioadsorbente

La relación g/L, ósea masa o cantidad de sorbente en un determinado volúmenes realmente factor que limita el proceso en el caso, puesto a que mayor cantidad de adsorbente, obtiene un mayor resultado en cuanto a este proceso de adsorción.

1.5.3.4 Tipo del material

Esto se ve influencia directamente con la reactividad y composición química de la superficie del bioadsorbente, este factor determina los mecanismos de retención de los adsorbatos y en gran medida condiciona, su capacidad de remoción. En ocasiones se utilizan técnicas de inmovilización para formar materiales que no podrían utilizarse en su estado natural por presentar un tamaño de partícula muy pequeño o una no favorable resistencia.

1.5.3.5 *Tamaño de partícula*

Este factor es una de los más importantes u determinantes, ya que el tamaño de partícula del bioadsorbente, interviene tanto en la capacidad de adsorción como a la velocidad de la reacción. Depende de la existencia de una mayor cantidad de centros activos disponibles para la reacción y la mayor facilidad con que el adsorbato puede acceder a ellos, y consecuentemente se genera una menor limitación a la difusión en el interior de los poros, e inmediatamente ocurre que aumenta la capacidad de retención de la superficie, al disminuir del tamaño de partícula.

1.5.4 *Materiales biosorbentes: corteza de plátano (Musa paradisiaca).*

La capacidad adsorbente que pueden presentar los materiales residuales con composición lignocelulósica para remover contaminantes, es importante para el desarrollo de nuevas tecnologías para el tratamiento de aguas residuales.

Los bioadsorbentes son materiales de origen natural y que se encuentran disponibles en cantidades considerables en el ambiente, o como ciertos productos residuales de operaciones industriales o agrícolas, que pueden ser reutilizados con la finalidad de remover de contaminantes, debido a su bajo costo.

Las paredes celulares de los materiales bioadsorbentes contienen polisacáridos, proteínas y lípidos, y, por tanto, numerosos grupos funcionales capaces de enlazar diversos agentes en la superficie de estos. Entre los grupos funcionales presentes se pueden mencionar los grupos amino, carboxílico, hidroxílico, fosfato y tiol que difieren en su afinidad y especificidad respecto a la susceptibilidad para unirse a los diferentes iones metálicos.

Cuya procedencia es ya sea de la flora microbiana, algas, plantas, biomasas residuales, productos agroindustriales o algunos biopolímeros, son aquellos deben tener la capacidad de adsorber directamente el contaminante de forma iónica de la solución. Dichos biomateriales son sometidos a tratamientos fisicoquímicos de bajo costo y sencillos; con la finalidad de mejorar su capacidad de adsorción en los procesos de aplicación como remoción de contaminantes o recuperación de especies metálicas en solución (Tejada Tovar , Villabona Ortiz, & Garcés Jaraba, 2015).

La calidad de bioadsorbente está estrechamente ligado de la cantidad de sorbato que pueda retener o atraer de una solución. Es por esta razón que la ciencia ha se ha enfocado en buscar nuevos materiales adsorbentes de bajo costo y que presente un gran potencial de adsorción. A continuación, se presenta una tabla en donde se resumen los principales materiales adsorbentes.

Tabla 2-1: Materiales adsorbentes, usados para fines de adsorción.

Tipo de adsorbente	Bioadsorbente
Organismos vivos	<i>Penicillium</i> <i>Aspergillus Rizopus.</i> <i>Paecilomyces</i>
Biomاسas	Cebada Cascara de tamarindo Cascara de manzana Cascara de naranja Cascara de plátano
Biopolímeros	Bentonita Quitosano
Carbones activados	Carbón activado a partir de <i>Escherichia coli</i> y carbón activado a partir de <i>Arthrobacter viscosus.</i> Carbón activado a partir de cáscara de naranja. Carbón activado a partir de cáscara de coco.
Modificaciones químicas	Biomasa reticulada con glutaraldehído. Biomasa reticulada con cloruro de calcio. Biomasa modificada con ácido cítrico.
Otros adsorbentes	Arena Zeolita Cenizas volantes

Elaborado por: Zambrano Marcillo Kathryn, 2020.

1.5.4.1 Biomasa lignocelulósica

Biomasa hace referencia a un conjunto de materia orgánica renovable, que puede ser de origen vegetal o animal; a continuación, se muestran los tres grupos de biomasa según su origen:

Biomasa Natural: aquella que se origina en el ambiente de manera natural, sin intervención humana, como, bosques, árboles, matorrales, etc.

Biomasa procedente de cultivos energéticos: Son campos de monocultivo que tiene como finalidad de su aprovechamiento energético.

Biomasa residual: Es aquella que se genera como consecuencia de la actividad humana, abarcando a los residuos agrícolas, forestales, los procedentes de industrias ya sean agrícolas o forestales y biodegradables. La biomasa es parte de la plataforma química que se dedica a la fabricación de biocombustibles, productos químicos y tratamientos de aguas residuales. Con mayor énfasis los residuos lignocelulósicos (por ejemplo: corteza, paja, tallos, bagazo entre otros) son particularmente los más adecuados, ya que al tratarse de un residuo no compiten con la alimentación animal y la industria alimentaria.

1.5.4.2 Características y propiedades de un material sorbente.

Las entre las propiedades que debe tener un sorbente se destacan, fácil manipulación, bajos costos, alta repelencia al agua, alta capacidad de retención, debe poseer poros y se permeable, siendo estos dos últimos de mucha importancia.

Porosidad

Hace referencia a la medida de la capacidad de almacenamiento de fluidos en la superficie que posee un material en específico, y es la fracción del volumen total del material que corresponde a espacios que pueden almacenar fluidos, representado por la siguiente ecuación.

Ecuación: Porosidad

$$\emptyset = \frac{\rho_r}{\rho_{ap}}$$

Donde:

\emptyset : porosidad

ρ_r : densidad real,

ρ_{ap} : densidad aparente.

Permeabilidad

Hace referencia a la capacidad que presenta un material específico para permitir el ingreso de fluidos a través de sus poros que deben estar interconectados. En caso de que los poros no se encuentren interconectados, no da lugar a la permeabilidad.

1.5.5 Ventajas y desventajas de la utilización de biomasas.

Tabla 3-1: Ventajas y desventajas de la utilización de biomasas.

Ventajas	Desventajas
Biomasa inerte	
No necesita nutrientes	Rápida saturación
Procesos no gobernados por limitaciones metabólicas	El secuestro por adsorción es sensible al pH
La selección de la técnica de inmovilización no está gobernada por limitaciones de toxicidad	El estado de valencia del elemento o compuesto no puede ser alterado biológicamente
Los metales pueden ser liberados fácilmente y recuperados	Las especies organometálicos no son susceptibles de degradación
Procesos rápidos y eficientes en la retirada la biomasa se comporta como un intercambiador de iones.	La mejora de estos procesos biológicos es limitada ya que las células no efectúan un metabolismo; la producción de agentes adsorbentes ocurre durante la etapa de crecimiento
Biomasa viva	
Las células pueden llegar a saturarse, el sistema se autorestablece debido al crecimiento	Se necesitan nutrientes para el crecimiento
Los metales se depositan en un estado químico alterado	Es necesario alimentar los flujos bajo condiciones fisiológicamente permisibles
Forma económica de lograr cambios en estado de valencia o degradar compuestos organometálicos.	Sólo se pueden tratar los metales a bajas concentraciones. Los productos metabólicos pueden formar complejos con los metales, impidiendo la precipitación.
Se pueden mejorar las cepas por medio del aislamiento de mutantes o la manipulación genética, debido a que esta es una propiedad microbiana más que un producto bajo explotación.	La recuperación de los metales por desorción es limitada, debido a que pueden formar uniones intracelulares.
Se pueden emplear dos o más organismos de manera sinérgica	El modelado de un sistema no definido representa grandes dificultades matemáticas La deposición de los productos metabólicos y los nutrientes no consumidos.

Elaborado por: Zambrano Marcillo Kathryn, 2020.

1.6 Corteza (cáscara) de plátano (*Musa paradisiaca*).

1.6.1 Generalidades

El plátano es el tercer fruto más utilizado en el mundo, Actualmente se reportan en el país un total de 144981 ha de plátano, de las cuales 86712 ha están bajo el sistema de monocultivo y 58269 ha se encuentran asociadas con otros cultivos (INEC, 2011). La mayor zona de producción de esta musácea es la conocida como el triángulo platanero, la cual abarca las provincias de Manabí, Santo Domingo y los Ríos con 52612, 14249 y 13376 ha, respectivamente según el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias y pesquera (INIAP).

Además de todas las propiedades nutritivas y medicinales que presenta el plátano, a través del tiempo se ha descubierto que puede resultar útil para diversas actividades, como son la alimentación animal, fabricación de plásticos, tratamiento de agua, entre otros, esto se debe a la composición química que posee la cáscara.

El nombre de plátano, banano, cambur o guineo agrupa un gran número de plantas herbáceas del género *Musa*, tantos híbridos obtenidos horticulturalmente a partir de las especies silvestres del género *Musa acuminada*, *Musa balbisiana*, *Musa sapientum* (Ríos Elizalde, 2014).

El banano se postula como el cuarto cultivo de frutas más importante del mundo. El fruto demora entre 80 y 180 días en desarrollarse por completamente. En total se produce alrededor de unos 300 a 400 frutos por espiga, pesando más de 50 kg.

La corteza del fruto es rica en taninos, y se usa en el tratamiento del cuero. Carbonizada se usa como tintura oscura, o por su alto contenido en potasio en la producción de detergentes. Los efectos medicinales documentados son varios. Las flores se utilizan en emplastos para las úlceras cutáneas, y en decocción para la disentería y la bronquitis; cocidas se usan como alimento nutritivo para diabéticos.

Se ha demostrado que la ceniza obtenida de quemar las cáscaras y hojas también es antidisentérica. La pulpa y las cáscaras de los plátanos maduros contienen principios activos altamente efectivos contra microbacterias y hongos; es aplicada para tratar micosis común en la planta de tomate *Solanum lycopersicum*. El fruto es rico en que regula la secreción gástrica y estimula la acción intestinal, de efecto vasoconstrictor, y serotonina. Además, también contiene fenoles, tanino, aminos, nucleótidos y ácidos orgánicos.

1.6.2 Composición química de la corteza de plátano

La corteza de plátano es un compuesto lignocelulósico (formado de lignina, celulosa, hemicelulosa), y representa el alrededor 40 % del peso total de la fruta. Estudios han revelado que la corteza de plátano transforma alrededor el 90 % de su almidón a azúcares 12 días después de cosecha aproximadamente, ha sido encontrado hasta un 14,6 de azúcares en base seca. El contenido de fibra en la cáscara es de 13% en base seca.

Tabla 4-1: Composición química de la corteza de plátano

Componentes	Corteza de plátano (% en base seca)
Almidón	39,9
Celulosa	13,2
Hemicelulosa	15,0
Lignina	14,0
Humedad	89,1
Magnesio	0,16
calcio	0,36
Fosforo	0,23
Carbono	41,6
Hidrogeno	6,0
Oxigeno	43,0
Cenizas	11,37

Fuente:(García Barrera, 2016)

Elaborado por: Zambrano Marcillo Kathryn, 2020.

1.6.2.1 Celulosa

La celulosa es el constituyente más importante de las fibras vegetales, es un polímero que se presenta como, cadenas largas sin ramificaciones de β - D-Glucosa y se distingue del almidón por tener grupos -CH₂OH alternando por arriba y por debajo del plano de la molécula. La carencia de cadenas laterales permite a estas moléculas acercarse unas a otras para formar estructuras rígidas (Ríos Elizalde, 2014).

1.6.2.2 Hemicelulosa

La hemicelulosa son polisacáridos que, excluyendo la celulosa, constituyen las paredes celulares de las plantas y se pueden extraer con soluciones alcalinas diluidas. Las hemicelulosas forman aproximadamente una tercera parte de los carbohidratos en las partes maderosas de las plantas. La estructura química de la hemicelulosa consiste de cadenas largas con una gran variedad de pentosas, hexosas, y sus correspondientes ácidos úronicos (Ríos Elizalde, 2014).

1.6.2.3 Pectina

Las pectinas son una mezcla de polímeros ácidos y neutros muy ramificados. Constituyen el 30 % del peso seco de la pared celular primaria de células vegetales. Determinan la porosidad de la pared, y por tanto el grado de disponibilidad de los sustratos de las enzimas implicadas en las modificaciones de la misma. Las pectinas también proporcionan superficies cargadas que regulan el pH y el balance iónico.

1.7 Aprovechamiento de la corteza de plátano

Se han realizado varios trabajos de investigación y adaptación de tecnologías para la utilización de los residuos de planta de banano como es la producción de pre-humus utilizando

microorganismos y abono orgánico conocido como Bokashi, fermentado los residuos con microorganismos eficaces, tecnología desarrollado por el doctor Teruo Higa, profesor de agricultura de la Universidad de Ryukyus en Japón (Abril González , 2016).

1.7.1 Pre- humus

Es la sustancia constituida por ciertos productos de naturaleza orgánicos, que surgen como resultado de la descomposición de los restos orgánicos de origen vegetal bajo la acción de organismo o microorganismos descomponedores. Este producto que tiene como objetivo proveer al suelo nutriente necesarios que le otorga la característica fértil que este debe poseer.

1.7.2 Composición química más relevante del pre-humus

El porcentaje de humedad se debe contemplar entre el 40 y 45 %, contenido de nitrógeno entre 1.5 y 2%, pH entre 6.8 y 7.2, azufre 0,1 por cada 100g de materia seca, fósforo 35g/l, amonio 3 g/l, entre otros.

CAPITULO II

2 MARCO METODOLÓGICO

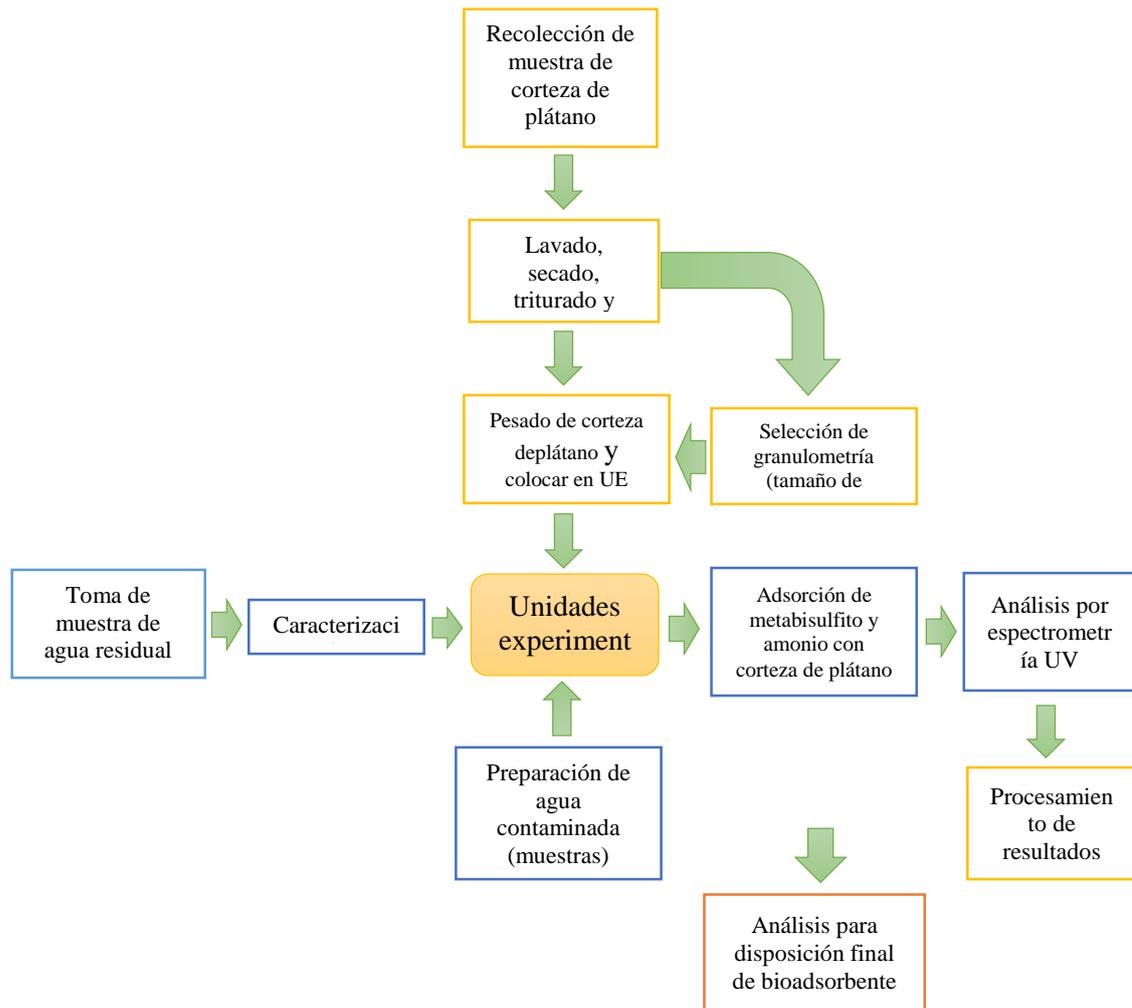


Gráfico 1-2. Metodología a aplicar

Elaborado por: Zambrano Marcillo Kathryn, 2020.

2.1 Tipo y Diseño de Investigación

En el presente trabajo se ha realizado una investigación de tipo descriptiva, exploratoria y explicativa, ya que busca evaluar la capacidad de adsorción y de misma manera evidenciar la influencia de tamaño de partícula en la capacidad de adsorción de la corteza de plátano, cantidad de absorbente aplicado.

La investigación es de tipo experimental, en donde se llevó a cabo el análisis de unidades experimentales aplicando la normativa ASTM-D, a través de espectrometría UV para determinar la concentración de metabisulfito y Amonio después de haber usado tres tipos de tratamiento y dos diferentes tamaños de partícula de corteza de plátano.

2.2 Población de estudio

Corteza de plátano *Musa Paradisiaca*, recolectada de diferentes fuentes de residuos sólidos situados en el cantón El Carmen de la provincia de Manabí.

2.2.1 Tamaño de la muestra

Se trabajó con tres muestras a diferentes concentraciones de metabisulfito y amonio (según datos analizados), con tres tratamientos de corteza de plátano, a cantidades de 5, 10 y 20 gramos correspondientemente, con 2 tamaños de partícula 850 μ m y 40 mm respectivamente, sometidas a dos tiempos de exposición de 30 minutos y 24 horas, para cada prueba se realizó 3 repeticiones con sus respectivos blancos. De lo cual se obtuvo 72 unidades experimentales y 24 blancos. Como se detalla a continuación.

Tabla 1-2: Codificación de unidades experimentales para concentraciones de Amonio

Tamaño de partícula	Tiempo de exposición	Concentración mg/l	R1	R2	R3	Blanco
40 mm	30 minutos	0,5	C1T1P1	C1T1P1	C1T1P1	B1
		1	C2T1P1	C2T1P1	C3T1P1	B2
		1,5	C3T1P1	C3T1P1	C3T1P1	B3

	24 horas	0,5	C1T2P1	C1T2P1	C1T2P1	B4
		1	C2T2P1	C2T2P1	C3T2P1	B5
		1,5	C3T2P1	C3T1P1	C3T2P1	B6
850 um	30 minutos	0,5	C1T1P2	C1T1P2	C1T1P2	B7
		1	C2T1P2	C2T1P2	C3T1P2	B8
		1,5	C3T1P2	C3T1P2	C3T1P2	B9
	24 horas	0,5	C1T2P2	C1T2P2	C1T2P2	B10
		1	C2T2P2	C2T2P2	C3T2P2	B11
		1,5	C3T2P2	C3T1P2	C3T2P2	B12

Elaborado por: Zambrano Marcillo Kathryn, 2020.

Tabla 2-2: Codificación de unidades experimentales para concentraciones de metabisulfito

Tamaño de partícula	Tiempo de exposición	Concentración (g/l)	R1	R2	R3	Blanco
40 mm	30 minutos	1	C1T1P1	C1T1P1	C1T1P1	B1
		1,5	C2T1P1	C2T1P1	C3T1P1	B2
		2	C3T1P1	C3T1P1	C3T1P1	B3
	24 horas	1	C1T2P1	C1T2P1	C1T2P1	B4
		1,5	C2T2P1	C2T2P1	C3T2P1	B5
		2	C3T2P1	C3T1P1	C3T2P1	B6
850 um	30 minutos	1	C1T1P2	C1T1P2	C1T1P2	B7
		1,5	C2T1P2	C2T1P2	C3T1P2	B8
		2	C3T1P2	C3T1P2	C3T1P2	B9
	24 horas	0,5	C1T2P2	C1T2P2	C1T2P2	B10
		1	C2T2P2	C2T2P2	C3T2P2	B11
		1,5	C3T2P2	C3T1P2	C3T2P2	B12

Elaborado por: Zambrano Marcillo Kathryn, 2020.

2.2.2 Selección de la muestra

Para seleccionar la muestra se escogieron la mejores cascara de plátano, procurando que sea lo más pronto posible después de ser desechada antes del pardeamiento, libre de químicos y patógenos, en buen estado físico, evitando aquellas que presentaban aspecto putrefacto con el fin de evitar contaminar las muestras de investigación.

2.3 Técnicas de recolección de datos

2.3.1 Muestreo de Agua residual

El agua residual fue muestreada en dos camaroneras diferentes por tres ocasiones en diferentes tiempos, situadas en el cantón Pedernales, provincia de Manabí, Ecuador. Las aguas recolectadas fueron posterior al ciclo de cosecha, donde normalmente se preparan 200 litros aproximadamente de agua con 25kg de metabisulfito de sodio por tonelada de camarón cosechado, luego de que el agua cumpla su función y posterior al proceso de control de melanosis, se tomó una muestra de agua por cada estanque, en total 6 muestras de un 1 litro cada una, se mezclaron entre sí obteniendo una muestra compuesta de la cual se extrajeron 2 litros, se colocan en un cooler y se trasladan a laboratorio manteniendo la cadena de custodia para su posterior caracterización.

2.3.2 Muestreo de Corteza de *musa paradisiaca*

La corteza o cáscara de plátano fue recolectada en las peladoras de plátano en el cantón “El Carmen” provincia de Manabí, Ecuador. Fue recolectado 13,3 kg de corteza de banano maduro, que fueron lavadas previamente, expuestas por 24 horas al sol, colocadas en fundas ziploc para ser trasladadas a los laboratorios de la ESPOCH ubicada la ciudad de Riobamba donde de expusieron en la estufa de secado.

2.4 Preparación y adecuación de las muestras

2.4.1 Agua residual

Las muestras de agua residual de camaroneras, una vez que llegaron al laboratorio fueron diluidas previamente, para bajar excedentes de salinidad y llevar a cabo la correcta medición de ciertos parámetros; tales como conductividad, amonio, DQO, salinidad.

Posterior a conocer las concentraciones de los contaminantes en agua residual de camaroneras en tiempo real, las muestras de aguas que se utilizaron en esta investigación fueron contaminadas intencionalmente, y ajustadas a los parámetros similares al agua residual de camaroneras caracterizada.

2.4.2 *Corteza de plátano*

Las cortezas de plátano muestreadas se lavaron con abundante agua destilada, posterior a eso se compacto para eliminar el excedente de agua. Seguido se sometió por triplicado a muestras pequeñas de 5 g de corteza a 60 y 80 °C para la determinación correcta de la temperatura óptica de secado.

Determinada la temperatura óptima, se colocó la muestra completa a secar por tiempo necesario hasta llegar a un peso constante. Procurando tener una humedad aproximada de 10 %. Como resultado se obtuvieron 1,724 kgde muestra destinadas a una posterior trituración o molido en un triturador mecánico, para luego ser tamizada en partículas de 40 mm y 850 um homogéneamente.

2.5 Caracterización de aguas residuales

Para esta investigación se analizaron los parámetros más relevantes y a fines a la mismas, para lo cual se procedió a determinar los siguientes parámetros: temperatura, salinidad, turbiedad, potencial de hidrogeno, sólidos suspendidos, alcalinidad, conductividad, sólidos sedimentables, DQO, Amonios, y bisulfitos (siendo estos dos últimos de mayor interés para esta investigación) realizándose tres caracterizaciones.

2.5.1 *Temperatura:*

Para determinarla temperatura en las muestras de agua, se utilizó un equipo multiparámetro marca BOECO Germany, modelo CT-676.

2.5.2 Conductividad eléctrica:

Se determinó por medición directa utilizando el equipo multiparámetro BOECO Germany, modelo CT-676.

2.5.3 pH:

Se midió utilizando un pHmetro marca Fisher Scientific, modelo XL 150.

2.5.4 Turbiedad:

La determinación de la turbiedad se realizó utilizando un turbidímetro marca HACH, modelo 43900/XR.

2.5.5 Salinidad:

Se ha determinado este parámetro con un equipo multiparámetro marca BOECO Germany, modelo CT-676.

2.5.6 Sólidos sedimentables:

Para la determinación de este parámetro se utilizó, conos de sedimentación Imhoff, graduado por el exterior en ml, desde la parte inferior o fondo, hacia la parte superior o arriba.

2.5.7 Sólidos suspendidos:

Para la determinación de este parámetro se usó un fotómetro multiparámetro marca LPG modelo 22153

2.5.8 Alcalinidad:

Se determina a través de un método volumétrico, en donde se emplea principio de neutralización usando una solución estándar de un ácido mineral fuerte como ácido sulfúrico para llevar a cabo titulación, y reactivos indicadores (anaranjado de metilo y fenolftaleína) que inducen al cambio de coloración.

2.5.9 DQO:

Para el análisis de DQO se usó un digestor marca VEPL modelo ECO 16.

2.5.10 Amonio:

Para la determinación de este parámetro se usó un fotómetro multiparámetro marca LPG modelo 22153.

2.5.11 Sulfitos:

Se determinó este parámetro mediante el método de ensayo APHA 4500 SO_3^{2-}

La caracterización físico-química de muestras de aguas residuales de camaroneras, (M1C1, M2C1, M3C1, M1C2, M2C2, M3C2), se llevó a cabo en el laboratorio de calidad de agua de la facultad de ciencias pertenecientes a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO para la mayoría de parámetros, para la realización del análisis de sulfito se envió la muestra al laboratorio LASA ubicado en la ciudad de Quito.

2.6 Evaluación de la corteza de plátano como adsorbente de amonio y bisulfito

Para utilizar la corteza de *Musa Paradisiaca* en experimentos de adsorción, se utilizó el procedimiento descrito por ASTM-D, 2015 con algunas modificaciones con respecto al compuesto a determinar. Para evaluar la capacidad de adsorción de la cáscara de banana se estudió la isoterma de adsorción Langmuir, siendo esta la más recomendada por bibliografía.

Para la aplicación de este procedimiento se tomó dos tipos de partículas:

P1: corteza molida a una granulometría más gruesa y tosca

P2: corteza molida en una granulometría fina, suelta y homogénea (tipo polvo)

Dicho tamaño de partícula fue escogido por sugerencias de acuerdo a la repetitividad de los datos aplicada en diferentes investigaciones realizadas para fines de adsorción con respecto al adsorbente en estudio.

Para la elección de los tiempos de exposición se propuso determinar el tiempo de equilibrio para el tamaño de partícula de 40mm de corteza de *Musa paradisiaca*, se colocaron recipientes con volúmenes de 1000 ml de disolución acuosa, a concentración de 1- 1,5 y 2 g/l de metabisulfito de sodio, y 0,05-0,10 y 0,20mg/l de amonio individualmente, a cantidades de adsorbente (tratamiento) determinadas 5, 10, 20. Los experimentos permanecieron en contacto por un periodo de 24 h. Tomando muestras de fase líquida a intervalos de tiempos de 1 hora. Una vez tomada la muestra, determinando las absorbancias del compuesto a través de espectrometría UV.

Después de realizar el procedimiento de tiempo de equilibrio para cada tamaño de partícula se aplicó dos tiempos de exposición de acuerdo al protocolo a seguir según los resultados de las pruebas hechas a tiempo de equilibrio y tiempo de contacto:

Prueba de adsorción tiempo de contacto corto (30 minutos).

- Colocar en un recipiente, 1000 ml de agua contaminada a una concentración conocida.
- Pesar en gramos el sorbente (cáscara de plátano).
- Colocar la cantidad pesada en el agua contaminada.
- Dejar actuar por 30 minutos.
- Proceder a filtrar con ayuda de una tela nylon.
- Realizar 3 repeticiones por cada parámetro con su respectivo blanco.

Prueba de adsorción tiempo de contacto extendido (24 horas):

- Colocar en un recipiente, 1000 ml de agua contaminada a una concentración conocida.
- Pesar en gramos el sorbente (cáscara de plátano).
- Colocar la cantidad pesada en el agua contaminada.
- Dejar actuar por 24 horas.
- Proceder a filtrar con ayuda de una tela nylon.
- Realizar 3 repeticiones por cada parámetro con su respectivo blanco.

Preparación para la contaminación de agua con amonio y metabisulfito

En volumen de 1000 ml de agua destilada se colocaron concentraciones de 0,05- 0,10-0,20 mg de cloruro de amonio y 1-1,5-y 2 g de metabisulfito de sodio, para lo cual se colocaron 10 gramos cloruro de sodio (ajustando a parámetros de salinidad a tiempo real).

CAPÍTULO III

3 MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Preparación y adecuación de muestras

3.1.1 Secado de la corteza de plátano recolectada

Para determinar de la temperatura de secado se realizó por triplicado a 2 temperaturas diferentes: 60 y 80°C; hasta obtener un peso constante de las muestras, que se reportan a continuación:

Tabla 1-3: Pesos de la corteza de plátano (*Musa Paradisiaca*) secada a 60 ° C

Tiempo (h)	CortezaM1	CortezaM2	CortezaM3	Promedio	% en peso	% de humedad
0	5,0002	5,0038	4,9747	4,9929	100,000	100,00
1	3,1842	2,8673	2,7457	2,9324	58,731	41,30
2	1,5442	1,2158	1,5297	1,4299	28,638	71,36
3	1,0340	0,8662	1,0470	0,9824	19,675	80,32
4	0,9833	0,8654	1,0451	0,9646	19,319	80,68
5	0,9725	0,7820	0,8767	0,8770	17,566	82,43
6	0,9703	0,7423	0,7500	0,8208	16,440	83,56
7	0,9597	0,7269	0,7209	0,8025	16,072	83,93
8	0,9549	0,7163	0,7112	0,7941	15,905	84,09
9	0,9543	0,7090	0,7071	0,7901	15,825	84,18
10	0,9542	0,7088	0,7040	0,7890	15,802	84,20
11	0,9542	0,7088	0,7040	0,7890	15,802	84,20

Elaborado por: Zambrano Marcillo Kathryn, 2020.

Tabla 2-3: Peso de la corteza de plátano secado a 80 °C.

Tiempo (h)	CortezaM1	CortezaM2	CortezaM3	Promedio	% en peso	% de humedad
% 0	4,9653	4,9858	4,661	4,871	100	0
1	1,9886	1,3727	1,3448	1,5687	32,2048	67,80
2	1,001	1,0201	1,0668	1,0293	21,1311	78,87
3	0,9949	0,9139	0,9611	0,9566	19,6393	80,36
4	0,7948	0,7131	0,7598	0,7559	15,5183	84,48
5	0,7797	0,7025	0,7596	0,7472	15,3411	84,66
6	0,7796	0,7024	0,7597	0,7471	15,3404	84,66

Elaborado por: Zambrano Marcillo Kathryn, 2020.

Lo que se ha detallado es estas dos tablas es el comportamiento del peso que presenta la corteza de plátano (*Musa Paradisiaca*) cuando se somete a dos temperaturas diferentes para ser secada, de lo cual para saber la determinación de la temperatura óptima se ha realizado la siguiente gráfica en donde relaciona la variación de peso respecto al tiempo de secado:

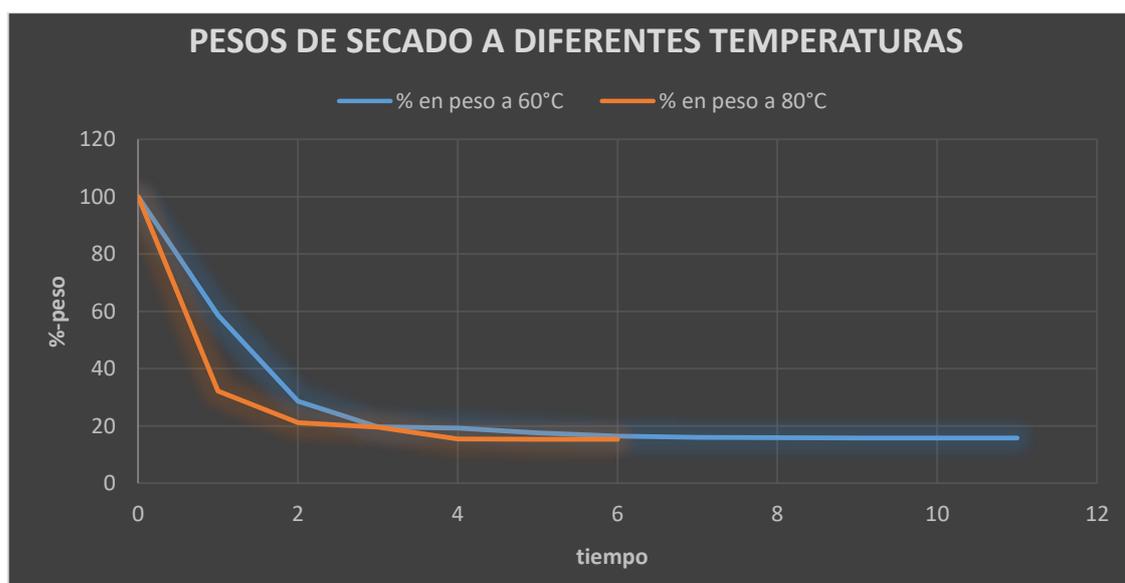


Gráfico 1-3. Pesos de la muestra de corteza secado a diferentes temperaturas

Elaborado por: Zambrano Marcillo Kathryn, 2020.

Se puede observar en el gráfico 1-3 que las curvas presentan un comportamiento similar entre sí con respecto a la variación de pesos en el secado de la muestra, por lo que se ha considerado la rapidez con la que se ha secado en las primeras horas y el menor tiempo de exposición.

Tomando en cuenta las anteriores consideraciones, a pesar que ambas temperaturas logran secar la muestra. La temperatura de interés para secar la muestra total, es la de 80°C para optimizar energía y tiempo, temperatura que permite conservar las propiedades de la corteza.

Tabla 3-3: Condiciones de la muestra completa de plátano (*Musa Paradisiaca*) seca a 80°C

Peso inicial (g)	Peso seco (g)	Humedad%
13609,76	1724,38	87,65

Elaborado por: Zambrano Marcillo Kathryn, 2020.

Como se observa en la tabla 4-3 el porcentaje de humedad que presenta la corteza de plátano (*Musa paradisiaca*) es de 87,65 que presenta gran relación con otras investigaciones.

3.1.2 Trituración y tamizado de la muestra

Una vez que se ha obtenido la muestra seca, se dividió en dos porciones de pesos para tamizar en los dos tamaños de partícula, de usó para esta investigación, como muestra la siguiente tabla:

Tabla 4-3: Peso de la corteza de plátano para posterior tamización.

Parámetro	Unidad	Resultado
Peso inicial	g	13.609,76
Peso seco	g	1724,38
Partícula 1	g	908
Partícula 2	g	681
Peso final	g	1589
Pérdida	%	7,85

Elaborado por: Zambrano Marcillo Kathryn, 2020.

La corteza de plátano se tamizó en dos diferentes tipos de partículas como se muestra a continuación:

Tabla 5-3: Porciones y tamaño de partícula de la corteza de plátano

Tamaño de partícula	Peso (g)	%
40mm	908	57,14
850 µm	681	42,86

Elaborado por: Zambrano Marcillo Kathryn, 2020.

Se utilizó dos tamaños de partícula para la corteza de plátano como se muestra en la tabla 6-3, en la que detalla para la P1 una granulometría de 40 mm de característica gruesa y para la P2 granulometría de 850µm de aspecto fino, esto con el fin de determinar la influencia y eficiencia en el uso de ambas con respecto al tratamiento utilizado.

3.1.3 *Tiempo de equilibrio y selección de tiempo de contacto*

Para la determinación del tiempo de contacto se ha preparado muestras con las siguientes condiciones: tamaño de partícula de 40 mm, pH 4,5, concentraciones de metabisulfito de 1-1,5-2 g/L y amonio 0,05-0,15-0,20 g/L a una relación de tratamiento de 5-10 -20 g/L.

Tabla 6-3: Medición de tiempo de equilibrio utilizando tratamiento 1 (5 g de corteza), tamaño de partícula 40mm.

Tiempo (horas)	Absorbancia	Absorbancia	Absorbancia
Concentración	1	1,5	2
1	0,947	0,966	0,995
2	0,921	0,958	0,989
3	0,906	0,944	0,964
4	0,898	0,899	0,919
5	0,876	0,888	0,908
6	0,862	0,853	0,887
7	0,804	0,811	0,856

8	0,785	0,797	0,833
9	0,738	0,783	0,818
10	0,721	0,766	0,799
11	0,690	0,734	0,760
12	0,682	0,713	0,755
13	0,663	0,697	0,735
14	0,631	0,666	0,714
15	0,601	0,635	0,703
16	0,590	0,598	0,687
17	0,572	0,589	0,675
18	0,547	0,533	0,605
19	0,490	0,509	0,582
20	0,456	0,476	0,573
21	0,499	0,454	0,536
22	0,305	0,422	0,524
23	0,303	0,422	0,523
24	0,303	0,442	0,513

Elaborado por: Zambrano Marcillo Kathryn, 2020.

Tabla 7-3:Medición de tiempo de equilibrio utilizando tratamiento 2 (10 g de corteza), tamaño de partícula 40mm.

Tiempo (horas)	Absorbancia	Absorbancia	Absorbancia
Concentración	1	1,5	2
1	0,917	0,956	0,990
2	0,911	0,950	0,989
3	0,902	0,941	0,967
4	0,888	0,899	0,911
5	0,866	0,873	0,901
6	0,822	0,857	0,897
7	0,801	0,813	0,865
8	0,766	0,794	0,844
9	0,738	0,773	0,816
10	0,722	0,756	0,789
11	0,705	0,734	0,760
12	0,687	0,713	0,755
13	0,651	0,697	0,735
14	0,633	0,666	0,714
15	0,603	0,635	0,703
16	0,599	0,598	0,687
17	0,562	0,589	0,655
18	0,501	0,533	0,605
19	0,499	0,509	0,582
20	0,455	0,476	0,573
21	0,434	0,454	0,566
22	0,324	0,422	0,524
23	0,323	0,422	0,523
24	0,323	0,422	0,523

Elaborado por: Zambrano Marcillo Kathryn, 2020.

Tabla 8-3:Medición de tiempo de equilibrio utilizando tratamiento 3 (20 g de corteza), tamaño de partícula 40mm.

Tiempo (horas)	Absorbancia	Absorbancia	Absorbancia
Concentración	1	1,5	2
1	0,910	0,934	0,940
2	0,911	0,941	0,938
3	0,909	0,933	0,935
4	0,897	0,899	0,918
5	0,856	0,873	0,904
6	0,832	0,857	0,893
7	0,814	0,819	0,885
8	0,769	0,796	0,843
9	0,758	0,785	0,816
10	0,732	0,756	0,799
11	0,711	0,734	0,763
12	0,689	0,713	0,751
13	0,665	0,697	0,733
14	0,643	0,661	0,716
15	0,604	0,615	0,707
16	0,589	0,598	0,697
17	0,567	0,579	0,659
18	0,507	0,543	0,615
19	0,494	0,512	0,592
20	0,475	0,496	0,576
21	0,464	0,474	0,569
22	0,342	0,452	0,564
23	0,341	0,451	0,563
24	0,341	0,450	0,563

Elaborado por: Zambrano Marcillo Kathryn, 2020.

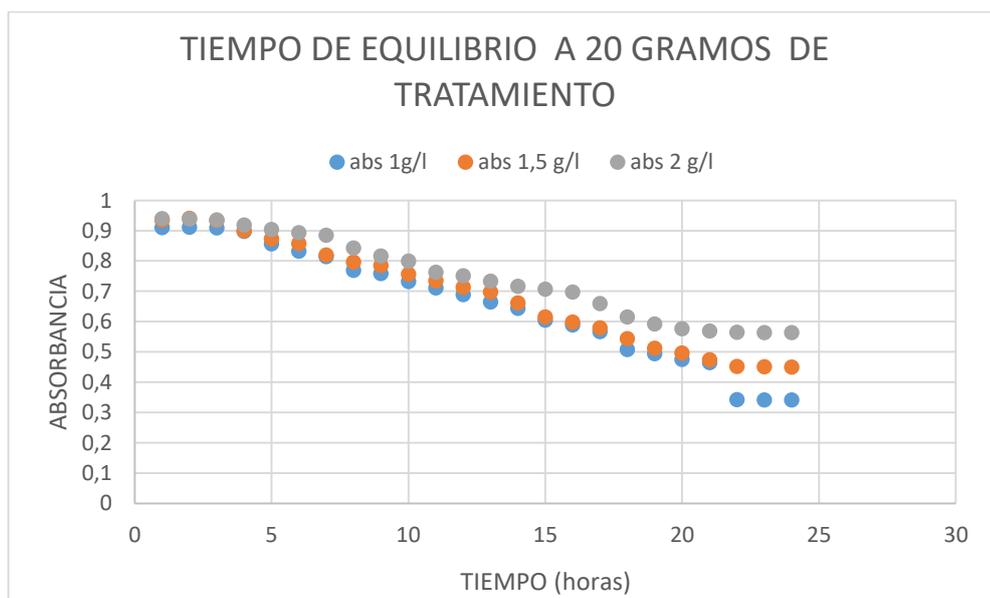


Gráfico 2-3.Relación absorbancia con respecto a tiempos de contacto

Elaborado por: Zambrano Marcillo Kathryn, 2020.

Los resultados obtenidos se muestran en las siguientes gráficas, donde se observa claramente que el tiempo de contacto para lograr que la corteza de plátano alcance el equilibrio de adsorción se lleva a cabo dentro de las 22 horas siguientes a dar inicio del proceso, luego de esto el proceso empieza su estabilización con un ligero aumento de la adsorción después de 24 horas, lo cual corresponde a un periodo de una o dos horas más, estipulando tiempo de 24 horas como margen de seguridad. La cantidad de sulfito adsorbido, por parte de la corteza, posee un valor máximo de adsorción de 56,7 %, lo cual guarda relación con los estudios realizados en donde se ha utilizado corteza de plátano para fines similares, bajo condiciones predeterminadas.

3.2 Caracterización de agua residual de camaronerías

3.2.1 Temperatura, potencial de hidrogeno, conductividad eléctrica y turbiedad de agua contaminada

Para la medición de estos parámetros se analizó tres muestras de aguas en dos camaronerías diferentes tomadas en distintos tiempos de cosecha.

Tabla 9-3:Parámetros físicos del agua contaminada

PARÁMETRO	CAMARONERA 1				CAMARONERA 2			
	M 1	M2	M3	promedio	M 1	M 2	M 3	Promedio
Temperatura °C	20,9	21	21	20,96	21	21	21	21
Turbiedad(NTU)	1,5	1,25	1,2	1.32	560	350	170	360
pH	4,37	4,44	4,58	4,46	4,4	4,52	4,69	4,53
Conductividad(mS)	138,3	132	125	132	166	186	375	242

Elaborado por: Zambrano Marcillo Kathryn, 2020.

Tabla 10-3:Parámetros químico del agua contaminada

PARÁMETRO	CAMARONERA 2				CAMARONERA 1			
	M 1	M2	M 3	Promedio	M 1	M 2	M 3	Promedio
Salinidad (ppm)	28,9	27,3	25,0	27,13	32,00	38,20	15,2	28,46
Sólidos. Susp (mg/l)	4	4	3	3,66	486	376	261	374,33
Alcalinidad (CaCO3mg/l)	200	150	250	200	200	300	500	333,33
Amoniaco(mg/l)	100	102	110	104	168	170	172	170
DQO (mg/l)	1300	600	900	933,33	475	1100	500	691,66
Solidos. Sedi (ml/l)	3	2	1	2	11	16,1	19,3	15,466
Sulfito(mg/l)	701	654	832	729	1546	1332	1610	1596

Elaborado por: Zambrano Marcillo Kathryn, 2020.

Tabla 11-3:Concentración de Amonio post tratamiento 1 (5 gramos de corteza de plátano).

Tamaño de partícula	Tiempo de exposición	Concentración (g/l)	Absorbancia	Concentración Post-tratamiento(g/l)	ABS Blanco
40 mm	30 minutos	0,10	1,775	0,10	1,721
		0,15	1,885	0,15	1,869
		0,2	1,963	0,20	1,974
	24 horas	0,10	0,163	0,04	1,721
		0,15	0,185	0,09	1,869
		0,2	0,205	0,12	1,984
850 um	30 minutos	0,10	1,811	0,10	1,811
		0,15	1,888	0,15	1,888
		0,2	1,971	0,20	1,971
	24 horas	0,10	0,206	0,055	1,721
		0,15	0,257	0,12	1,869
		0,2	0,306	0,19	1,974

Elaborado por: Zambrano Marcillo Kathryn, 2020.

La tabla 11-3 muestra la concentración inicial de la muestra de amonio a la que se contaminó intencionalmente agua, ajustando parámetros a tiempo real, específicamente la salinidad,pH;la concentración posterior tras haber sido sometida al tratamiento 1 (5 gramos de corteza de plátano), en dos tiempos de exposición y dos tamaños de partícula.

Tabla 12-3:Concentración de Amonio post tratamiento 2 (10 gramos de corteza de plátano).

Tamaño de partícula	Tiempo de exposición	Concentración (g/l)	Absorbancia	Concentración Post-tratamiento (g/l)	Blanco
40 mm	30 minutos	0,10	0,976	0,10	0,976
		0,15	1,161	0,15	1,162
		0,2	1,241	0,20	1,241
	24 horas	0,10	0,101	0,037	0,975
		0,15	0,153	0,092	1,161
		0,2	0,201	0,14	1,241
850 um	30 minutos	0,10	1,357	0,10	0,977
		0,15	1,376	0,15	1,161
		0,2	1,391	0,20	1,241
	24 horas	0,10	0,652	0,08	0,976
		0,15	0,666	0,13	1,161
		0,2	0,672	0,19	1,242

Elaborado por: Zambrano Marcillo Kathryn, 2020.

La tabla 12-3 muestra la concentración inicial de la muestra de amonio a la que se contaminó intencionalmente agua, ajustando parámetros a tiempo real, específicamente la salinidad, pH; la concentración tras haber sido sometida al tratamiento 2 (10 gramos de corteza de plátano), en dos tiempos de exposición y dos tamaños de partícula.

Tabla 13-3: Concentración de Amonio post tratamiento 3 (20 gramos de corteza de plátano).

Tamaño de partícula	Tiempo de exposición	Concentración n (g/l)	Absorbancia	Concentración Post-tratamiento (g/l)	Blanco
40 mm	30 minutos	0,10	2,106	0,09	2,335
		0,15	2,421	0,143	2,535
		0,2	2,683	0,19	2,929
	24 horas	0,10	0,101	0,02	2,334
		0,15	0,163	0,04	2,536
		0,2	0,211	0,05	2,928
850 um	30 minutos	0,10	2,335	0,10	2,335
		0,15	2,535	0,15	2,534
		0,2	2,929	0,20	2,929
	24 horas	0,10	2,227	0,04	2,332
		0,15	2,383	0,14	2,531
		0,20	2,429	0,19	2,930

Elaborado por: Zambrano Marcillo Kathryn, 2020.

La tabla 13-3 indica la concentración inicial de amonio a la que se contaminó intencionalmente las muestras de agua, ajustando parámetros a tiempo real, específicamente la salinidad y pH; y la concentración tras haber sido sometida al tratamiento 3 (20 gramos de corteza de plátano), en dos tiempos de exposición y dos tamaños de partícula.

Tabla 14-3: Concentración de Sulfito post tratamiento 1 (5 gramos de corteza de plátano).

Tamaño de partícula	Tiempo de exposición	Concentración (g/l)	Absorbancia	Concentración Post tratamiento (g/l)	Blanco
40 mm	30 minutos	1	0,942	1,019	942
		1,5	0,966	1,480	960
		2	0,994	2,019	991
	24 horas	1	0,313	0,497	940
		1,5	0,417	0,756	960
		2	0,514	0,997	992
850 um	30 minutos	1	0,974	0,875	940
		1,5	0,987	1,416	960
		2	0,998	1,875	992
	24 horas	1	0,415	0,671	941
		1,5	0,518	1,009	962
		2	0,620	1,343	990

Elaborado por: Zambrano Marcillo Kathryn, 2020.

La tabla 14-3 indica la concentración inicial de metabisulfito a la que se contaminó intencionalmente las muestras de agua, ajustando parámetros a tiempo real, específicamente la salinidad, pH; concentración tras haber sido sometida al tratamiento 1 (5 gramos de corteza de plátano), en dos tiempos de exposición y dos tamaños de partícula.

Tabla 15-3: Concentración de Sulfito post tratamiento 2 (10 gramos de corteza de plátano).

Tamaño de partícula	Tiempo de exposición	Concentración (g/l)	Absorbancia	Concentración Post-tratamiento (g/l)	Blanco
40 mm	30 minutos	1	0,935	0,986	941
		1,5	0,967	1,528	962
		2	0,984	1,989	991
	24 horas	1	0,206	0,404	940
		1,5	0,315	0,610	960
		2	0,435	0,810	992
850 mm	30 minutos	1	0,944	0,950	941
		1,5	0,974	1,167	962
		2	0,990	1,950	990
	24 horas	1	0,464	0,661	941
		1,5	0,555	0,974	960
		2	0,655	1,317	990

Elaborado por: Zambrano Marcillo Kathryn, 2020.

La tabla 15-3 indica la concentración inicial de metabisulfito a la que se contaminó intencionalmente las muestras de agua, ajustando parámetros a tiempo real, específicamente la salinidad y pH posterior haber sido sometida al tratamiento 2 (10 gramos de corteza de plátano), en dos tiempos de exposición y dos tamaños de partícula.

Tabla 16-3: Concentración de Sulfito post tratamiento 3 (20 gramos de corteza de plátano).

Tamaño de partícula	Tiempo de exposición	Concentración (g/l)	Absorbancia	Concentración Post-tratamiento (g/l)	Blanco
40 mm	30 minutos	1	0,922	0,958	0,990
		1,5	0,937	1,583	0,931
		2	0,946	1,958	0,945
	24 horas	1	0,335	0,433	0,990
		1,5	0,457	0,662	0,931
		2	0,568	0,877	0,945
850 um	30 minutos	1	0,992	1	0,992
		1,5	0,994	1,5	0,994
		2	0,996	2	0,996
	24 horas	1	0,364	0,702	0,992
		1,5	0,475	1,037	0,994
		2	0,595	1,400	0,996

Elaborado por: Zambrano Marcillo Kathryn, 2020.

La tabla 16-3 indica la concentración inicial de metabisulfito a la que se contaminó intencionalmente las muestras de agua, ajustando parámetros a tiempo real, específicamente la salinidad y pH posterior haber sido sometida al tratamiento 3 (20 gramos de corteza de plátano), en dos tiempos de exposición y dos tamaños de partícula.

En las seis tablas anteriores se puede observar claramente como las concentraciones varía de acuerdo al tiempo de exposición en un término de 24 horas, como se había determinado; mientras que en los primeros 30 minutos de exposición no se observa modificación alguna en la mayor parte de los casos y en aquellos casos de que presenta modificaciones no se consideran como valores representativos.

3.3 Resultados de remoción de amonio

Tabla 17-3: Promedios de la concentración post tratamiento de amonio en agua

Tamaño de partícula	Tiempo de exposición	Trat.1	Trat2	Trat.3
		Concentración final promedio (mg/l)	Concentración final promedio (mg/l)	Concentración final promedio (mg/l)
P1 (40 mm)	30 minutos	0,15	0,15	0,14
	24 horas	0,083	0,090	0,037
P2 (850 um)	30 minutos	0,15	0,15	0,15
	24 horas	0,12	0,13	0,12

Elaborado por: Zambrano Marcillo Kathryn, 2020.

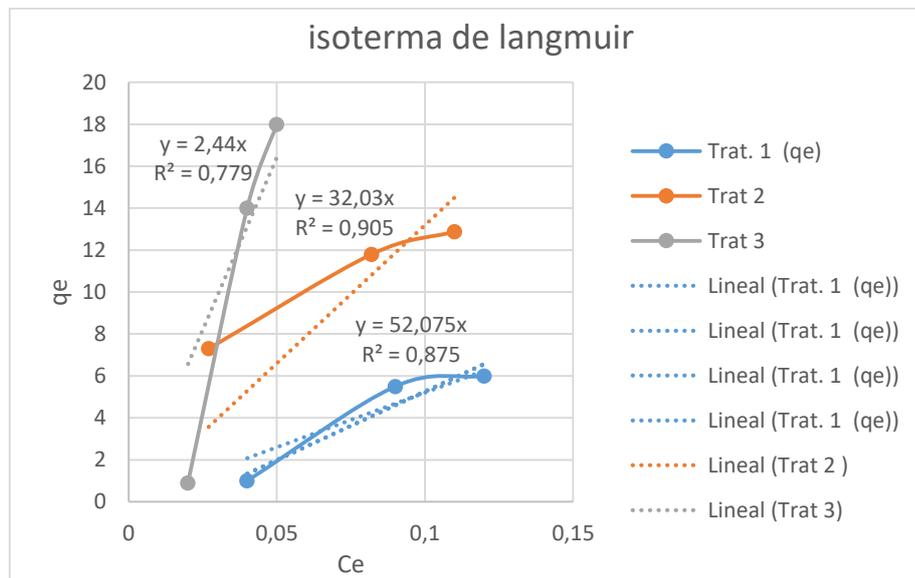


Gráfico 3-3. Isoterma de Langmuir (determinación de la sorción de corteza de plátano con P1 a 24 horas para amonio).

Elaborado por: Zambrano Marcillo Kathryn, 2020.

Tabla 18-3: Rendimiento de la capacidad de sorción de la corteza de plátano para la remoción de amonio para la partícula 1 en un tiempo de contacto de 24 horas.

Trat. 1			Trat 2			Trat3		
Ce	qe (mg/g)	qmax	Ce	qe (mg/g)	qmax	Ce mg/l	qe (mg/g)	qmax
0,04	1	0,019	0,027	7,3	0,227	0,02	0,9	12,368
0,09	5,5	0,106	0,082	11,8	0,368	0,04	14	5,737
0,12	6	0,115	0,11	12,88	0,402	0,05	18	7,377

Elaborado por: Zambrano Marcillo Kathryn, 2020.

Se ha realizado el análisis estadístico para determinar semejanzas o diferencias en los resultados obtenidos en las pruebas para cada tratamiento en dos tiempos de contacto para dos tipos de partícula. Esto se analizó mediante ANOVAS para cada parámetro.

A continuación, se presenta el resumen del análisis de varianza de los promedios de concentraciones de amonio de la prueba de adsorción, para los dos tipos de partícula:

Tabla 19-3: Anova para rendimiento de la capacidad de sorción para P1 en un tiempo de contacto de 24 horas.

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	137,4718708	2	68,7359354	16,542	0,00324	5,14325
Dentro de los grupos	23,879456	6	3,97990944			
Total	161,351327	8				

Elaborado por: Zambrano Marcillo Kathryn, 2020.

De la tabla 19-3 resultante de Anova de un solo factor para rendimientos de sorción, se determina que al menos un tratamiento adsorbe amonio de forma diferente. Por tanto se procede a aplicar la prueba estadística tukey para determinar las diferencias de rendimiento de adsorción entre tratamientos.

Tabla 20-3: Prueba tukey para rendimiento de la capacidad de sorción para P1 en un tiempo de contacto de 24 horas.

HSD: 4,99 Multiplicador: 4,34 MSE: 3,97 n: 3			
	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3
Tratamiento 1		3,9775	5,5867
Tratamiento 2	0,6992		0,6992
Tratamiento 3	4,5867	3,9775	

Elaborado por: Zambrano Marcillo Kathryn, 2020.

En el análisis estadístico prueba tukey, expone que existe diferencias entre las medias del tratamiento 1 y tratamiento 3, denota que el tratamiento que presenta mayor rendimiento de adsorción en la prueba para una exposición de 24 horas y granulometría de 40mm, fue el tratamiento 3, con un rendimiento promedio de 12,368 veces su peso adsorbido, cabe recalcar que, el resultado se reporta como g de amonio sorbido/g de material usado como sorbente, el cual puede también contener una pequeña cantidad de agua que pudo ser adsorbida, a causa de la hemicelulosa presente en el material.

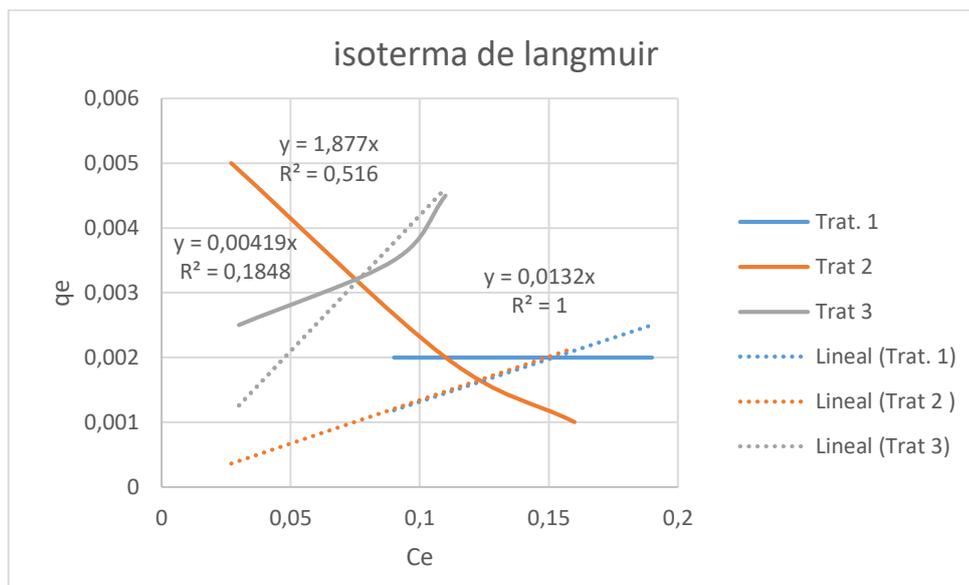


Gráfico 4-3. Isotherma de Langmuir (determinación de la sorción de la corteza de plátano con P2 a 24 horas para amonio).

Elaborado por: Zambrano Marcillo Kathryn, 2020.

Tabla 21-3: Rendimiento de la capacidad de sorción de la corteza de plátano para la partícula 2 en un tiempo de contacto de 24 horas.

Trat. 1			Trat 2			Trat 3		
Ce	qe (mg/g)	qmax	Ce	qe (mg/g)	qmax	Ce mg/l	qe (mg/g)	qmax
0,09	0,002	0,153	0,027	0,005	0,002	0,03	0,0025	0,59
0,14	0,002	0,153	0,11	0,002	0,001	0,09	0,0035	0,83
0,19	0,002	0,153	0,16	0,001	0,000	0,11	0,0045	1,07

Elaborado por: Zambrano Marcillo Kathryn, 2020.

Tabla 22-3: Anova para rendimiento de la capacidad de sorción de Amonio para P2 en un tiempo de contacto de 24 horas.

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	1,168674	2	0,584337	30,43	0,00072	5,143225
Dentro de los grupos	0,115202	6	0,01920			
Total	1,283876	8				

Elaborado por: Zambrano Marcillo Kathryn, 2020.

De la tabla 22-3 resultante de Anova de un solo factor para rendimientos de sorción, se determina que al menos un tratamiento adsorbe amonio de forma diferente. Por tanto se procede a aplicar la prueba estadística tukey para determinar las diferencias de rendimiento de adsorción entre tratamientos.

Tabla 23-3: Prueba tukey para rendimiento de la capacidad de sorción para P2 en un tiempo de contacto de 24 horas.

HSD: 0,3472 Multiplicador: 4,34 MSE: 0,192 n: 3			
	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3
Tratamiento 1		0,152	0,677
Tratamiento 2	0,829		0,829
Tratamiento 3	0,677	0,152	

Elaborado por: Zambrano Marcillo Kathryn, 2020.

En el análisis estadístico prueba tukey, expone que existe diferencias entre las medias del tratamiento 1 y tratamiento 3, y tratamiento 2 y tratamiento 3 denota que el tratamiento que presenta mayor rendimiento de adsorción en la prueba para una exposición de 24 horas y granulometría de 40 mm, fue el tratamiento 3, con un rendimiento promedio de 1,07 veces su peso adsorbido, cabe recalcar que, el resultado se reporta como g de amonio sorbido/g de material usado como sorbente, el cual puede también contener una pequeña cantidad de agua que pudo ser adsorbida, a causa de la hemicelulosa presente en el material.

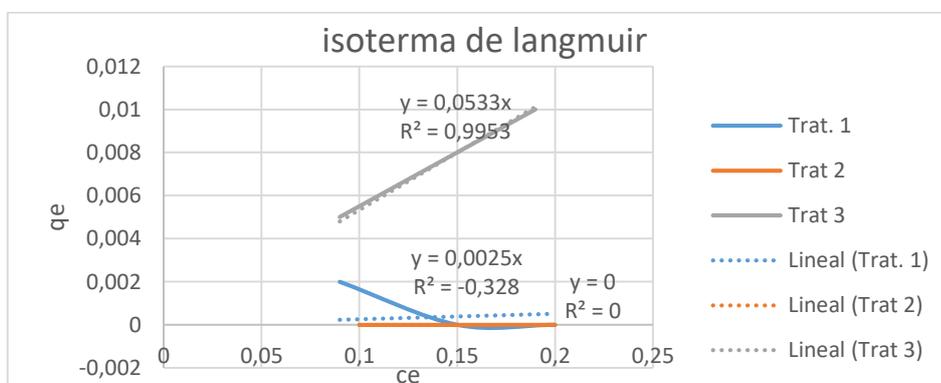


Gráfico 5-3. Isoterma de Langmuir (determinación de la sorción de corteza de plátano con P1 a 30 min para amonio).

Elaborado por: Zambrano Marcillo Kathryn, 2020.

Tabla 24-3: Rendimiento de la capacidad de sorción de la corteza de plátano para la partícula 1 en un tiempo de contacto de 30 minutos.

Trat. 1			Trat 2			Trat 3		
Ce (mg/l)	qe (mg/g)	qmax	Ce(mg/l)	qe (mg/g)	qmax	Ce (mg/l)	qe (mg/g)	qmax
0,09	0,005	0,094	0,1	0	0	0,05	0,003	0,8
0,09	0	0	0,15	0	0	0,14	0,0075	0,141
0,12	0	0	0,2	0	0	0,19	0,01	0,188

Elaborado por: Zambrano Marcillo Kathryn, 2020

Tabla 23-3: Anova para rendimiento de la capacidad de sorción de Amonio para P1 en un tiempo de contacto de 30 minutos.

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0,18433356	2	0,0921667	1,96632	0,2204234	5,143225
Dentro de los grupos	0,2812353	6	0,0468725			
Total	0,4655688	8				

Elaborado por: Zambrano Marcillo Kathryn, 2020.

De la tabla 24-3 resultante de Anova de un solo factor para rendimientos de sorción, expone que no existen diferencias entre las medias de los 3 tratamientos, por tanto se determina que no existe diferencia de las formas de adsorción entre los 3 tratamientos. Por tal razón no se procede a aplicar la prueba estadística tukey y el análisis concluye diciendo que la capacidad promedio de sorción para los tres tratamientos bajo estas condiciones es de 0,8 veces su peso adsorbido, donde, cabe recalcar que, el resultado se reporta como g de amonio sorbido/g de material usado como sorbente, el cual puede también contener una pequeña cantidad de agua que pudo ser adsorbida, a causa de la hemicelulosa presente en el material.

Tabla 24-3: Rendimiento de la capacidad de sorción de la corteza de plátano para la partícula 2 en un tiempo de contacto de 30 minutos.

Trat. 1			Trat 2			Trat 3		
Ce	qe (mg/g)	qmax	Ce	qe (mg/g)	qmax	Ce mg/l	qe (mg/g)	qmax
0,1	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,09	0,001	0,01
0,15	0,0	0,0	0,15	0,0	0,0	0,15	0,0	0,0
0,2	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,19	0,0	0,0

Elaborado por: Zambrano Marcillo Kathryn, 2020.

Tabla 26-3: Anova para rendimiento de la capacidad de sorción de Amonio para P2 en un tiempo de contacto de 30 minutos.

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0,000022	2	0,0000111	1	0,4218	5,143225
Dentro de los grupos	0,000066	6	0,000011			
Total	0,000088	8				

Elaborado por: Zambrano Marcillo Kathryn, 2020.

De la tabla 26-3 resultante de Anova de un solo factor para rendimientos de sorción, expone que no existen diferencias entre las medias de los 3 tratamientos, por tanto, se determina que no existe diferencia de las formas de adsorción entre los 3 tratamientos. Por tal razón no se procede a aplicar la prueba estadística tukey y el análisis concluye diciendo que la capacidad promedio de sorción para los tres tratamientos bajo estas condiciones es de 0,01 veces su peso adsorbido, donde, cabe recalcar que, el resultado se reporta como g de amonio sorbido/g de material usado como sorbente, el cual puede también contener una pequeña cantidad de agua que pudo ser adsorbida, a causa de la hemicelulosa presente en el material.

3.4 Resultados de remoción de metabisulfito

Tabla 25-3: Promedios de la concentración post tratamiento de sulfito en agua

Tamaño de partícula	Tiempo de exposición	Trat.1 Concentración final (g/l)	Trat.2 Concentración final (g/l)	Trat.3 Concentración final (g/l)
P1 (40 mm)	30 minutos	1,51	1,50	1,50
	24 horas	0,75	0,61	0,66
P2 (850 um)	30 minutos	1,39	1,4	1,5
	24 horas	1,01	0,98	1,05

Elaborado por: Zambrano Marcillo Kathryn, 2020.

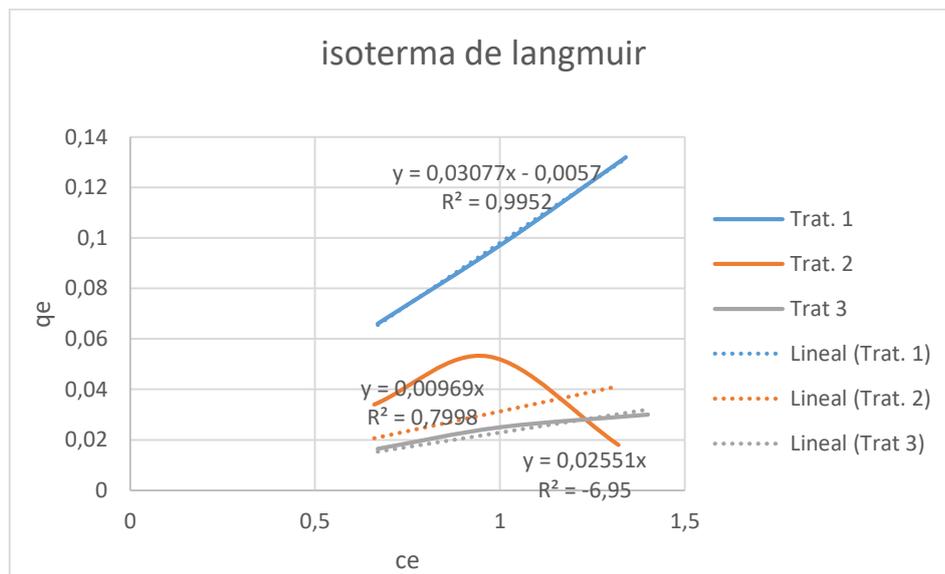


Gráfico 6-3. Langmuir (determinación de la sorción de corteza de plátano con P2 a 24 horas para sulfito)

Elaborado por: Zambrano Marcillo Kathryn, 2020.

Se ha realizado el análisis estadístico para determinar semejanzas o diferencias en los resultados obtenidos en las pruebas para cada tratamiento en dos tiempos de contacto para dos tipos de partícula. Esto se analizó mediante ANOVAS para cada parámetro.

A continuación, se presenta el resumen del análisis de varianza de los promedios de concentraciones de metabisulfito de la prueba de adsorción, para los dos tipos de partícula:

Tabla 26-3: Rendimiento de la capacidad de sorción de la corteza de plátano para la partícula 1 en un tiempo de contacto de 24 horas.

Ce(g/l)	qe (g/g)	qmax	Ce(g/l)	qe (g/g)	qmax	Ce (g/l)	qe (g/g)	qmax
0,5	0,1	0,3435	0,45	0,105	4,11603293	0,4	0,03	3,09597523
0,76	0,148	0,4994	0,71	0,129	5,05684045	0,46	0,052	5,36635707
0,99	0,202	0,6770	0,91	0,109	4,27283418	0,68	0,066	6,81114551

Elaborado por: Zambrano Marcillo Kathryn, 2020.

Tabla 27-3: Anova para rendimiento de la capacidad de sorción para P1 en un tiempo de contacto de 24 horas.

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	37,191836	2	18,595918	14,7223	0,004850	5,1432528
Dentro de los grupos	7,578659	6	1,263109			
Total	44,7704	8				

Elaborado por: Zambrano Marcillo Kathryn, 2020.

De la tabla 30-3 resultante de Anova de un solo factor para rendimientos de sorción, se determina que al menos un tratamiento adsorbe metabisulfito de forma diferente. Por tanto se procede a aplicar la prueba estadística tukey para determinar las diferencias de rendimiento de adsorción entre tratamientos.

Tabla 28-3: Prueba tukey para rendimiento de la capacidad de sorción para P1 en un tiempo de contacto de 24 horas.

HSD: 2.81 Multiplicador: 4,34 MSE: 1,26 n: 3			
	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3
Tratamiento 1		3,97	4,58
Tratamiento2	0,30		0,30
Tratamiento3	4,58	3,97	

Elaborado por: Zambrano Marcillo Kathryn, 2020.

En el análisis estadístico prueba tukey, expone que existe diferencias entre las medias del tratamiento 1 y tratamiento 2, y entre 1 y 3 determinando que el tratamiento que presenta mayor

rendimiento de adsorción en la prueba para una exposición de 24 horas y granulometría de 40 mm, fue el tratamiento 3, con un rendimiento promedio de 6,81 veces su peso adsorbido, cabe recalcar que, el resultado se reporta como g de metabisulfito sorbido/g de material usado como sorbente, el cual puede también contener una pequeña cantidad de agua que pudo ser adsorbida, a causa de la hemicelulosa presente en el material.

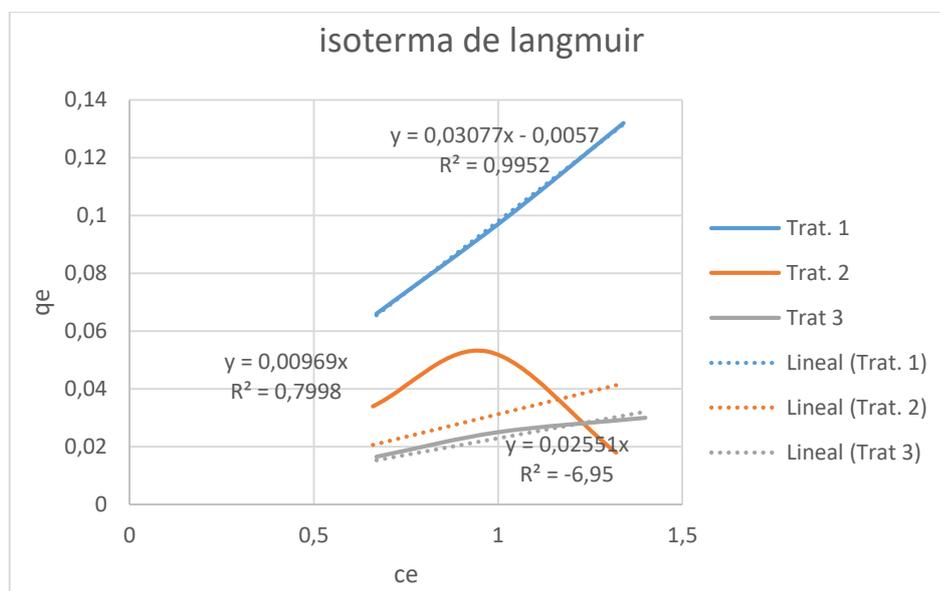


Gráfico 7-3. Isoterma de Langmuir (determinación de la capacidad de sorción de la corteza de plátano con p2 a 24 horas para sulfito)

Elaborado por: Zambrano Marcillo Kathryn, 2020.

Tabla 29-3: Rendimiento de la capacidad de sorción de la corteza de plátano para la partícula 2 en un tiempo de contacto de 24 horas.

Ce(g/l)	qe (g/g)	qmax	Ce(g/l)	qe (g/g)	qmax	Ce (g/l)	qe (g/g)	qmax
0,67	0,066	0,23301917	0,66	0,034	1,33281066	0,67	0,0165	1,70278638
1,01	0,098	0,33701657	0,97	0,053	2,07761662	1	0,025	2,57997936
1,34	0,132	0,44751381	1,32	0,018	0,70560564	1,4	0,03	3,09597523

Elaborado por: Zambrano Marcillo Kathryn, 2020.

Tabla 30-3: Anova para rendimiento de la capacidad de sorción de la corteza de plátano para P2 en un tiempo de contacto de 24 horas.

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad ad	Valor crítico para F
Entre grupos	6,7456243	2	3,372812	10,3315	0,011395	5,143252
Dentro de los grupos	1,9587545	6	0,32645			
Total	8,704378	8				

Elaborado por: Zambrano Marcillo Kathryn, 2020.

De la tabla 33-3 resultante de Anova de un solo factor para rendimientos de sorción, expone que existen diferencias entre las medias de los 3 tratamientos. Por tanto se procede a aplicar la prueba estadística tukey para determinar las diferencias de rendimiento de adsorción entre tratamientos.

Tabla 31-3: Prueba tukey para rendimiento de la capacidad de sorción para P2 en un tiempo de contacto de 24 horas.

HSD: 1,43 Multiplicador: 4,34 MSE: 0,3264 n: 3			
	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3
Tratamiento 1		1,032	2,120
Tratamiento 2	1,087		1,087
Tratamiento 3	2,120	1,032	

Elaborado por: Zambrano Marcillo Kathryn, 2020.

En el análisis estadístico prueba tukey, expone que existe diferencias entre las medias del tratamiento entre el tratamiento 1 y tratamiento 3, en donde se puede denotar que el tratamiento que presenta mayor rendimiento de adsorción en la prueba para una exposición de 24 horas y granulometría de 850um, fue el tratamiento 3, con un rendimiento promedio de 3,09 veces su peso adsorbido, donde, cabe recalcar que, el resultado se reporta como g de metabisulfito sorbido/g de material usado como sorbente, el cual puede también contener una pequeña cantidad de agua que pudo ser adsorbida, a causa de la hemicelulosa presente en el material.

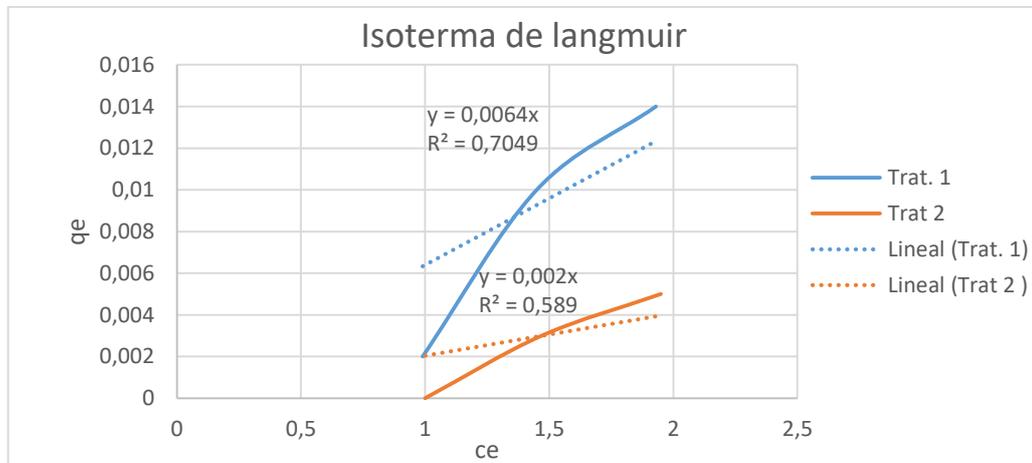


Gráfico 8-3. isoterma de Langmuir (determinación de la sorción de corteza de plátano con P2 a 30 min para sulfito).

Elaborado por: Zambrano Marcillo Kathryn, 2020.

Tabla 32-3: Rendimiento de la capacidad de sorción de la corteza de plátano para la partícula 1 en un tiempo de contacto de 30 minutos.

Trat. 1			Trat 2			Trat 3		
Ce (g/l)	qe (g/g)	qmax	Ce (g/l)	qe (g/g)	qmax	Ce (g/l)	qe (mg/g)	Qmax
0,99	0,002	0,3125	1	0	0	1	0	0
1,45	0,01	0,5625	1,47	0,003	1,5	1,5	0	0
1,93	0,014	0,1875	1,95	0,005	2,5	2	0	0

Elaborado por: Zambrano Marcillo Kathryn, 2020.

Tabla 33-3: Anova para rendimiento de la capacidad de sorción de corteza de plátano para P1 en un tiempo de contacto de 30 minutos.

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	2,861979	2	1,43098958	2,65032	0,1496732	5,14325
Dentro de los grupos	3,239583	6	0,5399305			
Total	6,1015625	8				

Elaborado por: Zambrano Marcillo Kathryn, 2020.

De la tabla 36-3 resultante de Anova de un solo factor para rendimientos de sorción, expone que no existen diferencias entre las medias de los 3 tratamientos, por tanto se determina que no existe diferencia de las formas de adsorción entre los 3 tratamientos. Por tal razón no se procede a aplicar la prueba estadística tukey y el análisis concluye diciendo que la capacidad promedio de sorción para los tres tratamientos bajo estas condiciones es de 0,5625 veces su peso adsorbido, donde, cabe recalcar que, el resultado se reporta como g de metabisulfito sorbido/g de material usado como sorbente, el cual puede también contener una pequeña cantidad de agua que pudo ser adsorbida, a causa de la hemicelulosa presente en el material.

Tabla 34-3: Rendimiento de la capacidad de sorción de la corteza de plátano para la partícula 2 en un tiempo de contacto de 30 minutos.

Ce(g/l)	qe (g/g)	qmax	Ce(g/l)	qe (g/g)	Qmax	Ce (g/l)	qe (g/g)	qmax
1	0	0	1	0	0	1	0	0
1,5	0	0	1,49	0,001	0	1,5	0	0
2	0	0	1,99	0,001	0	2	0	0

Elaborado por: Zambrano Marcillo Kathryn, 2020.

Tabla 35-3: Anova para rendimiento de la capacidad de sorción de Amonio para P2 en un tiempo de contacto de 30 minutos.

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0	6	0	65535	----	5,1432
Dentro de los grupos	0	2	0			
Total	0	8				

Elaborado por: Zambrano Marcillo Kathryn, 2020.

De la tabla 38-3 resultante de Anova de un solo factor para rendimientos de sorción, expone que no existen diferencias entre las medias de los 3 tratamientos, por tanto se determina que no existe diferencia de las formas de adsorción entre los 3 tratamientos. Por tal razón no se procede a aplicar la prueba estadística tukey y el análisis concluye diciendo que la capacidad promedio de sorción para los tres tratamientos bajo estas condiciones es de 0.001 veces su peso adsorbido, donde, cabe recalcar que, el resultado se reporta como g de metabisulfito sorbido/g de material usado como sorbente, el cual puede también contener una pequeña cantidad de agua que pudo ser adsorbida, a causa de la hemicelulosa presente en el material.

Tabla 36-3: Resultados de caracterización de corteza de plátano *Musa paradisiaca* post- uso.

Análisis	Unidad	Resultado
pH	-	6,82
Sulfito	%	10
Amonios	Mg/100g	175
Humedad	%	75,56
Salinidad	%	11,79

Elaborado por: Zambrano Marcillo Kathryn, 2020.

La tabla 39-3 muestra las concentraciones de los parámetros que pudieron ser modificados posterior a uso de la corteza de plátano como material de remoción de sulfito y amonio procedentes de aguas residuales.

CONCLUSIONES

- De la caracterización de aguas residuales procedentes de camaroneras, se concluye que consta de la presencia de amonio y metabisulfito, en cantidades de (170 y 1596) mg/l respectivamente, superando los límites permisibles según la normativa vigente del país, para aguas residuales.
- El tamaño de partícula más apropiado para que la adsorción se lleve a cabo exitosamente, es la partícula 1 correspondiente a una granulometría de 40 μ m, con condiciones físicas que permite que tenga mayor interacción con la solución evitando que precipite y al tener mayor tamaño de superficie, aumenta la posibilidad de tener mayor superficie de contacto con el agente contaminante, así propiciando que se lleve a cabo este proceso, mientras que la partícula 2, correspondiente a una granulometría de 850 μ m presentó no ser adecuado ya que formaba grumos en la solución, finalmente llegando a precipitar, esto se debe a que su flotabilidad debe ser negativa, y su limitada superficie de contacto, dificulta que logre tener relación con el agente contaminante.
- La corteza de plátano *Musa paradisiaca* presenta una capacidad de bioadsorción de amonios y metabisulfito de hasta el 80% y 56,7 % de remoción correspondientemente con respecto la concentración inicial, lo que lo hace un biosorbentes recomendado para aplicarlo en la recuperación de estos agentes contaminantes de agua residual de camaronera. En cuanto al rendimiento de sorción de la corteza, es de hasta 6,81 veces su peso para sulfitos y 12,36 para amonios, incluso estando por encima que muchos sorbentes comerciales de origen natural o sintético.

RECOMENDACIONES

- Corroborar los resultados de bioadsorción que presenta la corteza de plátano en ensayos de lecho fijo o biofiltro, para la determinación de puntos de saturación exactos con respecto al material bajo otras condiciones o variables.
- Cuando se trabaje con agua salobre o salada, hacer las diluciones necesarias ya que hay equipos que no leen ciertos parámetros bajo estas condiciones.
- Realizar una investigación sucesiva en donde se logre obtener mayores porcentajes de remoción de estos contaminantes, en relación con los evaluados en este trabajo.
- Explotar la potencial capacidad de adsorción que presenta la corteza de plátano de acuerdo a sus propiedades para remover otro tipo de contaminantes de aguas o suelos.
- Se recomienda que, en la elaboración de material de corteza de plátano durante el secado, no se someta a temperaturas superiores a 80 °C, ya que esta desnaturaliza los grupos funcionales tales: carboxil, carbonil, sulfidril, fosfato e hidroxil, los mismos que otorgan las propiedades bioadsorbentes que posee el material.
- Se recomienda para siguientes investigaciones trabajar con tamaños de partícula diferentes, y así verificar la influencia de este parámetro con respecto al proceso de adsorción.
- El pH para obtener un mayor porcentaje de bioadsorción debe ser igual o cercano a 4,5, para lo cual se podría utilizar soluciones tampón o ácidos orgánicos para modificar el pH de las biomásas utilizadas en el proceso de bioadsorción, caso contrario en pH básicos el proceso no se lleva a cabo.
- La disposición final de la corteza post uso puede ser usada como pre-humus para suelos alterantes, en donde el amonio contenido tras haberlo absorbido puede ser tratado con bacterias nitrificantes como *Nitrosomas europaea* y *Nitrobacter winogradski*. Así mismo el sulfito presente con *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Artrobacter*.
- Seguir con un estudio más profundo respecto a la disposición final de la corteza de plátano posterior a su uso como material adsorbente.

BIBLIOGRAFÍA

ABRIL GONZÁLEZ , Mónica Fernanda .Optimización de la reacción de hidrólisis ácida de los residuos de plátano, para rendimiento a glucosa . [En línea] (trabajo de titulación). Universidad de Cuenca, Cuenca, Ecuador. 2016. pp 45-50. [Consulta: 2019-12-11] . Disponible en: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/25974/1/Tesis.pdf>.

ALVAREZ HERRERA, Mario Roberto. Evaluación de tres metodologías de tratamiento con metabisulfito de sodio en la cosecha de camarones enteros para prevenir melanosis. [En línea](trabajo de titulación). Universidad de Zamorano, Honduras. 2000. [consultado: 2019 -08-16]. Disponible en: <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/2887/1/T1162.pdf>.

AZAMBUYO RODRIGUEZ, Angela. Comparación del 4-hexilresorcinol y el metabisulfito de sodio como inhibidores de la melanosis en el camarón rosado refrigerado. [En línea] (trabajo de titulación). Universidad de la República, Montevideo, Uruguay. 2018. pp. 9-25. [Consultado: 2019-07-23]. Disponible: <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/18412/1/FV-33198.pdf>.

CALABRIAM, Ineos.Ineos. [Blog] 24 de Marzo de 2015. [Consulta: 16 de Agosto de 2019.] Disponible en: https://www.ineos.com/globalassets/ineos-group/businesses/ineos-enterprises/businesses/ineos-calabrian/resource-center/safety-data-sheets/meta_2016_sds_rev3_spanish.pdf.

ESPIGARES GARCÍA, M. Aguas Residuales Composición. [Blogs] [consulta 01 de SEPTIEMBRE de 2019.] Disponible en : https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/56798574/Aguas_Residuales_composicion.pdf?response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DAGUAS_RESIDUALES._COMPOSICION.pdf&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Credential=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A%2F20200218%2Fus-east-

1%2Fs3%2Faws4_request&X-Amz-Date=20200218T155405Z&X-Amz-Expires=3600&X-Amz-SignedHeaders=host&X-Amz-Signature=9c9ba2f0a11ff543212c2367cd21a25320a14b26d0d0e3722eab94bb26d5d524.

GARCÉS JARABA, Luz & COAVAS ROMERO, Cecilia . 2012. Evaluación de la capacidad de adsorción en la cáscara de naranja (*c i t r u s s i n e n s i s*) modificada con quitosano para la remoción de Cr (vi) en aguas residuales.[En línea](trabajo de titulación). Universidad de Cartagena, Cartagena, Colombia 2012. pp, 23-35. [Consulta: 2019-07-11]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/262789743/Tesis-Garces-Coavas>

GARCÍA BARRERA, Alma Verónica.Elaboración de una resina intercambiadora de cationes a partir de la cáscara de plátano o guineo para eliminar metales pesados en agua contaminada. [En línea] (trabajo de titulación). Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE ,El salvador ,.2016. pp 52-58 .

GRANADOS, Francisco.*Contacto nuclear* [Blog]. [consulta: 18 de septiembre del 2019]Disponible en: <http://inin.gob.mx/publicaciones/documentospdf/CN%2046%20PROCESOS.pdf>.

GONZALES JIMENEZ, Alejandro Eder & GUERRA MORENO, Julio César. Influencia de la velocidad de agitación y la temperatura sobre la adsorción de plomo (Pb) y zinc (Zn) con cáscara de plátano (*Musa Sapientum*), en las aguas residuales de laboratorios de análisis químico.[En línea] (trabajo de titulación). Universidad de Trujillo, Perú.2016. pp, 11-28 [consultado: 2019-08-23]. Disponible en: <http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/8756/GONZALES%20JIMENEZ%2C%20ALEJANDRO%20EDER%3B%20GUERRA%20MORENO%2C%20JULIO%20CESAR.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

HORNA, Rafael. 2011.*Protocolo para el tratamiento ambiental del metabisulfito de sodio despues de la cosecha de camaron*. [Blog]. 21 de Junio de 2011. [Consultado: 13 de noviembre

del 2019]. Disponible en: <https://www.engormix.com/balanceados/articulos/cosecha-de-camaron-t28793.htm>.

LLERENA RAMÍREZ, Carmen Emperatriz. Evaluación del proceso de Absorción del sulfito de sodio en el molusco camarón (*L. Vannamei*) para el control de la melanosis. [En línea](trabajo de titulación). Escuela Superior Politécnica de Litoral, Guayaquil, Ecuador. 2011. pp, 21-50. [Consulta: 2019-08-22.] Disponible en: <https://www.dspace.espol.edu.ec/retrieve/88953/D-79600.pdf>.

MELLENDEZ ARANDA, Shirley Yanine. Evaluación del vástago de plátano como material adsorbente en la remoción de mercurio hg²⁺ presente en soluciones acuosas. [En línea](trabajo de titulación). Universidad Libre, Bogotá, Colombia. 2016 . pp. 25-43. [consulta: 2019-11-13] . Disponible en: <https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/10361/Proyecto%20final%20Shirley%20Yanine%20Melendez%20Aranda%20%20%281%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

MUÑIZ, José y RUÍZ, Arely. Análisis de las prácticas de gestión ambiental realizadas por las empresas camaroneras ubicadas en el cantón general villamil playas”. [En línea] (Trabajo de titulación). Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador. 2017. [consulta: 2019-12-03] Disponible en: <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/39025/1/An%C3%A1lisis%20de%20las%20pr%C3%A1cticas%20de%20gesti%C3%B3n%20ambiental%20en%20las%20empresas%20camaroneras%20del%20cant%C3%B3n%20General%20Vil.pdf>.

NIETO PAREDES , María Fernanda & DÍAZ CAMPUZANO, Oscar Xavier . Estudio de tratabilidad y propuesta de rediseño para una planta de tratamiento de aguas residuales en una industria de extrusión de aluminio. [En línea](Trabajo de titulación). Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador. 2017. pp, 17-28 [Consultado: 2019- 07-13.], Disponible en: <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/18247/1/401-1227%20%20redise%C3%B1o%20planta%20trat%20de%20aguas%20residuales%20en%20una%20ind.%20de%20extrusi%C3%B3n%20de%20aluminio.pdf>.

PALACIOS REDROBÁN, Alexander Adrian. Determinación del nivel de filtración que tiene la cáscara de plátano, para reducir metales pesados presentes en agua residual en la empresa weatherford, Cantón Francisco de Orellana, Provincia de Orellana, periodo 2014. [En línea] (trabajo de titulación). Universidad técnica de Cotopaxi, Latacunga, Ecuador.2014. pp 16-28. [Consulta: 2019-06.23] . Disponible en: <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/2715/1/T-UTC-00253.pdf>

PINTO FUENTES, Gladys Analia. Estudio del potencial uso de cáscaras de banana como agente adsorbente. [En línea] (Trabajo de titulación). Universidad técnica Federico Santa María, Chile.2014. pp, 22-34. [Consulta: 2019-12-15]. Disponible en: <https://repositorio.usm.cl/bitstream/handle/11673/40999/3560902038577UTFSM.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Plan Integral de Desarrollo Humano. [En línea] Unidad de diseño 1- Perdernales, 2016. [consulta: 2019-09-11.]. Disponible en: https://optefau.files.wordpress.com/2018/09/pedernales_coaque_cojimies.pdf.

RÍOS ELIZALDE, Paola Elizabeth.“Cinética de bioadsorción de arsénico utilizando cáscara de babano maduro en polvo”.[En línea] (trabajo de titulación) Universidad Técnica De Machala, Machala, Ecuador.2014. pp, 7- 48. [Consulta: 2019-11-17]. Disponible en: <http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/1579/7/CD00006-TESIS.pdf>

SKOOG, Douglas , HOLLER, James & CROUCH, Stanley.*Principios de ANALISIS INSTRUMENTAL.* [trad.] María Bruna Anzures. 6ta Edición. EE.UU : McGraw-Hill, 1994. págs. 142-155.

TALABERA, Victor .*Amoniaco en estanques de producción camaronera.* [En línea] Julio de 1997. https://www.nicovita.com.pe/extranet/Boletines/jul_97.pdf.

TEJADA TOVAR , Calendaria, & GARCÉS JARABA, Luz. Adsorción de metales pesados en aguas residuales usando materiales biológicos. [En línea] (trabajo de titulación). Universidad de Cartagena, Cartagena. ,Colombia. 2015. pp, 109-123.

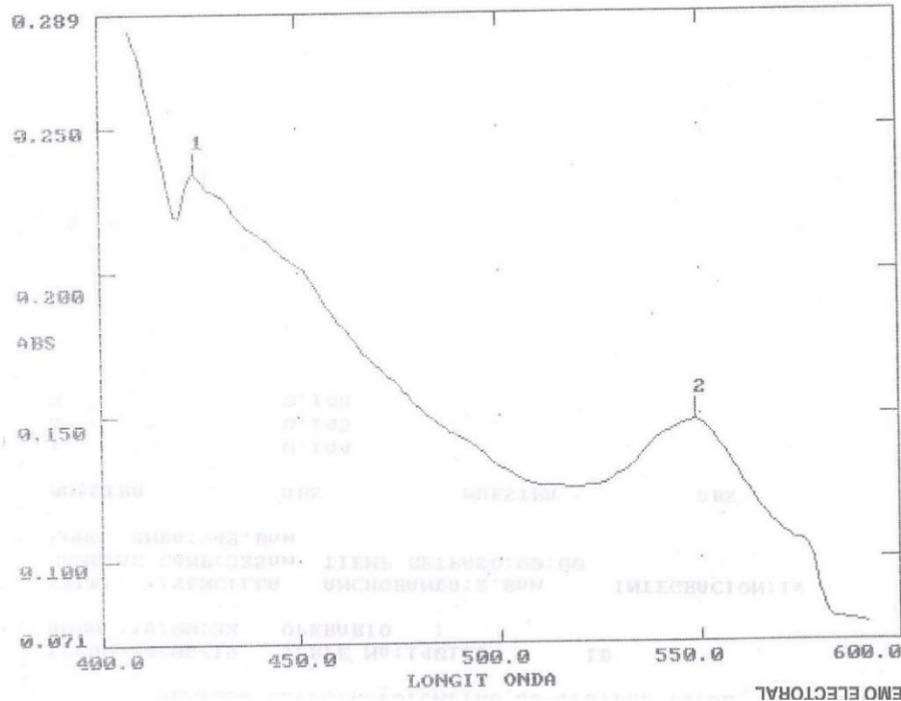
VALLADARES, María. *Ingenierias.Scielo.[en línea].2026*,Colombia.Vol.16,pp 13-27 [consulta: 15 de septiembre del 2019]. ISSN 1692-3324. Disponible en: https://scholar.google.com.ec/scholar?q=revista+scielo+ingenieria&hl=es&as_sdt=0&as_vis=1&oi=scholart

ANEXOS

ANEXO A: BARRIDO ESPECTRAL

HEXIOSP ESPECTROFOTOMETRO UV-VISIBLE v4.60 PAGI. 1
FECHA: 24/06/19 SERIE No: 140113 ID :
HORA : 17:47:26 OPERARIO :
TIPO BARR: INTELIGEN VELOC: NORMAL INT DATO: 1.0nm
LIN BASE: DEFECTO ANCHOBANDA: 2.0nm CAMBIAR LAMP: 325nm
SUAVIZANDO: MEDIO

PICOS
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
λnm (0.288)
ABS 0.234 0.148



Características del barrido:

GENESYS 10S UV-Vis v4.006 2L5S286229

Barrido,"10:48am 17 octubre18"

Nombre Análisis, "AA"

Modo de medición, "Absorbancia"

L.O. de inicio, "200.0nm"

L.O. final, "500.0nm"

Posicionador de Muestras, "Manual 6"

Velocidad de Barrido, "Rápido"

Intervalo, "1.0nm"

Nombre archivo de datos, "Kz"

ANEXO B: INFORME DEL ENSAYO 1 LASA



INFORME DE RESULTADOS

INF.LASA-02-05-19-01479
ORDEN DE TRABAJO No. 01860-19

DATOS DEL CLIENTE		
SOLICITADO POR: KATHERINE EUGENIA ZAMBRANO MARCILLO		DIRECCIÓN: SUECIA Y BULGARIA
TELÉFONO/FAX: --	TIPO DE MUESTRA: AGUA	PROCEDENCIA: AGUA RESIDUAL DE CAMARONERA - PEDERNALES
IDENTIFICACIÓN: AGUA RESIDUAL - CAMARONERA C2		CODIGO INICIAL: M2

DATOS DEL LABORATORIO		
MUESTREO POR: SOLICITANTE	FECHA DE MUESTREO: -	INGRESO AL LABORATORIO: 26/04/2019
FECHA DE ANÁLISIS: 26/04-02/05/2019	FECHA DE ENTREGA: 02/05/2019	NÚMERO DE MUESTRAS: Una (1)
CÓDIGO DE MUESTRA: 6063-19		REALIZACIÓN DE ENSAYOS: LABORATORIO

REPORTE DE ANÁLISIS FÍSICO - QUÍMICO

ITEM	PARÁMETROS	UNIDADES	RESULTADOS	INCERTIDUMBRE U (k=2)	MÉTODO DE ENSAYO
1	SULFITOS	mg/l	701,00	N.A.	APIA 4500 SO ₃ ²⁻

N.A.: No Aplica

Dr. Marco Gujarra/Ruales.
GERENTE DE LABORATORIO

Prohibida la reproducción parcial por cualquier medio sin permiso por escrito del laboratorio.
LASA se responsabiliza exclusivamente de los análisis, el resultado se refiere únicamente a la muestra recibida o tomada por el laboratorio.
Cuando se emitan criterios de conformidad y aplique, se tendrá en cuenta el valor de la incertidumbre asociada al resultado y declarada por el método específico.
El laboratorio se compromete con la Imparcialidad y Confidencialidad de la información y los resultados (la aceptación de este informe implica la aceptación de la política relativa al tema y declarada en www.laboratoriolasa.com)

Pág. 1 de 1



LABORATORIO ANALITICO AMBIENTAL
AGUA - EFLUENTES INDUSTRIALES

INFORME DE RESULTADOS

INF.LASA-02-05-19-01478
ORDEN DE TRABAJO No. 01860-19

DATOS DEL CLIENTE		
SOLICITADO POR: KATHERINE EUGENIA ZAMBRANO MARCILLO		DIRECCIÓN: SUECIA Y BULGARIA
TELÉFONO/FAX: --	TIPO DE MUESTRA: AGUA	PROCEDENCIA: AGUA RESIDUAL DE CAMARONERA - PEDERNALES
IDENTIFICACIÓN: AGUA RESIDUAL - CAMARONERA CI		CODIGO INICIAL: MI

DATOS DEL LABORATORIO		
MUESTREO POR: SOLICITANTE	FECHA DE MUESTREO: -	INGRESO AL LABORATORIO: 26/04/2019
FECHA DE ANÁLISIS: 26/04-02/05/2019	FECHA DE ENTREGA: 02/05/2019	NÚMERO DE MUESTRAS: Una (1)
CÓDIGO DE MUESTRA: 6062-19	REALIZACIÓN DE ENSAYOS: LABORATORIO	

REPORTE DE ANÁLISIS FÍSICO - QUÍMICO

ITEM	PARÁMETROS	UNIDADES	RESULTADOS	INCERTIDUMBRE U (k=2)	MÉTODO DE ENSAYO
1	SULFITOS	mg/l	1546,00	N.A.	APHA 4500 SO ₃ ²⁻

N.A.: No Aplica

Dr. Marco Quijuro Ruales.
GERENTE DE LABORATORIO

Prohibida la reproducción parcial por cualquier medio sin permiso por escrito del laboratorio.
LASA se responsabiliza exclusivamente de los análisis, el resultado se refiere únicamente a la muestra recibida o tomada por el laboratorio.
Cuando se emitan criterios de conformidad y aplique, se tendrá en cuenta el valor de la incertidumbre asociada al resultado y declarada por el método específico.
El laboratorio se compromete con la Imparcialidad y Confidencialidad de la información y los resultados (la aceptación de este informe implica la aceptación de la política relativa al tema y declarada en www.laboratoriolasa.com)

ANEXO C: INFORME DE ENSAYO 2 LASA



INFORME DE RESULTADOS

INF.LASA-30-05-19-01423
ORDEN DE TRABAJO No. 01860-60

DATOS DEL CLIENTE		
SOLICITADO POR: KATHERINE EUGENIA ZAMBRANO MARCILLO	DIRECCIÓN: SUECIA Y BULGARIA	
TELÉFONO/FAX: --	TIPO DE MUESTRA: AGUA	PROCEDENCIA: AGUA RESIDUAL DE CAMARONERA - PEDERNALES
IDENTIFICACIÓN: AGUA RESIDUAL - CAMARONERA C1		CODIGO INICIAL: M2

DATOS DEL LABORATORIO		
MUESTREO POR: SOLICITANTE	FECHA DE MUESTREO: -	INGRESO AL LABORATORIO: 24/05/2019
FECHA DE ANÁLISIS: 24/05-30/05/2019	FECHA DE ENTREGA: 30/05/2019	NÚMERO DE MUESTRAS: Una (1)
CÓDIGO DE MUESTRA: 7060-14	REALIZACIÓN DE ENSAYOS: LABORATORIO	

REPORTE DE ANÁLISIS FÍSICO - QUÍMICO

ITEM	PARÁMETROS	UNIDADES	RESULTADOS	INCERTIDUMBRE U (k=2)	MÉTODO DE ENSAYO
1	SULFITOS	mg/l	1332,00	N.A.	APHA 4500 SO ₃ ²⁻

N.A.: No Aplica


Dr. Marco Gujarra Ruales,
GERENTE DE LABORATORIO

Prohibida la reproducción parcial por cualquier medio sin permiso por escrito del laboratorio.
LASA se responsabiliza exclusivamente de los análisis, el resultado se refiere únicamente a la muestra recibida o tomada por el laboratorio.
Cuando se emitan criterios de conformidad y aplique, se tendrá en cuenta el valor de la incertidumbre asociada al resultado y declarada por el método específica.
El laboratorio se compromete con la Imparcialidad y Confidencialidad de la información y los resultados (la aceptación de este informe implica la aceptación de la política relativa al tema y declarada en www.laboratoriolasa.com)

Pág. 1 de 1

INFORME DE RESULTADOS

INF.LASA-30-05-19-01422
ORDEN DE TRABAJO No. 01860-60

DATOS DEL CLIENTE		
SOLICITADO POR: KATHERINE EUGENIA ZAMBRANO MARCHILLO		DIRECCIÓN: SUECIA Y BULGARIA
TELÉFONO/FAX: --	TIPO DE MUESTRA: AGUA	PROCEDENCIA: AGUA RESIDUAL DE CAMARONERA - PEDERNALES
IDENTIFICACIÓN: AGUA RESIDUAL - CAMARONERA C2		CODIGO INICIAL: M2

DATOS DEL LABORATORIO		
MUESTREO POR: SOLICITANTE	FECHA DE MUESTREO: -	INGRESO AL LABORATORIO: 24/05/2019
FECHA DE ANÁLISIS: 24/05-30/05/2019	FECHA DE ENTREGA: 30/05/2019	NÚMERO DE MUESTRAS: Una (1)
CÓDIGO DE MUESTRA: 7060-13		REALIZACIÓN DE ENSAYOS: LABORATORIO

REPORTE DE ANÁLISIS FÍSICO - QUÍMICO

ITEM	PARÁMETROS	UNIDADES	RESULTADOS	INCERTIDUMBRE U (k=2)	MÉTODO DE ENSAYO
1	SULFITOS	mg/l	654,00	N.A.	APIA 4500 SO ₃ ²⁻

N.A.: No Aplica



Dr. Marco Gujarro Ruales.
GERENTE DE LABORATORIO

Prohibida la reproducción parcial por cualquier medio sin permiso por escrito del laboratorio.
LASA se responsabiliza exclusivamente de los análisis, el resultado se refiere únicamente a la muestra recibida o tomada por el laboratorio.
Cuando se emitan criterios de conformidad y aplique, se tendrá en cuenta el valor de la incertidumbre asociada al resultado y declarada por el método específico.
El laboratorio se compromete con la Imparcialidad y Confidencialidad de la información y los resultados (la aceptación de este informe implica la aceptación de la política relativa al tema y declarada en www.laboratoriolasa.com)

Pág. 1 de 1

ANEXO D: INFORME DE ENSAYO 3 LASA



INFORME DE RESULTADOS

INF.LASA-04-07-19-01428
ORDEN DE TRABAJO No. 01860-62

DATOS DEL CLIENTE		
SOLICITADO POR: KATHERINE EUGENIA ZAMBRANO MARCILLO		DIRECCIÓN: SUECIA Y BULGARIA
TELÉFONO/FAX: --	TIPO DE MUESTRA: AGUA	PROCEDENCIA: AGUA RESIDUAL DE CAMARONERA - PEDERNALES
IDENTIFICACIÓN: AGUA RESIDUAL - CAMARONERA C2		CÓDIGO INICIAL: M1

DATOS DEL LABORATORIO		
MUESTREO POR: SOLICITANTE	FECHA DE MUESTREO: -	INGRESO AL LABORATORIO: 28/06/2019
FECHA DE ANÁLISIS: 28/06-04/07/2019	FECHA DE ENTREGA: 04/07/2019	NÚMERO DE MUESTRAS: Una (1)
CÓDIGO DE MUESTRA: 4052-14	REALIZACIÓN DE ENSAYOS: LABORATORIO	

REPORTE DE ANÁLISIS FÍSICO - QUÍMICO

ITEM	PARÁMETROS	UNIDADES	RESULTADOS	INCERTIDUMBRE U (k=2)	MÉTODO DE ENSAYO
1	SULFITOS	mg/l	832,00	N.A.	APHA 4500 SO ₃ ²⁻

N.A.: No Aplica


Dr. Marco Quijuro Ruales.
GERENTE DE LABORATORIO

Prohibida la reproducción parcial por cualquier medio sin permiso por escrito del laboratorio.
LASA se responsabiliza exclusivamente de los análisis, el resultado se refiere únicamente a la muestra recibida o tomada por el laboratorio.
Cuando se emitan criterios de conformidad y aplique, se tendrá en cuenta el valor de la incertidumbre asociada al resultado y declarada por el método específico.
El laboratorio se compromete con la Imparcialidad y Confidencialidad de la información y los resultados (la aceptación de este informe implica la aceptación de la política relativa al tema y declarada en www.laboratoriolasa.com)

Pág. 1 de 1



LABORATORIO ANALITICO AMBIENTAL
AGUA - EFLUENTES INDUSTRIALES

INFORME DE RESULTADOS

INF.LASA-04-07-19-01429
ORDEN DE TRABAJO No. 01860-62

DATOS DEL CLIENTE		
SOLICITADO POR: KATHERINE EUGENIA ZAMBRANO MARCILLO		DIRECCIÓN: SUECIA Y BULGARIA
TELÉFONO/FAX: --	TIPO DE MUESTRA: AGUA	PROCEDENCIA: AGUA RESIDUAL DE CAMARONERA - PEDERNALES
IDENTIFICACIÓN: AGUA RESIDUAL - CAMARONERA C1		CODIGO INICIAL: M1

DATOS DEL LABORATORIO		
MUESTREO POR: SOLICITANTE	FECHA DE MUESTREO: -	INGRESO AL LABORATORIO: 28/06/2019
FECHA DE ANÁLISIS: 28/06-04/07/2019	FECHA DE ENTREGA: 04/07/2019	NÚMERO DE MUESTRAS: Una (1)
CÓDIGO DE MUESTRA: 4052-15	REALIZACIÓN DE ENSAYOS: LABORATORIO	

REPORTE DE ANÁLISIS FÍSICO - QUÍMICO

ITEM	PARÁMETROS	UNIDADES	RESULTADOS	INCERTIDUMBRE U (k=2)	MÉTODO DE ENSAYO
1	SULFITOS	mg/l	1610,00	N.A.	APHA 4500 SO ₃ ²⁻

N.A.: No Aplica


Dr. Marco Quijuro Ruales.
GERENTE DE LABORATORIO

Prohibida la reproducción parcial por cualquier medio sin permiso por escrito del laboratorio.
LASA se responsabiliza exclusivamente de los análisis, el resultado se refiere únicamente a la muestra recibida o tomada por el laboratorio.
Cuando se emitan criterios de conformidad y aplique, se tendrá en cuenta el valor de la incertidumbre asociada al resultado y declarada por el método específico.
El laboratorio se compromete con la Imparcialidad y Confidencialidad de la información y los resultados (la aceptación de este informe implica la aceptación de la política relativa al tema y declarada en www.laboratoriolasa.com)

Pág. 1 de 1

ANEXO E: INFORME DEL ENSAYO 4 SAMI



Servicios Analíticos Químicos y Microbiológicos
en Aguas y Alimentos

EXAMEN BROMATOLÓGICO Y MICROBIOLÓGICO DE ALIMENTOS

CÓDIGO: 239-19

CLIENTE: Kathryn Zambrano

TIPO DE MUESTRA: Corteza de plátano

FECHA DE RECEPCIÓN: 26 de noviembre del 2019

FECHA DE MUESTREO: 09 de diciembre del 2019

EXAMEN FISICO

COLOR: Característico

OLOR: Característico

ASPECTO: Normal, libre de material extraño

DETERMINACIONES	UNIDADES	MÉTODO DE ANÁLISIS	RESULTADO
Salinidad	%	Volumétrico	11.79
Humedad	%	Gravimétrico	75.56
Sulfitos	%	-	10
Amonios	mg/ 100g	-	175

RESPONSABLE:

Dra. Gina Álvarez R.

El informe sólo afecta a la muestra solicitada a ensayo; el informe no deberá reproducirse sino en su totalidad previo autorización de los responsables.

*La muestra es receptada en laboratorio.

ANEXO F: DETALLE DE RESULTADOS DE REMOCIÓN DE AMONIO EN FUNCIÓN DE LA CONCENTRACIÓN

Porcentaje de remoción de amonio a un tiempo de contacto de 24 horas y granulometría 40mm (P1) de corteza de plátano.

Concentración inicial (g/l)	Trat. 1	Porcentaje de remoción %	Trat. 2	Porcentaje de remoción %	Trat. 3	Porcentaje de remoción %
	C. final		C. final		C. final	
0,1	0,040	60,0	0,027	73,0	0,020	80,0
0,15	0,090	40,0	0,082	45,3	0,040	73,3
0,2	0,120	40,0	0,110	45,0	0,050	75,0

Elaborado por: Zambrano Marcillo Kathryn, 2020.

Porcentaje de remoción de amonio a un tiempo de contacto de 24 horas y granulometría 850 um (P2) de corteza de plátano.

Concentración inicial (g/l)	Trat. 1	Porcentaje de remoción %	Trat. 2	Porcentaje de remoción %	Trat. 3	Porcentaje de remoción %
	C. final		C. final		C. final	
0,1	0,090	10,0	0,08	20,0	0,04	60,0
0,15	0,140	6,70	0,13	13,3	0,14	6,67
0,2	0,190	5,00	0,19	5,00	0,18	10,0

Elaborado por: Zambrano Marcillo Kathryn, 2020.

Porcentaje de remoción de amonio a un tiempo de contacto de 30 minutos y granulometría 40mm (P1) de corteza de plátano.

Concentración inicial (g/l)	Trat. 1	Porcentaje de remoción %	Trat. 2	Porcentaje de remoción %	Trat. 3	Porcentaje de remoción %
	C. final		C. final		C. final	
0,1	0,09	10,0	0,1	0,0	0,09	10,0
0,15	0,15	0,00	0,15	0,0	0,143	4,67
0,2	0,2	0,00	0,2	0,0	0,19	5,00

Elaborado por: Zambrano Marcillo Kathryn, 2020.

Porcentaje de remoción de amonio a un tiempo de contacto de 30 minutos y granulometría 850um (P2) de corteza de plátano.

Concentración inicial (g/l)	Trat. 1	Porcentaje de remoción %	Trat. 2	Porcentaje de remoción %	Trat. 3	Porcentaje de remoción %
	C. final		C. final		C. final	
0,1	0,1	0,0	0,1	0	0,099	1
0,15	0,15	0,0	0,15	0,0	0,15	0,00

0,2	0,2	0	0,2	0	0,199	1
-----	-----	---	-----	---	-------	---

Elaborado por: Zambrano Marcillo Kathryn, 2020.

ANEXO G: DETALLE DE RESULTADOS DE REMOCIÓN DE METABISULFITO EN FUNCIÓN DE LA CONCENTRACIÓN

Porcentaje de remoción de metabisulfito a un tiempo de contacto de 24 horas y granulometría 40mm (P1) de corteza de plátano.

Concentración inicial (g/l)	Trat. 1	Porcentaje de remoción %	Trat 2	Porcentaje de remoción %	Trat 3	Porcentaje de remoción %
	C. final		C. final		C. final	
1	0,5	50	0,45	55	0,43	56,7
1,5	0,76	49,3	0,61	59,3	0,66	55,87
2	0,99	50,5	0,81	59,5	0,88	56,15

Elaborado por: Zambrano Marcillo Kathryn, 2020.

Porcentaje de remoción de metabisulfito a un tiempo de contacto de 24 horas y granulometría 850um (P2) de corteza de plátano.

Concentración inicial (g/l)	Trat. 1	Porcentaje de remoción %	Trat 2	Porcentaje de remoción %	Trat.3	Porcentaje de remoción %
	C. final		C. final		C. final	
1	0,67	33,0	0,66	34	0,67	33
1,5	1,01	32,7	0,97	35,3	1,0	30,87
2	1,34	33	1,32	34	1,4	30

Elaborado por: Zambrano Marcillo Kathryn, 2020.

Porcentaje de remoción de metabisulfito a un tiempo de contacto de 30 minutos y granulometría 40mm (P1) de corteza de plátano.

Concentración inicial (g/l)	Trat. 1	Porcentaje de remoción %	Trat .2	Porcentaje de remoción %	Trat. 3	Porcentaje de remoción %
	C. final		C. final		C. final	
1	1,00	0	0,99	1	0,96	4
1,5	1,48	1,3	1,5	0,0	1,5	0,00
2	2,00	0	1,99	0,5	1,96	2,1

Elaborado por: Zambrano Marcillo Kathryn, 2020.

Porcentaje de remoción de metabisulfito a un tiempo de contacto de 30 minutos y granulometría 850um (P2) de corteza de plátano.

Concentración inicial (g/l)	Trat. 1	Porcentaje de remoción %	Trat 2	Porcentaje de remoción %	Trat 3	Porcentaje de remoción %
	C. final		C. final		C. final	
1	0,99	1,0	1	0	1	0
1,5	1,5	0,0	1,41	6,0	1,5	0

2	1,99	0,5	2	0	2	0
---	------	-----	---	---	---	---

Elaborado por: Zambrano Marcillo Kathryn, 2020.

ANEXO H: DETALLES DE LAS OBTENCIÓN DE ABSORBANCIAS.

Repeticiones de absorbancia de Amonio post tratamiento 1 (5 gramos de corteza de plátano).

Tamaño de partícula	Tiempo de exposición	R1	R2	R3	promedio	ABS Blanco
40 mm	30 minutos	1,778	1,766	1,78	1,775	1,721
		1,885	1,884	1,885	1,885	1,869
		1,963	1,963	1,963	1,963	1,974
	24 horas	0,164	0,161	0,165	0,163	1,721
		0,185	0,184	0,186	0,185	1,869
		0,205	0,207	0,204	0,205	1,984
850 um	30 minutos	1,81	1,812	1,811	1,811	1,811
		1,89	1,886	1,888	1,888	1,888
		1,97	1,973	1,971	1,971	1,971
	24 horas	0,206	0,206	0,205	0,206	1,721
		0,255	0,257	0,258	0,257	1,869
		0,305	0,306	0,307	0,306	1,974

Elaborado por: Zambrano Marcillo Kathryn, 2020.

Repeticiones de Absorbancia de Amonio post tratamiento 2 (10 gramos de corteza de plátano).

Tamaño de partícula	Tiempo de exposición	R1	R2	R3	promedio	ABS Blanco
40 mm	30 minutos	1,013	0,900	1,016	0,976	0,976
		1,160	1,168	1,155	1,161	1,161
		1,261	1,208	1,254	1,241	1,241
	24 horas	0,100	0,101	0,102	0,101	0,976
		0,153	0,153	0,153	0,153	1,161
		0,201	0,203	0,200	0,201	1,241
850 um	30 minutos	1,687	1,167	1,216	1,357	0,976
		1,794	1,180	1,155	1,376	1,161
		1,392	1,391	1,389	1,391	1,241
	24 horas	0,665	0,619	0,673	0,652	0,976
		0,668	0,665	0,664	0,666	1,161
		0,673	0,67	0,673	0,672	1,241

Elaborado por: Zambrano Marcillo Kathryn, 2020.

Repeticiones de Absorbancia de Amonio post tratamiento 3 (20 gramos de corteza de plátano).

Tamaño de partícula	Tiempo de exposición	R1	R2	R3	promedio	ABS Blanco
---------------------	----------------------	----	----	----	----------	------------

40 mm	30 minutos	2,106	2,106	2,107	2,106	0,976
		2,418	2,423	2,422	2,421	1,161
		2,681	2,685	2,683	2,683	1,241
	24 horas	0,101	0,101	0,101	0,101	0,976
		0,163	0,163	0,163	0,163	1,161
		0,211	0,211	0,211	0,211	1,241
850 um	30 minutos	2,338	2,332	2,336	2,335	0,976
		2,533	2,535	2,536	2,535	1,161
		2,933	2,923	2,931	2,929	1,241
	24 horas	2,226	2,229	2,227	2,227	0,976
		2,383	2,382	2,384	2,383	1,161
		2,429	2,430	2,428	2,429	1,241

Elaborado por: Zambrano Marcillo Kathryn, 2020.

Repeticiones de Absorbancia de Sulfito post tratamiento 1 (5 gramos de corteza de plátano).

Tamaño de partícula	Tiempo de exposición	R1	R2	R3	promedio	ABS Blanco
40 mm	30 minutos	0,944	0,943	0,941	0,942	942
		0,966	0,966	0,966	0,966	960
		0,973	0,975	0,94	0,994	991
	24 horas	0,314	0,312	0,315	0,313	940
		0,416	0,418	0,417	0,417	960
		0,511	0,514	0,518	0,514	992
850 um	30 minutos	0,965	0,964	0,963	0,974	940
		0,987	0,987	0,987	0,987	960
		0,999	0,997	0,998	0,998	992
	24 horas	0,666	0,664	0,665	0,415	941
		0,754	0,757	0,755	0,518	962
		0,856	0,855	0,856	0,620	990

Elaborado por: Zambrano Marcillo Kathryn, 2020.

Repeticiones de Absorbancia de Sulfito post tratamiento 2 (10 gramos de corteza de plátano).

Tamaño de partícula	Tiempo de exposición	R1	R2	R3	promedio	ABS Blanco
40 mm	30 minutos	0,935	0,934	0,937	0,942	941
		0,968	0,965	0,968	0,966	962
		0,981	0,985	0,985	0,994	991
	24 horas	0,205	0,208	0,206	0,313	940
		0,315	0,314	0,315	0,417	960
		0,435	0,437	0,433	0,514	992
850 um	30 minutos	0,945	0,944	0,943	0,974	941
		0,977	0,974	0,972	0,987	962
		0,99	0,991	0,99	0,998	990
		0,466	0,46	0,465	0,415	941

	24 horas	0,554	0,557	0,555	0,518	960
		0,656	0,658	0,653	0,620	990

Elaborado por: Zambrano Marcillo Kathryn, 2020.

Repeticiones de Absorbancia de Sulfito post tratamiento 3 (20 gramos de corteza de plátano).

Tamaño de partícula	Tiempo de exposición	R1	R2	R3	promedio	ABS Blanco
40 mm	30 minutos	2,106	2,106	2,107	2,106	2,335
		2,418	2,423	2,422	2,421	2,535
		2,681	2,685	2,683	2,683	2,929
	24 horas	2,005	2,106	2,004	2,038	2,334
		2,416	2,418	2,417	2,417	2,536
		2,581	2,584	2,588	2,584	2,928
850 um	30 minutos	2,338	2,332	2,336	2,335	2,335
		2,533	2,535	2,536	2,535	2,534
		2,933	2,923	2,931	2,929	2,929
	24 horas	1,228	1,225	1,227	1,227	2,332
		1,381	1,383	1,384	1,383	2,531
		1,429	1,429	1,428	1,429	2,930

Elaborado por: Zambrano Marcillo Kathryn, 2020.

ANEXO I: DETALLES DE LAS CONCENTRACIONES FINALES DE CADA TRATAMIENTO.

Tamaño de partícula	Tiempo de exposición	Trat.1 Concentración final (g/l)	Trat.2 Concentración final (g/l)	Trat.3 Concentración final (g/l)
P1 (40 mm)	30 minutos	0,10	0,10	0,09
		0,15	0,15	0,143
		0,20	0,20	0,19
	24 horas	0,04	0,037	0,02
		0,09	0,092	0,04
		0,12	0,14	0,05
P2 (850 um)	30 minutos	0,10	0,10	0,10
		0,15	0,15	0,15
		0,20	0,20	0,20
	24 horas	0,055	0,08	0,04
		0,12	0,13	0,14
		0,19	0,19	0,19

Elaborado por: Zambrano Marcillo Kathryn, 2020.

ANEXO J:REGISTRO FOTOGRÁFICO

Proceso de adecuación de la muestra de corteza de Plátano	
	
Muestra de corteza plátano iniciando secado en estufa	Muestra de corteza de plátano post-secado
	
Muestra de corteza de plátano seca, proceso de trituración en molino mecánico.	Muestras de corteza triturada y almacenada



Proceso de tamización de corteza plátano.

Caracterización de agua residual de camaroneras



Medición sedimentación de muestras de agua residual de camaroneras.

Medición de alcalinidad



Realización de diluciones para medir salinidad.

Preparación de muestra para caracterización

Proceso de adsorción de corteza de plátano



Muestras de agua con amonio post tratamiento 1

Muestras de agua con amonio post tratamiento 3.



Muestras de agua con amonio post tratamiento 2

Diferencia de comportamiento de corteza según su granulometría

Proceso de adsorción de corteza de plátano



Pesaje de 5 gramos de muestra de corteza.



Pesaje de 10 gramos de muestra de corteza.



Pesaje de 20 gramos de muestra de corteza.



Activación de corteza de plátano como adsorbente