

REDUCCIÓN DE COLOR Y TURBIDEZ EN AGUAS RESIDUALES DEL CAMAL MUNICIPAL DE MANTA, MEDIANTE BIOFILTRACIÓN CON CÁSCARA DE COCO (*Cocos nucifera*) y CASCARILLA DE ARROZ (*Oryza sativa*), enero 2020.

REDUCTION OF COLOR AND TURBIDITY IN WASTEWATER OF THE MUNICIPAL CAMAL OF MANTA, THROUGH BIOFILTRATION WITH COCONUT SHELL (*Cocos nucifera*) and RICE SHELL (*Oryza sativa*), January 2020.

Cedeño-Loor Roger Orley ¹; Ayón-Hidalgo Carlos César ²

^{1,2} Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Carrera de Ingeniería Recursos Naturales y Ambientales, Manta, Ecuador.

*¹Correo: rogercl21@outlook.com

Resumen

Una alternativa para el manejo de las aguas residuales es la aplicación de filtros biológicos, los que se valen de procesos naturales para la purificación de las aguas; para resolver los problemas de saneamiento se deben de buscar tecnologías alternativas e innovadoras, los biofiltros permiten dar una solución para el tratamiento de las aguas residuales de una manera amigable al medio ambiente, reduciendo los impactos negativos que ocasiona la mala disposición de dichas aguas. Los efluentes generados en los mataderos contienen: sangre, estiércol, pelo, grasas, proteínas y otros contaminantes solubles que al ser mezclados y no ser tratados de manera óptima pueden interferir en la eficiencia de las plantas tratamientos o generar impactos al medio ambiente. Se evaluó la eficiencia de los residuos de cáscara coco y cascarilla de arroz con carbón activado comercial como filtros, en la remoción de características físicas de agua residual de camal. Se utilizó cascarilla de coco de los residuos de los procesos de una heladería artesanal del cantón Manta, cascarilla de arroz de los cultivos de arroz del cantón Rocafuerte, carbón activado comercial empleado en peceras obtenido de un distribuidor de la ciudad. El esquema experimental aplicado fue un diseño completamente al azar en arreglo bifactorial con 9 tratamientos y 3 repeticiones, entre mezclas de carbón activado con ambos residuos y otros solo con residuos, filtrando 500 ml de agua residual de los procesos del camal municipal del cantón Manta, se elaboraron un total de 27 filtros como unidades experimentales. Se efectuaron análisis de turbidez; y color, por absorbancia a través de espectrofotometría, siendo estas las variables a evaluar en la investigación. Los porcentajes de remoción resultantes de los parámetros evaluados fueron procesados en el software estadístico Info Stat versión 2018 para realizar el análisis de varianza y prueba de Tukey. Solo existe diferencia significativa entre los tratamientos combinados con carbón activado con relación a los tratamientos testigos que solo contenían porcentajes de residuos. La eficiencia obtenida en la remoción de los parámetros evaluados del agua residual de camal en los tratamientos que dieron resultados fue baja, con porcentajes entre 2,19% a 23,04% en turbidez y de 0,5% a 20,3% en color; siendo los valores más altos obtenidos por los tratamientos que solo poseían residuos.

Palabras clave: Aguas residuales, filtros biológicos, cascaras de coco y arroz.

Abstract

An alternative for wastewater management is the application of biological filters, which use natural processes for water purification; to solve sanitation problems, alternative and innovative technologies must be sought, biofilters allow a solution for the treatment of wastewater in an environmentally friendly way, reducing the negative impacts caused by the poor disposition of said waters. The effluents generated in the slaughterhouses contain: blood, manure, hair, fats, proteins and other soluble contaminants that, when mixed and not treated optimally, can interfere with the efficiency of the treatment plants or generate impacts on the environment. The efficiency of the residues of coconut husk and rice husk with

21

Fecha de recepción: 27 de abril de 2020; **Fecha de aceptación:** 08 de julio de 2020; **Fecha de publicación:** 09 de julio de 2020.

commercial activated carbon as filters was evaluated in the removal of physical characteristics of wastewater from the road. Coconut husk was used for the residues of the processes of an artisan ice cream shop in the Manta canton, rice husk of the Rocafuerte canton rice crops, commercial activated carbon used in fish tanks obtained from a city distributed. The experimental scheme applied was a completely randomized design in bi-factorial arrangement with 9 treatments and 3 repetitions, between mixtures of activated carbon with both residues and others only with residues, filtering 500 ml of wastewater from the municipal road processes of the Manta canton, a total of 27 filters were developed as experimental units. Turbidity analysis was performed; and color, by absorbance through spectrophotometry, these being the variables to be evaluated in the investigation. The removal percentages resulting from the parameters evaluated were processed in the statistical software Info Stat version 2018 to perform the analysis of variance and Tukey test. There is only a significant difference between the treatments combined with activated carbon in relation to the control treatments that only contained percentages of residues. The efficiency obtained in the removal of the evaluated parameters of the slaughterhouse wastewater in the treatments that gave results was low, with percentages between 2.19% to 23.04% in turbidity and from 0.5% to 20.3% in color; being the highest values obtained by the treatments that only had residues.

Keywords: Wastewater, biological filters, coconut, and rice husks.

1. Introducción

No sólo en nuestro país sino en toda Latinoamérica, existen deficiencias técnico-sanitarias en el proceso cárnico, convirtiéndose ésta en una industria altamente contaminante por los desechos generados como: sangre, contenido ruminal, estiércol y agua, los mismos que normalmente no son tratados de manera óptima antes de ser descargados al medio ambiente. Ecuador, cuenta con una población aproximada de 4,5 millones de bovinos distribuidos en todo el territorio nacional, y con más de 200 mataderos localizados, que en su mayoría están siendo administrados por municipios (Censo Nacional Agropecuario 2000).

En la provincia de Manabí, la mayoría de los cantones cuentan con un camal municipal destinado al faenamiento de ganado, sin embargo, éstos no prestan un servicio de calidad (Villalva 2014).

Como en la mayoría de las industrias, un camal demanda alto consumo de agua y energía, genera efluentes sólidos y líquidos con cargas elevadas de contaminantes, además de ruidos, impacto visual y olores fuertes (INTEC Chile 1998).

Los efluentes de los mataderos contienen: sangre, estiércol, pelo, grasas, huesos, proteínas y otros contaminantes solubles. La composición de los efluentes dependerá del proceso de producción y de los pretratamientos en la descarga de cada proceso.

En general, los efluentes tienen altas concentraciones de compuestos orgánicos y nitrógeno; los residuos líquidos son generados en:

a) Los corrales de reposo, por aguas de lavado, materia fecal y orinaria del ganado.

b) Área de desangrado.

c) Operaciones de remoción de cueros, pelo y otras partes no comestibles.

d) Procesamiento de la carne, vísceras e intestinos, pedazos de carne, pelo y desinfectantes.

e) La operación de trozado de la carne genera sólidos que caen al piso, que se adhieren a cuchillos y equipos, los que luego son eliminados en la operación de limpieza.

Los efluentes generados en el faenamiento vacuno son principalmente aguas de lavado, con contenidos de sangre y algunas partículas gruesas de cueros y huesos; en el caso del procesamiento de cerdos, son aguas calientes con gran cantidad de pelo (PAN BID 2005).

Una alternativa para el manejo de las aguas grises es la aplicación de filtros biológicos, los que se valen de procesos

naturales para la purificación de las aguas. Las capacidades tecnológicas y los recursos económicos inadecuados de los países en desarrollo hacen que para resolver los problemas de saneamiento se deben de buscar tecnologías alternativas e innovadoras. (CONICYT s.f.).

Aunque la biofiltración es una técnica empleada desde la antigüedad, lo que la hace atractiva en la actualidad, es la utilización de nuevos materiales que reemplazan a los usados en los medios granulares tradicionales, mejorando así su competencia frente a otras alternativas de tratamiento (Arango 2004).

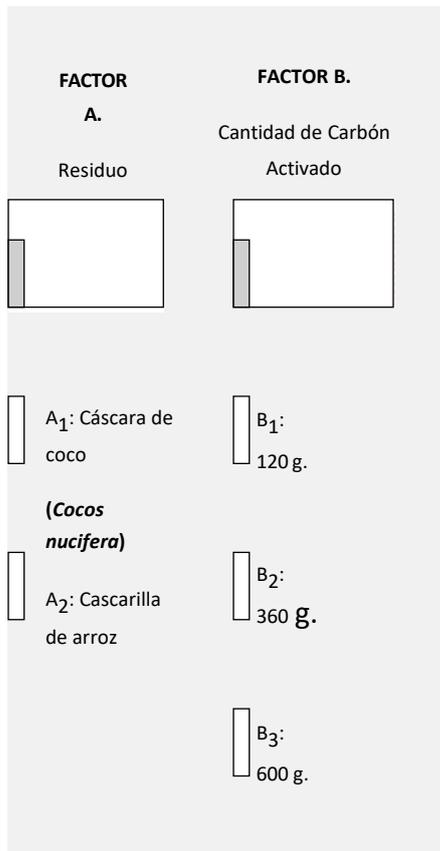
2. Metodología

2.1 Diseño Experimental

Se desarrolló una investigación de laboratorio mediante un diseño experimental de carácter cuantitativo, ya que se buscó evaluar la efectividad de los distintos tratamientos respecto a cada una de las distintas concentraciones de los factores de residuos, además se determinó, las diferencias significativas entre los tratamientos con un análisis de varianza.

2.2 Factores en estudio

Ilustración N°1. Factores en estudio del diseño experimental.



Elaborado por: Autores.

2.3 Tratamiento Experimental

Se realizaron 3 tratamientos por cada tipo de residuo (cáscara de coco y cascarilla de arroz) en estudio, más 3 testigos, de mezcla entre los dos tipos de residuos, con 3 repeticiones; un total equivalente de 27 unidades experimentales. La tabla 1 señala el delineamiento experimental de la investigación.

Tabla N° 1. Delineamiento Experimental.

Diseño Experimental	Diseño Completamente al Azar (DCA) En arreglo Bi factorial	
Número de Tratamientos	9	
Número de Repeticiones	3	
	Cantidad en gramos (g.) de carbón activado	
Niveles	1.	120 g.
	2.	360 g.
	3.	600 g.

Elaborado por: Autores.

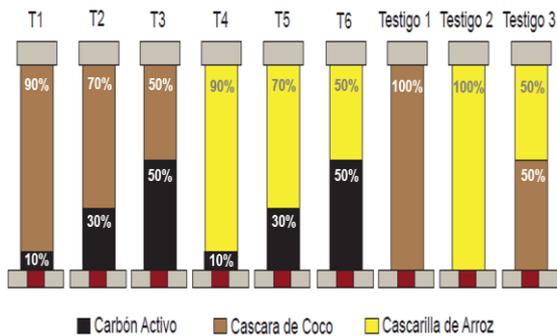
En la tabla 2, se muestran las combinaciones de dosis de los tratamientos; y en la ilustración 2 los porcentajes de acuerdo con el volumen ocupado de cada unida experimental.

Tabla N° 2. Combinaciones de Tratamientos en estudio.

Tratamiento	Código Unidad Experimental	Descripción	Dosis Sustrato (Gramos)	Dosis Carbón Activado (Gramos)
1	A1 B1	Cascarilla de Coco	90 g.	120 g.
2	A1 B2	Cascarilla de Coco	70 g.	360 g.
3	A1 B3	Cascarilla de Coco	50 g	600 g.
4	A2 B1	Cascarilla de Arroz	135 g.	120 g.
5	A2 B2	Cascarilla de Arroz	105 g.	360 g.
6	A2 B3	Cascarilla de Arroz	75 g.	600 g.
7	Testigo 1	Cascara de Coco	100 g.	0 g.
8	Testigo 2	Cascarilla de Arroz	150 g.	0 g.
9	Testigo 3	Cascara de Coco y Cascarilla de Arroz	50 g. 75 g.	0 g.

Elaborado por: Autores.

Gráfico N°1. Unidades Experimentales de Tratamientos.

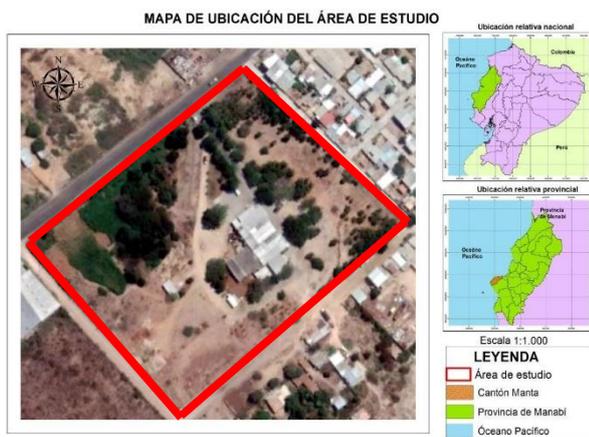


Elaborado por: Autores.

2.4 Agua Residual de Camal

El agua residual tratada se recolectó el 9 de enero del 2020, en el camal Municipal del Cantón Manta, ubicado a la entrada de la comunidad de San Juan (Ilustración 2); se envasó en botellas plásticas de 1 galón y se trasladó hasta el laboratorio de aguas de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Uleam, para la determinación de color y turbidez y para su posterior tratamiento.

Ilustración N° 2. Ubicación Geográfica del Camal Municipal del Cantón Manta.



Elaborado por: Autores.

Coordenadas Camal Municipal del Cantón Manta:

X: 0529462,34

Y: 09892962,34

2.5 Cáscara de coco (*Cocos nucifera*)

La cascara de coco se obtuvo de los residuos de los procesos de una heladería artesanal ubicada en el Barrio Santa Mónica de la Ciudad de Manta; esta fue secada bajo el sol a temperatura ambiente entre las 10H00 AM hasta las 16H00 PM en exteriores durante 7 días, luego se trituró la materia, en fragmentos de 1 cm a 4 cm por cada lado aproximadamente, para después volver a secar a una temperatura de 45°C durante 4 horas en una estufa de secado por convección para tener un secado estándar del residuo implementado en los filtros.

2.6 Cascarilla de arroz (*Oryza sativa*)

La cascarilla de arroz se obtuvo de los residuos de cosecha de cultivos de arroz en el cantón Rocafuerte; esta fue secada bajo el sol a temperatura ambiente entre las 10H00 AM hasta las 16H00 PM en exteriores durante 7 días, las medidas promedio de la cascarilla de arroz son: 9 ml de largo, 1,5 ml de alto y

1 ml de ancho; se volvió a secar a una temperatura de 45°C durante 4 horas en una estufa de secado por convección para tener un secado estándar del residuo implementado en los filtros.

2.7 Carbón Activado

El carbón activado que se empleó en los filtros es el de uso comercial; realizando un ensayo de granulometría con tamices empleando una muestra de 88 g. de carbón activado en la tabla 3 se detallan los valores de granulometría:

Tabla N° 3. Valores Granulométricos de Carbón Activado.

Tamiz ¼ (6.3 mm)	8 g. retenido
Tamiz No. 4 (4.75 mm)	20.5 g. retenido
Tamiz No. 10 (2 mm)	56.3 g. retenido
Tamiz No. 12 (1.70 mm)	2 g. retenido
Tamiz No. 16 (1.18 mm)	0.7 g. retenido
Tamiz No. 18 (1 mm)	0.2 g. retenido
Fondo (Polvo)	0.3 g. retenido
Total	88 g.

Elaborado por: Autores.

2.8 Elaboración de Biofiltros

Para los filtros se utilizaron tubos de PVC de 3 pulgadas adaptados, con una capacidad de 1300 ml, donde se colocó por niveles carbón activado y sustratos de las cascaras compactados

porcentajes de acuerdo con el volumen del contenedor.

Se aplicaron los siguientes niveles de carbón activado:

1. Hasta los 100 ml. 120 g. carbón activado
2. Hasta los 300 ml. 360 g. carbón activado
3. Hasta los 500 ml. 600 g. de carbón activado

El restante, se completó con cascara de coco y cascarilla de arroz hasta llegar los 1000 ml. de la unidad experimental en cada recipiente.

Adicional se realizó 3 filtros sin carbón activado que serán utilizados como testigo:

1. Hasta los 1000 ml. cascara de coco.
2. Hasta los 1000 ml. cascarilla de arroz.
3. Hasta los 500 ml. cáscara de coco + 500 ml. de cascarilla de arroz.

Para el tratamiento del agua se empleó 500 ml. de agua residual de camal por cada filtro.

Antes de filtrar el agua residual primero se preparan los filtros, filtrando 200 ml. de agua destilada, para limpiar los filtros y activar isotermas de adsorción.

2.9 Análisis de Parámetros Físicos

2.9.1 Análisis de Color Real

El método de análisis para la determinación de color real por espectrofotometría empleado por Martínez & Osorio (2017), cumple con los niveles de aceptación establecidos por las normas nacionales e internacionales relacionadas con la calidad en el laboratorio NTC ISO IEC 17025:2005, y aseguran que el método es adecuado para la determinación rutinaria de color real en aguas naturales, residuales domésticas y no domésticas.

Cuando una molécula absorbe a ciertas longitudes de onda de luz visible y transmite o refleja otras, se dice que la molécula tiene un color, si absorbe todas las longitudes de onda el objeto aparece color negro, si por el contrario refleja todas las longitudes de onda se observa color blanco (González y Hernández 2002).

Ilustración N° 3. Espectro visible por el hombre (Luz).



Fuente: www.gafasyvision.com

En la tabla 4 presenta los colores que pueden ser vistos por el hombre en relación con la longitud de onda a la cual absorben.

Tabla N° 4. Colores reflejados y visibles por el ojo humano de acuerdo con la longitud de onda absorbida.

λ (nm)	Color absorbido	Color reflejado
380 – 420	Violeta	Amarillo – Verde
420 – 440	Azul-Violeta	Amarillo
440 – 470	Azul	Anaranjado
470 – 500	Verde-Azul	Rojo
500 – 520	Verde	Purpura
520 – 550	Amarillo-Verde	Violeta
550 – 580	Amarillo	Azul – Violeta
580 – 620	Anaranjado	Azul
620 – 680	Rojo	Verde – Azul
680 – 780	Purpura	Verde

Fuente: (González & Hernández 2002)

2.10 Análisis de Turbidez

Para el análisis de turbidez se empleó el Turbidímetro de laboratorio WQ770 de la marca Global Water; el cual es un instrumento nefelométrico que mide la turbidez de un líquido causada por las partículas que se encuentran en suspensión, al hacer pasar un rayo de luz a través de una muestra se va a medir la luz reflejada por las partículas en suspensión en un ángulo de 90° con respecto al rayo incidente. La densidad de estas partículas se encuentra en función de la luz reflejada por las partículas que se encuentran

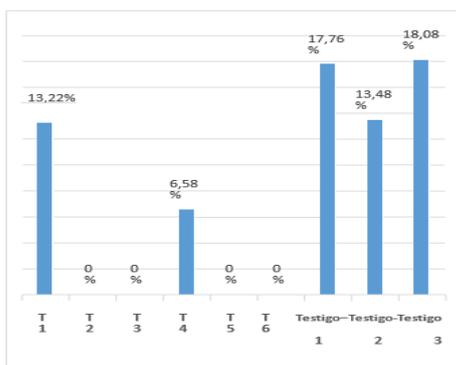
suspendidas en el detector. La cantidad de luz reflejada para una densidad dada de partículas depende principalmente de las propiedades de las partículas como su forma, color y reflectividad. (Hidalgo 2011).

Se analizó el agua residual antes de la filtración y después de la aplicación en cada tratamiento.

3. Resultados y Discusión

El gráfico 2, representa las medias de los tratamientos de todas las unidades experimentales, donde los mayores porcentajes de remoción se evidencian en los tratamientos testigos y posteriormente en los tratamientos con menor cantidad de carbón activado y más residuos. El tratamiento con mayor porcentaje de remoción es el testigo 3, con la combinación entre un 50% cascarilla de arroz y un 50% cascara de coco.

Gráfico N° 2. Porcentaje de remoción general Turbidez.

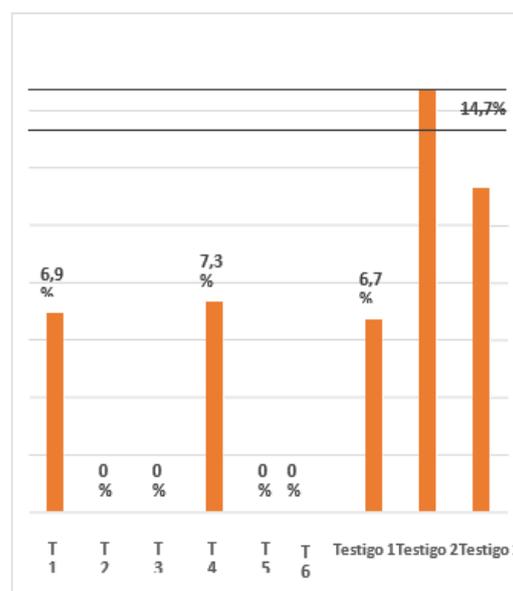


Elaborado por: Autores.

El gráfico 3, señala que los mayores porcentajes de remoción se evidencian en los tratamientos testigos; entre los tratamientos que contenían carbón activado y tuvieron eficiencia, presentan valores similares, pero no significativos.

El tratamiento con mayor porcentaje de remoción en la frecuencia 650 nm es el testigo 2, con una concentración del 100% de cascarilla de arroz.

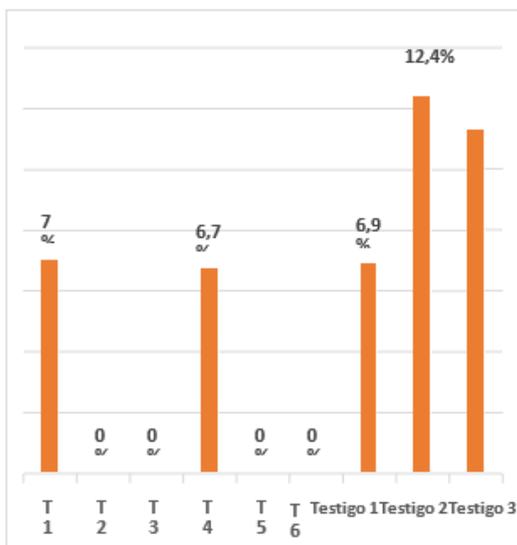
Gráfico N° 3. Porcentaje de remoción general de color frecuencia 670 nm.



Elaborado por: Autores.

El gráfico 4 señala que el tratamiento con mayor porcentaje de remoción en la frecuencia 690 nm es el testigo 2, con una concentración del 100% de cascarilla de arroz.

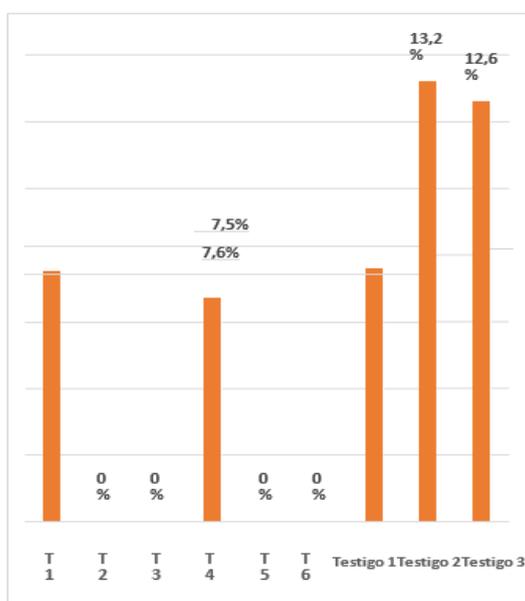
Gráfico N° 4. Porcentaje de remoción general de color frecuencia 670 nm.



Elaborado por: Autores.

El gráfico 5 señala que el tratamiento con mayor porcentaje de remoción en la frecuencia 710 nm es el testigo 2, con una concentración del 100% de cascarilla de arroz.

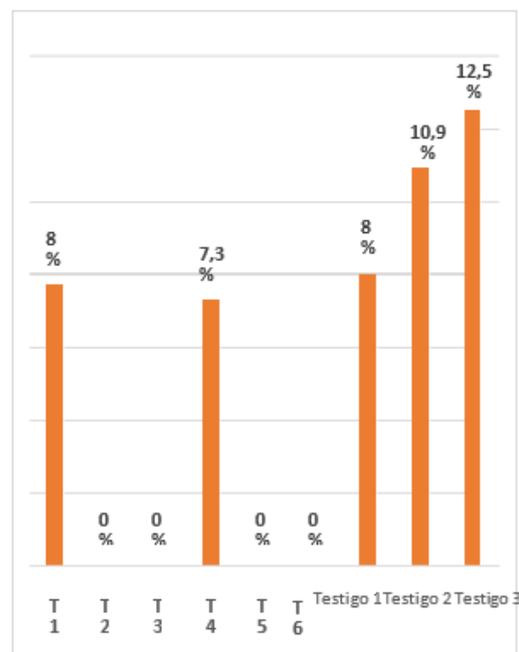
Gráfico N° 5. Porcentaje de remoción general de color frecuencia 710 nm.



Elaborado por: Autores.

El gráfico 6, señala que el tratamiento con mayor porcentaje de remoción en la frecuencia 730 nm es el testigo 3, con una concentración del 50% cáscara de coco y 50% de cascarilla de arroz.

Gráfico N° 6. Porcentaje de remoción general de color frecuencia 730 nm.



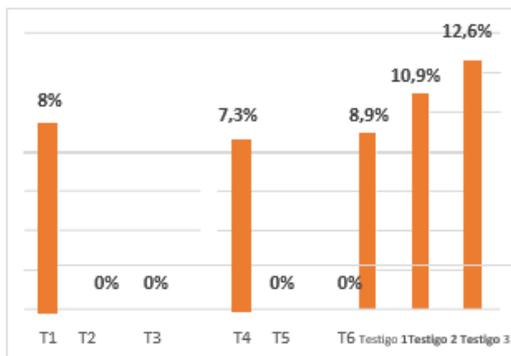
Elaborado por: Autores.

En el Gráfico 7, el tratamiento con mayor porcentaje de remoción en la frecuencia 750 nm es el testigo 3, con una concentración del 50% cascara de coco y 50% de cascarilla de arroz.

En todas las frecuencias de absorbancia los tratamientos que tuvieron porcentajes más altos de remoción son las unidades que solo tenían combinaciones de residuos de cascara de coco y cascarilla de arroz (testigos);

en las frecuencias 650nm, 670nm, 690nm y 710nm predominó el testigo 2 (100% cascarilla de arroz) y en las frecuencias 730nm y 750nm predominó el testigo 3 (50% cascara de coco y 50% cascarilla de arroz).

Gráfico N° 7. Porcentaje de remoción general de color frecuencia 750 nm.



Elaborado por: Autores.

Los resultados obtenidos en la fase experimental del presente estudio entre los 9 tratamientos de combinaciones entre carbón activado con residuos de cáscara de coco y cascarilla de arroz en estudio indican que no hubo una reducción significativa; se observa una peculiaridad en los resultados finales, considerando como hipótesis de que los tratamientos por filtración tendrían una efectividad en reducir el color y la turbidez en el agua residual de camal; sin embargo, al realizar el experimento, no se evidenciaron una disminución significativa en todos los tratamientos, no obstante en los tratamientos que

contenían mayor concentraciones de carbón activado (30% y 50%) no hubo una reducción ni eficiencia de remoción, lo que se ve influenciado por la procedencia del carbón y preparación del mismo en los filtros en relación a las características evaluadas; según el grupo Biotar (s.f.) en su manual del carbón activo menciona que la eficiencia del carbón activo en los procesos de adsorción viene dada fundamentalmente, por la naturaleza de la materia prima y el proceso de activación utilizado en la producción del mismo, y no obstante, por su naturaleza apolar y por el tipo de fuerzas implicadas en el proceso de adsorción, retendrá preferentemente moléculas apolares y de alto volumen molecular (hidrocarburos, fenoles), mientras que sustancias como nitrógeno, oxígeno y agua prácticamente no son retenidas por el carbón a temperatura ambiente; por lo que las sustancias polares se retienen débilmente sobre la superficie (apolar) del carbón y por ende finalmente, cuando la sustancia a eliminar tiene una polaridad apreciable, por el carbón sólo es efectiva si se impregna con reactivos específicos. De esta manera, se podría constatar que en la adsorción se producen series de

reacciones químicas que transforman los productos tóxicos en inertes y estos llegan a desorberse del mismo carbón activado.

La eficiencia del carbón activado, también se contrapone a lo establecido por Lehner (2010) que menciona que el carbón activado es un agente purificador de gases y líquidos porque está científicamente comprobado que retienen contaminantes orgánicos, incluyendo los que dan sabor, olor y color; lo que quiere decir que las concentraciones más elevadas de carbón utilizadas mantienen una tendencia de afectación y elevación a las características evaluadas.

Se concluye que los resultados obtenidos no demostraron una variación significativa como se lo esperaba, demostrando una diferencia muy bajas en cada una de los parámetros estudiados con relación a los tratamientos testigos; concordando con la hipótesis, se puede apreciar como los residuos independientemente del carbón activado tienen una mayor reducción de los parámetros establecidos aun sin tener diferencias significativas; ya que según Cardoña et al (2013), existe la posibilidad de que la

capacidad de adsorción por parte de subproductos agrícolas puede estar relacionada con la afinidad hacia ciertos tipos de contaminantes en específico.

La eficiencia obtenida en la remoción de los parámetros evaluados del agua residual en los tratamientos que dieron resultados fue baja, con porcentajes entre 2,19% a 23,04% en turbidez y de 0,5% a 20,3% en color.

Bravo y Garzón (2017), analizaron la eficiencia del carbón activado a base de cáscara de coco (*cocos nucifera*) para la remoción de contaminantes en el agua; considerando que el carbón a base de este residuo es uno de los que mayor eficiencia presenta al momento de la adsorción de partículas; de los tratamientos que fueron utilizados en una muestra de agua con una turbidez de 69 ntu, el de menor eficiencia de remoción obtenida fue el de una concentración de 25 g. de carbón teniendo un porcentaje de 36,61% en comparación con el tratamiento de mayor eficiencia (50% cáscara de coco, 50% cascarilla de arroz) del presente experimento con un 18,08%, empleado en una muestra de agua con turbidez de 638 ntu; entre los porcentajes de remoción se aprecia una diferencia

significativa entre los métodos y materiales empleados de los experimentos; es necesario tomar en cuenta que cantidad global del agua (turbidez y/o presencia de contaminantes), también afecta la capacidad del carbón activado para remover un contaminante específico (Carrillo y Sánchez 2013).

Referente a la remoción de color, se presentan resultados similares a los de reducción de turbidez en comparación de tratamientos, con valores distintos en niveles de absorbancia por espectrofotometría; de la misma manera los testigos son los que poseen el mayor porcentaje de remoción, seguido de los tratamientos 1 y 4 de las mezclas con carbón activado. En las frecuencias de absorbancia 650 nm, 670nm, 690 nm y 710 nm, dominó el testigo 2 (100% cascarilla de arroz) con los porcentajes promedios de 13,6%, 14,7%, 12,4% y 13,2% respectivamente; mientras que en las frecuencias de 730 nm y 750 nm domino el testigo 3 (50% cascara de coco, 50% cascarilla de arroz) con los porcentajes de 12,5% y 12,6%.

Haciendo alusión al trabajo ya mencionado de Bravo y Garzón (2017), en la eficiencia del carbón activado a

base de cáscara de coco, con distintas concentraciones en sus tratamientos, al evaluar el porcentaje de remoción de color, obtienen porcentajes de remoción significativos con valores de hasta 59,43%, es decir, que el agua al pasar por el filtro disminuyó el color, pero no al 100%; es necesario recordar que este parámetro de calidad del agua no solo está asociado a las sustancias en suspensión sino también a las sustancias disueltas que se encuentren en la misma (López 2013) ya que el agua residual de camal, presente una gran cantidad de sustancias disueltas y concentradas que tornan a la misma con tonalidades oscuras presentado una apariencia de colores rojo, café, concho de vino.

Carrillo y Sánchez (2013), mencionan que, en el tratamiento con carbón activado, es de suma importancia el tiempo de contacto entre el agua y el carbón, pues el carbón en función de características propias requiere tiempos de contacto distintos para adsorber las sustancias del agua; de esta manera se podría mejorar los porcentajes de remoción de los tratamientos; no solo considerarlo en los tratamientos con carbón, si no también aplicarlos en los filtros con residuos.

Giri et al (2012), especifica que la remoción de metales en aguas ha sido reportada como eficiente mediante la preparación de carbón activado a partir de residuos como el aserrín, cáscaras de arroz, fibra de coco, bagazo de caña, entre otros; con este ensayo se trató de verificar la eficiencia de los residuos en su estado natural, en base a los resultados obtenidos y las comparaciones puede ser motivo para seguir indagando en el aprovechamiento de residuos orgánicos generados por la agricultura e industria, concordando con Vargas y Pérez (2018), en que los residuos cuentan con un alto potencial para ser aprovechados en diferentes procesos que incluyen elaboración de nuevos productos, agregación de valor a productos originales para la recuperación de condiciones ambientales alteradas.

Conclusiones

Se elaboraron 9 filtros con combinaciones entre residuos de cáscara de coco y cascarilla de arroz junto a carbón activado, diversificando las dosis, para analizar la eficiencia de cada uno de los tratamientos.

Mediante análisis de laboratorios, se pudo obtener valores cuantitativos, que se usaron para calcular los porcentajes de eficiencia de remoción en cada tratamiento.

Los análisis y tratamientos del agua residual pueden variar debido a las condiciones in situ y de laboratorio.

El tiempo de filtración puede influir de manera significativa, ya que a un mayor tiempo de retención se podría evidenciar mayor adsorción por parte de los materiales adherentes.

En los tratamientos testigos se obtuvo un mayor promedio de porcentaje de remoción de turbidez de acuerdo a sus concentraciones que solo contenían los residuos empelados, llegando a 17,76% el Testigo 1 (100% cascara de coco), a 13,48% el testigo 2 (100% cascarilla de arroz) y 18,08% el testigo 3 (50% cascara de coco, 50% cascarilla de arroz), siendo este el filtro con mayor eficiencia de entre todos los tratamientos; en las tratamientos que contienen carbón activado solo se obtuvieron resultados en la combinación 10% carbón activado + 90% cascara de coco (T1) 10% carbón activado + 90% cascarilla de arroz (T4) siendo los porcentaje de 13,22% y 6,58%

respectivamente; los tratamientos restantes no tuvieron porcentaje de remoción por ende se les considera un 0% de eficiencia.

Los filtros (testigos) con concentraciones de cascara de coco y cascarilla de arroz (residuos) tuvieron mayor porcentaje de remoción en comparación con los tratamientos, no obstante, estadísticamente las diferencias no son significativas.

Los filtros con combinaciones de carbón activado no tuvieron la eficiencia esperada, debido a la saturación del carbón por el agua residual de camal; por lo que el carbón activado no es adecuado para tratar un agua con una gran densidad y cantidad de contaminantes.

La cáscara de coco y cascarilla de arroz, pueden ser utilizados como bio adsorbentes de varios tipos de contaminantes o características de aguas residuales; siempre que se adecuen los procesos necesarios para la eficiencia de estos.

La utilización de residuos orgánicos agrícolas e industriales para la adsorción de partículas contaminantes como tratamiento puede ser una alternativa

beneficiosa para empresas y comunidades que generen cargas de aguas contaminadas.

Bibliografía

Alianza por el Agua. s.f. Manual de depuración de aguas residuales urbanas. Monográficos Agua en Centro América. vol. 3. 28 p.

APHA / AWWA / WEF. 2012. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.

Arango Ruiz, A. 2004. La biofiltración, una alternativa para la potabilización del agua. Revista Lasallista de Investigación vol. 1(2):61-66. Obtenido de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=69510210>

Arboleda Valencia, J. 2000. Teoría y práctica de la purificación del agua. Santa Fe de Bogotá. 793 p. Tomo 2.

Bastidas, L; 2012. Diseño de un filtro con piroclastos finos para la purificación del agua de la comunidad de San Francisco (Baños-Tungurahua). Ing. en Biotecnología Ambiental. Riobamba, Ecuador, Escuela Superior politécnica del Chimborazo. 11 p.

Biotar. s.f. Manual del Carbón Activo. Máster en Ingeniería del Agua. Sevilla, España, E.U Politecnica.13p.Obtenido de

- <http://www.elaguapotable.com/Manual%20del%20carb%C3%B3n%20activo.pdf>
- Bravo Moreira, K; Garzón Moreno, A. 2017. Eficiencia del carbón activado procedente del residuo agroindustrial de coco (cocos nucifera) para remoción de contaminantes en agua. Tesis Ing. en Medio Ambiente. Calceta, Ecuador, Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí. 32-33 p.
- Cardona, A; Cabañas, D; Zepeda, A. 2013. Evaluación del poder biosorbente de cáscara de naranja para la eliminación de metales pesados, Pb y Zn. Ingeniería vol. 17(1):1-9.
- Carrillo, V; Sánchez, N. 2013. Elaboración de un filtro a base de carbón activado obtenido del endocarpio de coco con el propósito de reducir la dureza en el agua potable. Tesis Lic. en Química y Farmacia. San Salvador, El Salvador, Universidad de El Salvador. 59 p.
- Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología CONICYT. s.f. Biofiltros domiciliarios: filtros biológicos para la remoción de nutrientes en aguas grises. Delgado, H; Pérez, W (comps.). Nicaragua. 2-3 p.
- Crespo, C. 2003. Ley de Mataderos. 1 p. Obtenido de [http://epmrpg.santodomingo.gob.ec/docs/transparencia/2015/Anexos/LEY_DE_MATADEROS_Y_REFORMA_Y_REGLAMENTO\(3\).pdf](http://epmrpg.santodomingo.gob.ec/docs/transparencia/2015/Anexos/LEY_DE_MATADEROS_Y_REFORMA_Y_REGLAMENTO(3).pdf)
- Garzón Alvear, I. 2010. Diagnóstico ambiental del camal municipal de la ciudad de Santo Domingo y mejora de su gestión. Tesis Ing. Ambiental. Quito, Ecuador, Escuela Politécnica Nacional. 115 p.
- Giri, A; Patel, R; Mandal, S. 2012. Removal of Cr(VI) from aqueous solution by Eichhorniacrassipes root biomass-derived activated carbon. Chemical Engineering.
- González, C; Hernández, L. 2002. Introducción al análisis instrumental. Barcelona.
- Guerrero, E; Ramírez, I. 2004. Manejo ambiental de residuos en mataderos de pequeños municipios. Scientia Et Technica vol. 10(26): 143-155
- Guerrero, J. 2004. Manejo ambiental de residuos en mataderos de pequeños municipios. Pereira, Colombia. Scientia Et Technica. v.10, 290 p.
- Hidalgo, G. 2011. La ciencia del agua. (en línea, sitio web). Obtenido de <http:// analisisdelagua.blogspot>.

- com/2011/10/el-turbidimetro.html
- Salud n.o 67. Art. 104. Ecuador. 2015.
- López, D. 2011. Biodegradación de aguas residuales inhibitorias en un reactor discontinuo secuencial. Tesis. Lic. Biología. Querétaro, México, Universidad Autónoma de Querétaro. 28 p.
- Lozano Rivas, W. 2004. Una nueva manera de potabilizar el agua. Revista Acodal (206):25-29
- Martínez, M; Osorio, A. 2017. Validación de un método para el análisis de color real en agua. Revista de la Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia vol. 7(1):143-155.
- Mejías Brizuela, N; Orozco Guillen, E; Galaán Hernández, N. 2016. Aprovechamiento de los residuos agroindustriales y su contribución al desarrollo sostenible de México. Revista de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales. Vol. 2 (6):27-41.
- Méndez, R. 1995. Aprovechamiento de subproductos agropecuarios. Santafé de Bogotá: Unisur.
- MINAMBIENTE. 2015. Resolución N° 0631 17 Marzo 2015. Obtenido de http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/resoluciones/d1-res_631_marz_2015.pdf
- III Censo Nacional Agropecuario. 2000. Panorama de la cadena agroindustrial de la carne y sub productos.
- INTEC Chile. 1998. División de Tecnologías de la Corporación de Investigación tecnológica: Guía Ambiental sector mataderos.
- INTEC Chile. 1998. Opciones de Gestión Ambiental.
- Lara Villacís, L. 2011. Las aguas residuales del camal municipal del cantón baños y su incidencia en la contaminación del Río Pastaza en la provincia de Tungurahua. Tesis Ing. Civil. Ambato, Ecuador, Universidad Técnica de Ambato. 24 p.
- Lascano Vera, J. 2007. Elaboración de cuatro tipos de harinas a base de subproductos de matadero en el Camal Frigorífico Municipal de Riobamba. Riobamba, Ecuador, ESPOCH. 159 p.
- Lehner, R. 2010. Planta piloto para carbón activado. Guayaquil, Ecuador, Escuela Superior Politécnica del Litoral.
- Ley de Prevención y Control de la Contaminación n.o 20. Art. 6. Ecuador. 2004. Ley Orgánica de

Ocaña Sánchez, M. 2013. Propuesta de reuso de desechos orgánicos obtenidos del proceso de eviscerado del Centro de Faenamiento Ocaña Cía. Ltda. de la ciudad de Quero para disminuir la contaminación del suelo. Tesis Diplomado Superior en Auditoria y Aseguramiento de la calidad para el sector alimenticio. Ambato, Ecuador, Universidad Técnica de Ambato. 2 p.

Programa Ambiental Nacional ANAM-PAN-BID. 2005. Producción más limpia para el sector de beneficio de ganado bovino y porcino.

Programa de Agua y Saneamiento, América Latina y el Caribe (WSP-LAC). 2006. Biofiltro: Una opción sostenible para el tratamiento de aguas residuales en pequeñas localidades. 8 p.

Ruiz Cortines, A. 2012. Impacto ambiental. Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales. (en línea, sitio web). Obtenido de <http://www.semarnat.gob.mx/temas/gestionambiental/impacto-ambiental-y-tipos>.

Severiche Sierra, C; Castillo Bertel, M; Acevedo Barrios, R. 2013. Manual de Métodos Analíticos para la Determinación de parámetros Físico Químicos básicos en aguas. Cartagena de Indias, Colombia. 14 p.

Vargas Corredor, Y; Pérez Pérez, L. 2018. Aprovechamiento de residuos agroindustriales para el mejoramiento de la calidad del ambiente. Revista Facultad de Ciencias Básicas vol.14 (1):59-72.

Villalva Pillajo, N. 2014. Correctivos sobre la insalubridad del camal del cantón El Carmen frente a los derechos del buen vivir. Abg. de los tribunales de la República. Santo Domingo, Ecuador, UNIANDES. 2, 12 p. Obtenido de <http://dspace.uniandes.edu.ec/bitstream/123456789/1681/1/TUSDAB014-2015.pdf>