



## Aplicación de Fibras Orgánicas en un Sistema de Tratamiento de Aguas de Segundo uso Doméstico en el Municipio de Escárcega

**Blanca del Rosario Martín-Canché<sup>1</sup>**

[blanca\\_martin@itsescarcega.edu.mx](mailto:blanca_martin@itsescarcega.edu.mx)

<https://orcid.org/0000-0003-2958-4444>

Tecnológico Nacional  
de México/ITS de Escárcega.  
México

**Martín Gabriel Chan-Palomo**

[martinpalomo@itsescarcega.edu.mx](mailto:martinpalomo@itsescarcega.edu.mx)

<https://orcid.org/0000-0002-6739-6105>

Tecnológico Nacional  
de México/ITS de Escárcega.  
México

**Abimael Naal-Ocampo**

[ocampo\\_ier@itsescarcega.edu.mx](mailto:ocampo_ier@itsescarcega.edu.mx)

<https://orcid.org/0000-0002-3993-288x>

Tecnológico Nacional  
de México/ITS de Escárcega.  
México

**Maximiliano Vanoye-Eligio**

[maxvanoye@itsescarcega.edu.mx](mailto:maxvanoye@itsescarcega.edu.mx)

<https://orcid.org/0000-0002-6438-9479>

Tecnológico Nacional  
de México/ITS de Escárcega.  
México

**José Luis Guillen-Taje**

[taje@itsescarcega.edu.mx](mailto:taje@itsescarcega.edu.mx)

<https://orcid.org/0000-0002-9226-872X>

Tecnológico Nacional  
de México/ITS de Escárcega.  
México

**Eliezer del Jesús Casado-Ramírez**

[ecasados@itsescarcega.edu.mx](mailto:ecasados@itsescarcega.edu.mx)

<https://orcid.org/0000-0001-8059-984X>

Tecnológico Nacional  
de México/ITS de Escárcega.  
México

### RESUMEN

La presente investigación propone, aplicar la biofiltración a partir de residuos lignocelulósicos a las aguas residuales domésticas que no están en óptimas condiciones, utilizando el proceso de tratamiento o purificación, además de promover a la población la aplicación de fibras para mejorar la calidad del agua, mediante el uso de la energía de biomasa como una fuente renovable, principalmente en zonas donde hay escasez de agua o no es potabilizada y transportada por tubos de acero y/o PVC hidráulicos a las zonas rurales del Municipio de Escárcega, Campeche. Para la obtención de filtros se empleó el procedimiento conforme a la NOM-F-90-S-1978-Determinación de Fibra Cruda en Alimentos a partir de residuos orgánicos de estropajo (Luffas cilíndricas), cáscara de coco, desechos orgánicos vegetales de palma aceitera residuos de caña de azúcar y cascarilla de arroz, debido a que poseen en sus estructuras la capacidad de filtración, remoción o desactivación de agentes contenidos presentes en las aguas adicionado a un proceso de recirculación continua. Asimismo, como recurso complementario al sistema se obtuvo carbón activado a partir de la corteza del coco (endocarpio), siendo este un factor que ayuda a eliminar los malos olores, colores y otros tipos de reactivos contaminantes que puedan estar presente en el agua. Se obtuvieron resultados favorables en la funcionalidad del proceso de tratamiento a partir de fibras orgánicas, mismas que se comprobaron con pruebas de dureza total, pH y microbiológicas, resultando dicho proceso en una opción viable y sustentable para que las comunidades puedan optar en tratar sus aguas que emplean en sus hogares de manera práctica y económica.

**Palabras clave:** *fibras; carbón activado; tratamiento de aguas; residuos lignocelulósicos.*

<sup>1</sup> Autor principal.

Correspondencia: [blanca\\_martin@itsescarcega.edu.mx](mailto:blanca_martin@itsescarcega.edu.mx)

## **Application Of Organic Fibers In A Second Domestic Use Water Treatment System In The Municipality Of Escarcega**

### **ABSTRACT**

The present investigation proposes to apply biofiltration from lignocellulosic waste to domestic wastewater that is not in optimal conditions, using the treatment or purification process, in addition to promoting the population the application of fibers to improve water quality, through the use of biomass energy as a renewable source, mainly in areas where there is a shortage of water or it is not potable and transported by hydraulic steel and/or PVC pipes to the rural areas of the Municipality of Escarcega, Campeche. To obtain filters, the procedure was used in accordance with NOM-F-90-S-1978- Determination of Crude Fiber in Food from organic scourer waste (cylindrical Luffas), coconut shell, organic vegetable waste from oil palm sugar cane residues and rice husks, due to the fact that their structures have the capacity for filtration, removal or deactivation of containment agents present in the water added to a continuous recirculation process. Likewise, as a complementary resource to the system, activated carbon was obtained from the coconut shell (endocarp), this being a factor that helps to eliminate bad odors, colors and other types of polluting reagents that may be present in the water. Favorable results were obtained in the functionality of the treatment process from organic fibers, which were verified with total hardness, pH and microbiological tests, resulting in said process in a viable and sustainable option so that communities can choose to treat their waters. that they use in their homes in a practical and economical way.

**Keywords:** *fibers; activated carbon; water treatment; lignocellulosic residues.*

*Artículo recibido 10 junio 2023*

*Aceptado para publicación: 10 julio 2023*

## INTRODUCCIÓN

Las fibras orgánicas tienen aplicación en diferentes sectores de la industria ya sea como biofiltros y otros como carbón activado. En el caso de los primeros, se ha aplicado en la industria alimentaria (Vélez et al., 2009; Prócel, et al., 2016; Ángeles Llanos, 2018), industria textilera (Monroy & Marín 2013; García & Olivera 2014), sector agrícola (Alvariño, 2005) y de igual forma se ha empleado materiales orgánicos para biofiltración en el tratamiento de aguas residuales (Garzón-Zúñiga et al., 2012; Cedeño-Loor, 2020; Viguera Cortés, 2012; Tejedor Oyos, 2019). Asimismo, las fibras orgánicas forman parte de la bioeconomía como producción de fuentes de energía, las cuales han sido alentadas por distintas instituciones internacionales (OCDE, Comisión Europea), así como estrategias nacionales a través del mundo, específicamente en América Latina, por su potencial reserva de biomasa a escala mundial, (Henry, 2014). Dentro del contexto de la sustentabilidad el aprovechamiento de las fibras orgánicas han sido una tendencia mundial, debido esto se ha probado a escala real el funcionamiento de sistemas de tratamiento de aguas para distintos fines económicos orientados a la población rural y al sector industrial (Garzón-Zúñiga et al., 2012). En ese sentido, diversas investigaciones se han enfocado en el uso de tratamiento de aguas residuales en distintas partes del mundo, tal es el caso de estudio realizado en Quito Ecuador, en la que se demuestra dos biofiltros pilotos utilizando aserrín y con fibra de coco para tratar el agua doméstica (Reyes, 2016). Por su parte Díaz Rodríguez et al. (2022), realizó un estudio en la Habana, Cuba, aplicando como biofiltros bagazo de caña, paja de arroz, entre otros, para la evaluación de la ecotoxicidad en aguas residuales. También se utiliza la fibra de coco en el proceso de tratamiento de las aguas residuales (Burgos Chichanda & Destin Pierre, 2021). En Colombia, Navarrete et al., (2009), estudió la composición de la Luffa cilíndrica como posible materia prima para construcción liviana, enfatizando que tiene múltiples usos en otros países como excelente filtro en calderas de buques, locomotoras y en grandes fábricas con equipos a vapor. En México, el agua ha sido reconocida como un recurso energético y de seguridad nacional, convirtiéndose en un elemento central del desarrollo social, (Bruckmann, 2012; Kuri et al., 2017). Por tal efecto, se requiere buen manejo del agua, evitar las descargas de aguas residuales urbanas, industriales y agrícolas las cuales contaminan su capacidad natural de asimilación y dilución, atribuido al crecimiento demográfico, la urbanización y el incremento en el consumo de agua en los hogares, la agricultura y la industria, han aumentado significativamente

el uso global del agua. Por lo tanto, lograr que todos los cuerpos de agua superficiales y subterráneos del país tengan buena calidad, aporten caudales para satisfacer las necesidades de la población, ha sido necesario los sistemas de tratamiento de aguas residuales, (De la Peña et al., 2013; Aguilar Martínez & Solano Pardo, 2018). Aunado a lo anterior, se pronostican acciones a largo plazo para mantener en operación infraestructuras de tratamiento para el reúso e intercambio de las aguas de primer uso por agua residual tratada, (Rocha Maguey, 2014). Por tal motivo, el uso de biofiltros en nuestro país y otros lugares del mundo ha sido una alternativa sustentable para el tratamiento de aguas residuales domésticas y de agroindustrias aprovechando el bajo costo y la disponibilidad de materiales regionales empleando soportes orgánicos como turba, astillas de madera de pino y fibra de agave (Garzón Zúñiga, 2002; Garzón Zúñiga et al., 2003; Buelna et al., 2011; Viguera Cortés et al., 2013).

## **METODOLOGÍA**

El estudio se realizó en el municipio de Escárcega Campeche, se seleccionaron cinco especies de residuos lignocelulósicos que tuvieran la característica de filtrar, remover o desactivar agentes contenidos presentes en las aguas como se ha mencionado con anterioridad, como lo presenta la cascarilla de arroz, estropajo, fibra de palma de aceite, bagazo de caña y la fibra de coco. Adicionalmente con cada fibra vegetal seleccionada se obtuvo carbón activado con la finalidad de utilizar aquella que cumpliera los requisitos para tal efecto, ya que, según Mohammed et al., (2011), consideran que es un material adsorbente y eficiente en la remoción de contaminantes. La materia prima fue colectada en distintos puntos de la localidad de Escárcega, de las cuales se aprovechó la parte fibrosa del fruto de las cinco especies. Para la obtención de las fibras para que funcionen como filtros se procedió conforme a la NORMA Oficial Mexicana NOM-F-90-S-1978-Determinación de Fibra Cruda en Alimentos. Se hicieron pruebas de las fibras obtenidas para la obtención de carbón activado como lo establece Luna et al. (2007).

Pruebas del proceso; Las fibras, obtenidas conforme al procedimiento que establece la norma, se colocaron en una malla de tela (tol) en un orden de sus propiedades y capacidad de retención, absorción y eliminación de microorganismos y sólidos disueltos totales, (estropajo, cáscara de coco, desechos orgánicos vegetales de palma aceitera residuos de caña de azúcar y cascarilla de arroz). Una vez lista las fibras, se dispuso a la valoración de la biofiltración de las fibras y carbón activado que haya sido

eficiente para tales procesos, se colocaron recipientes de plástico, a los cuales se les agregó la fibra y carbón de cada una de las especies en forma individual, se dispuso a filtrar por gravedad.

Se realizaron pruebas microbiológicas y fisicoquímicas iniciales a las muestras de agua tomadas en los mismos cinco puntos de muestreo reportados por Martín et al., (2021), valorando los mismos datos en cuanto al: pH, temperatura del agua y ambiente, niveles de dureza, cloro. También se realizaron los análisis microbiológicos para detectar las presencias de coliformes Totales/ Fecales (NMX-AA-042-SCFI-2015), se registraron posterior al proceso de filtración por gravedad bajo el procedimiento que marca dicha NMX (tabla 1 y 2).

Para la obtención de Carbón activado, se empleo el método físico (Galdos Sánchez, & Vidal Cerin, 2021), tomando como parámetros: tiempo y temperatura para obtener el carbon de los residuos lignoselulosicos (fibra de coco, residuo de caña de azúcar, luffa (estropajo), residuo de palma aceitera, y cascarilla de arroz, respectivamente) para la transformación del carbon activado. En la cual consistió en someter a carbonizar la materia prima en estudio, en la mufla a una temperatura de un rango de 350 a 380 °C de 15 a 30 min.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

La obtención de fibras orgánicas se hizo conforme al procedimiento que marca la NORMA Oficial Mexicana NOM-F-90-S-1978 Determinación de Fibra Cruda en Alimentos; cascarilla de arroz, estropajo, fibra de palma de aceite, bagazo de caña y la fibra de coco, mismas que debido a los beneficios que aporta en su composición de adsorción de partículas de los cuales su función es eliminar micro partículas de desechos que contiene el agua (Hernández, 2014). Los residuos orgánicos, han tenido distintas aplicaciones en el sector agrícola, debido a que contribuyen a la generación de energía, así como en la obtención de biomateriales (Bernui, F., & Rivero, J., 2016).

Fibras. Los resultados para las cinco especies analizadas (cascarilla de arroz, estropajo (Luffa cilíndrica), fibra de palma de aceite, bagazo de caña y la fibra de coco), han sido eficientes para emplearse como biofiltros, debido a su estructura lignocelulósica, que poseen la capacidad de retener partículas suspendidas en el agua. Entre ellas se destaca con optimos resultados, la fibra de coco; es la que presenta mayor filtración del 82.37% la cual cumple con la norma de calidad ambiental y de Descarga de Efluentes (Reyes, 2016) en todo el proceso, también, la fibra de Luffa presentaron valores

similares favorables en el tratamiento primario del 85%, 76% 55% de remoción, pero no se mantuvieron constantes durante el proceso, sin embargo se recomienda tomar en consideración un sistema continuo y lograr mejores resultados (Ruiz, et al., 2016). También, se ha demostrado que la Luffa como material adsorbente natural, posee la capacidad de retener aluminio, por lo que es considerado potencialmente bioadsorbente versátil en los procesos de tratamientos de agua removiendo distintos elementos contaminantes, (Carranza Gutiérrez, 2018).

Los resultados coinciden con otras investigaciones enfocadas al uso del coco como biofiltros, mencionando que esta contribuye en un alto porcentaje la remoción de contaminantes; 49% SST(Sólidos Suspendidos Totales), el 54% DQO(Demanda Química de Oxígeno) y el 78% DBO5(Demanda Bioquímica de Oxígeno en cinco días), quedando dichos parámetros dentro de los permisibles de la norma, por su parte, dicha filtración logra una eficiencia al 80% de manera general (Reyes, 2016; Burgos Chichanda & Destin, 2021). También, se reportan a la fibra de coco, Luffa y palma aceitera con características similares a la reportadas (Reyes, 2016; Burgos Chichanda et al., 2021; Suárez et al., 2015). Cabe señalar, que la cascarilla de arroz, se puede emplear como sustituto total o parcial de biofiltros, pero su uso debe ser complementado con un proceso de reoxigenación del agua, ya que su condición anaeróbica es un aspecto negativo para cuerpos de agua receptores de vertimientos (Infante, 2017). En el caso de la caña, se ha reportado que su tiempo de vida útil es muy corta (30 días), así como su eficiencia (10 días) una vez iniciada la filtración continua, por lo que se resalta que es apto para emplearla para un pretratamiento o tratamiento terciario, ya que pasado el tiempo por el tipo de material orgánico tiende a una degradación rápida, (Ger Zuleta, 2017).

De igual manera se obtuvo carbón activado a partir de la corteza del coco (endocarpio), siendo este un factor que ayuda a eliminar los malos olores, colores y otros tipos de reactivos contaminantes que puedan estar presente en el agua en cuestión.

De acuerdo a estudios reportados para la obtención de carbón activado empleando el método físico propuesto por Galdos Sánchez, & Vidal Cerin, (2021), a partir de residuos lignocelulósicos el rendimiento presentaron resultados significativos del residuo principalmente la palma africana con una eficiencia del 98% del resultado obtenido a diferencia del que reporta Zaray (2021) con un 81% y la fibra de coco se obtuvo un 82% en comparación con el dato reportado por Velásquez et al., (2007), de

un 85% en rendimiento. En el resto de las especies (*Luffa cilíndrica*, Caña de azúcar y Cascarilla de arroz) reportaron los datos más bajos (68.72%, 43% y 16.49%, respectivamente) en el rendimiento de carbón activado (tabla 3). Estos resultados son similares a los reportados por Valdez (2017), en el cual menciona que estas especies le reportan valores bajos entre 38 al 63% de rendimiento.

### **Etapas inicial del proceso de Análisis de las aguas**

Para el análisis del agua se tomaron muestras de las Lagunas reportadas por Martín et al., (2021), con la intención de brindar alternativas de uso de aguas para las comunidades aledañas al municipio de Escárcega, por lo que coinciden con los resultados antes reportados respecto a las características fisicoquímicas. Sin embargo, con respecto a la enumeración de organismos Coliformes totales, organismos coliformes Fecales (termotolerantes) y *E. coli*, (Tabla 1), empleando el método de cultivo líquido en serie, con el fin de determinar el grado de contaminación microbiana de las aguas, las cuales se tomó como parámetro la incubación en temperaturas de  $44,5 \pm 0.5$  °C para determinar la presencia de microorganismo patógenos termotolerantes. Los resultados resultan positivos, por lo que se realiza las pruebas confirmatorias para validar la presencia real de las bacterias en la primera fase del estudio (Tabla 2), resultando No significativo la presencia de dichos microorganismos. Sin embargo, a pesar de dichos resultados, se recomienda complementar con un proceso de tratamiento térmico el tratamiento del agua para garantizar la calidad del agua para uso domestico, en la industria y/o agrícola eliminar o desactivar dichos microorganismos que persistan en el agua, ya que algunas de ellas son termotolerantes y son resistentes a ciertas temperaturas elevadas (Quitral et al., 2001; Ramírez et al., 2011; Martín et al., 2021).

El uso de las especies de interes en este estudio, se han utilizado en distintas partes del país con fines similares. En Chiapas, se aplicó dos biofiltros con diferentes empaques (fibra de coco y grava), para remover la materia orgánica (Villanueva Hernández et al., 2012). Pereira-Martínez, (2017), emplea la *Luffa cilíndrica*, mejor conocida como estropajo común en la remoción de contaminantes en el agua. En el caso de la fibra de coco, la cual tiene un alto potencial en el tratamiento de aguas, no se le ha aprovechado, pero existe interés de promover sus beneficios entre la sociedad (González et al., 2015); En Veracruz, se ha empleado tres residuos agroindustriales (cáscara de naranja, cascarilla de café y bagazo de caña de azúcar), mediante el proceso de activación física de carbón activado en condiciones

controlada (Luna, D., 2007; Solís-Fuentes et al., (2012). Es importante resaltar que el agua tratada en distintos estados es variable; Aguascalientes y Nuevo León, se trata el 100%, siguiendo Baja California con 93%, Nayarit con 90.7%, Tamaulipas con 85.6% y Chihuahua, Sinaloa y Guerrero con más de 75%. Por el contrario, se registran coberturas más bajas en Yucatán y Campeche tratando sólo un 3% y 7% respectivamente, mientras que en el centro del país se registra una cobertura aproximadamente del 15%, (CONAGUA, 2012; Ríos González, 2015).

En Campeche, los recursos biológicos (caña de azúcar, estropajo, fibra de coco, palma aceitera, cascarilla de arroz, entre otros) se utilizan en el tratamiento de aguas residuales en otras regiones del país y del mundo. Sin embargo, en el estado no se ha promovido tales usos, sino más bien como complemento en la alimentación de animales domésticos y en forma artesanal (González et al., 2015). El tratamiento de aguas residuales se ha convertido en una prioridad para los sistemas de gobierno, por tal motivo, CONAGUA, (2012), reporta que el agua residual tratada va del 23% al 36.1%.

#### ILUSTRACIONES, TABLAS, FIGURAS.

**Tabla 1.** Muestras microbiológicas presuntivas con base a la NOM-127SSA11994

Dilución	M1	M2	M3
<b>Parámetros Norma 042</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>7</b>
<b>1:1000</b>	0+	0+	1+
<b>1:100</b>	1+	0+	1+
<b>1:10</b>	2+	2+	2+

**Tabla 2.** Muestras microbiológicas confirmatorias para *E. Coli*

Dilución	M1	M2	M3
<b>Parámetros Norma 042</b>	1	< 1	1
<b>1:1000</b>	0+	0+	0
<b>1:100</b>	1+	0+	1+
<b>1:10</b>	1+	1+	1+

3. Fase Final empleando fibras de especies lignocelulósicas

**Tabla 3.** Resultado de rendimiento de carbón a partir de residuos lignocelulósicos

Residuos	% Carbón
Residuos de palma	98%
Coco	85%
Luffa cilíndrica	68.72%
Caña de azúcar	43%
Cascarilla de arroz	16.49%

## CONCLUSIONES

El aprovechamiento de fibras orgánicas, carbón activado, entre otras aplicaciones (residuos lignocelulósicos), cascarilla de arroz, estropajo (*Luffa cilíndrica*), fibra de palma de aceite, bagazo de caña y la fibra de coco, se procesaron conforme a la NORMA Oficial Mexicana NOM-F-90-S-1978 Determinación de Fibra Cruda en Alimentos, debido a sus propiedades bioadsorbentes, por lo cual, se comprueban que son eficientes como material filtrante, ya que para el proceso de biofiltración poseen la capacidad en la remoción de materia orgánica, materiales suspendidos presentes en el agua, sin embargo, el agua es complejo por la concentración de compuestos orgánicos, se debe complementar con un proceso de tratamiento térmico lo cual contribuye a la eliminación o desactivación parcial principalmente de bacterias *E. coli* y Coliformes Totales. Estas alternativas de tratar las aguas a partir de residuos orgánicos, contribuyen al ecosistema en el aprovechamiento de material vegetal, mismos que al cumplir su ciclo de vida útil, estos se reintegran al suelo.

## AGRADECIMIENTOS

Deseamos manifestar nuestro agradecimiento al Tecnológico Nacional de México (TECNM) y al Instituto Tecnológico de Escárcega, por su apoyo y gestión en la realización de este estudio, hacer una mención especial al Proyecto con registro con clave SESC-PYR-2022-14374, sin financiamiento “Uso de sistemas de Tratamiento Solar térmico para el mejoramiento de la calidad del agua en las comunidades asociadas al Tren Maya, en el Sur de Campeche, Campeche, donde se dio inicio esta presente investigación en el año 2022. No obstante, se obtuvo los primeros resultados que fueron publicados en el trabajo “Análisis de las variables físico-químicas y microbiológicas de las lagunas del municipio de Escárcega, Campeche” previo a su registro. Finalizando el estudio en el marco del proyecto **APROBADO** ante TECNAM con clave **18616.23-PD**, en la Convocatoria 2023: Proyectos de Investigación Científica, Desarrollo Tecnológico e Innovación.

## LISTA DE REFERENCIAS

Aguilar Martínez, S., & Solano Pardo, G. A. (2018). Evaluación del impacto por vertimientos de aguas residuales domésticas, mediante la aplicación del índice de contaminación (ICOMO) en caño grande, localizado en Villavicencio-Meta. <https://repository.usta.edu.co/handle/11634/14218>

- Alvariño, C. R. (2005). Residuos orgánicos de origen urbano e industrial que se incorporan al suelo como alternativa económica en la agricultura. *Revista CENIC Ciencias Químicas*, 36(1), 045-053. <https://revista.cnic.cu/index.php/RevQuim/article/view/1441>
- Ángeles Llanos, M. M. (2018). Biorremediación de efluentes orgánicos de la industria alimentaria, mediante un sistema mixto integrado por un biorreactor UASB empacado con bacterias anaerobias y un biorreactor AIRLIFT empacado con Hongos Filamentosos. <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/8063>
- Bernui, F., & Rivero, J. (2016). Obtención de abono orgánico (compost) a partir de desechos agroindustriales y su influencia en el rendimiento del cultivo Zea Mays. *Revista Ciencia y Tecnología*, 12(1), 45-56.
- Bruckmann, M. (2012). Recursos naturales y la geopolítica de la integración sudamericana. Instituto de Altos Estudios Nacionales, Universidad de Postgrado del Estado. [https://medelu.org/IMG/pdf/Recursos\\_naturales\\_y\\_la\\_geopolitica\\_de\\_la\\_integracion\\_sudamericana.pdf](https://medelu.org/IMG/pdf/Recursos_naturales_y_la_geopolitica_de_la_integracion_sudamericana.pdf)
- Burgos Campuzano, G. E., & Jaramillo Quiroz, J. L. (2015). Aprovechamiento de los residuos de cacao y coco para la obtención de carbón activado, en el cantón Milagro, provincia del Guayas (Bachelor's thesis, Universidad de Guayaquil. Facultad Ciencias Químicas).
- Burgos Chichanda, J. E., & Destin Pierre, R. (2021). Tratamiento de aguas residuales provenientes del camal municipal del cantón Balzar mediante filtro de fibra de coco (cocos nucífera) (Bachelor's thesis, Universidad de Guayaquil. Facultad de Ingeniería Química). <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/57484>
- Carranza Gutiérrez, S. F. (2018). Prevención y control de la contaminación ambiental. *Luffa Cylindrica* Como Bioadsorbente De Aluminio Presente En El Drenaje Producto De La Minería Carbonífera.
- Cedeño-Loor, R. O., & Ayón-Hidalgo, C. C. (2020). 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. *Revista de Ciencias del Mar y Acuicultura YAKU*.

CONAGUA. (2016). Atlas del Agua en México 2016. Ciudad de México: Comisión Nacional del Agua.

CONAGUA. (2016b). Situación del Subsector Agua Potable, Drenaje y Saneamiento. Edición 2016. México: Comisión Nacional del Agua.  
[http://201.116.60.25/publicaciones/AAM\\_2016.pdf](http://201.116.60.25/publicaciones/AAM_2016.pdf)

De la Peña, M. E., Ducci, J., & Zamora, V. (2013). Tratamiento de aguas residuales en México. Nota técnica IDB-TN-521, 12.  
<https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Tratamiento-de-aguas-residuales-en-M%C3%A9xico.pdf>

Díaz Rodríguez, Y., Mendiola Lau, L., González Suárez, A., Navarro Sosa, Y., Acosta Díaz, S., & Chao Reyes, C. (2022). Biofiltración de efluentes líquidos de la industria petrolera con materiales naturales. Ingeniería Hidráulica y Ambiental, 43(1), 12-24.  
<http://scielo.sld.cu/pdf/riha/v43n1/1680-0338-riha-43-01-12.pdf>

Galdos Sánchez, A. M., & Vidal Cerin, C. Y. C. (2021). Técnicas de obtención de carbón activado de residuos lignocelulósicos y su capacidad adsorbente de metales pesados en aguas residuales.  
<https://hdl.handle.net/20.500.12692/71108>

García, S., & Olivera, N. (2014). Oportunidades de innovación biotecnológica en la industria textil lanera. In Proceedings of the VII Congreso De Ingeniería Industrial y Afines, Chubut, Argentina. [http://www.edutecne.utn.edu.ar/coini\\_2014/trabajos/E\\_002.pdf](http://www.edutecne.utn.edu.ar/coini_2014/trabajos/E_002.pdf)

Garzón-Zúñiga, M. A., Buelna, G., & Moeller-Chávez, G. E. (2012). La biofiltración sobre materiales orgánicos, nueva tecnología sustentable para tratar agua residual en pequeñas comunidades e industrias. Tecnología y ciencias del agua, 3(3), 153-161.  
[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-24222012000300011](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-24222012000300011)

Garzón-Zúñiga, M. A., Buelna, G., & Moeller-Chávez, G. E. (2012). La biofiltración sobre materiales orgánicos, nueva tecnología sustentable para tratar agua residual en pequeñas comunidades e industrias. Tecnología y ciencias del agua, 3(3), 153-161.  
[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-24222012000300011](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-24222012000300011)

- Ger Zuleta, J. E. (2017). Análisis del bagazo de caña de azúcar como filtro en el tratamiento de aguas residuales provenientes de la curtiembre Los Tres Juanes, provincia de Tungurahua (Bachelor's thesis, Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica. Carrera de Ingeniería Civil). <http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/27019>
- González, J. G., Castillo, R. R., Roldan, V. H., & Pantoja, E. J. A. (2015). Consumo de subproductos del coco en industrias de México Coconut products consumption in Mexico industries. <https://www.ciba.org.mx/index.php/CIBA/article/download/30/92?inline=1>
- Henry, G., Pahun, J., & Trigo, E. (2014). La Bioeconomía en América Latina: oportunidades de desarrollo e implicaciones de política e investigación. *Faces*, 20(42-43), 125-141. <http://nulan.mdp.edu.ar/2112/>
- Hernández, D. B. S., Cortés, J. M. V., & Calderón, E. J. H. (2014). La biofiltración: Una alternativa sustentable para el tratamiento de aguas residuales. *índice*, 56.
- Hernández, J. A. V., Ramos, J. M. G., Sánchez, R. A. V., Aguilar, H. A. N., Galdámez, N. D. L. A. R., & Sánchez, E. H. (2012). Evaluación de la remoción de la Demanda Química de Oxígeno (DQO) en dos biofiltros con diferentes empaques. Año 6, vol. 6, núm. 2, diciembre de 2012, 107. <https://www.ciidirdurango.ipn.mx/assets/files/ciidirdurango/docs/VIDSUPRA/REVISTAS/VSV6N2.pdf#page=12>
- Infante, S. K. H. (2017). Biofiltro con cascarilla de arroz y pasto vetiver (C. Zizanioides) para el tratamiento del efluente de la PTAR del INPEC–Yopal, Casanare, Colombia. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 8(1), 107-118. DOI: <https://doi.org/10.22490/21456453.1842>
- Kuri, G. H., Nevdedovich, S. S., & Rivera, J. J. C. (2017). Elementos de análisis de la propuesta de Ley General de Aguas en México a partir del Derecho Humano al Agua y sus repercusiones en el quehacer científico, docente y en la investigación. *Revista de El Colegio de San Luis*, 7(13), 30-61. <https://www.redalyc.org/pdf/4262/426249657003.pdf>

- Luna, D., González, A., Gordon, M., & Martín, N. (2007). Obtención de carbón activado a partir de la cáscara de coco. *ContactoS*, 64(10), 39-48. [http://www2.izt.uam.mx/newpage/contactos/anterior/n64ne/carbon\\_v2.pdf](http://www2.izt.uam.mx/newpage/contactos/anterior/n64ne/carbon_v2.pdf)
- Martín Canché, B. del R., Vanoye Eligio, M., Chan Palomo, M. G., Guillen Taje, J. L., & Aguilar Sánchez, J. de los Ángeles. (2021). Análisis De Las Variables Físico-Químicas Y Microbiológicas De Las Lagunas Del Municipio De Escárcega, Campeche, México. *European Scientific Journal, ESJ*, 17(25), 116. <https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n25p116>
- Mohammed, F. M., Roberts, E. P. L., Hill, A., Campen, A. K., & Brown, N. W. (2011). Continuous water treatment by adsorption and electrochemical regeneration. *Water research*, 45(10), 3065-3074. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2011.03.023>
- Monroy, B. G., & Marín, C. V. (2013). Fibras textiles naturales sustentables y nuevos hábitos de consumo. *Revista Legado de Arquitectura y Diseño*, (13), 31-45. <https://www.redalyc.org/pdf/4779/477947372003.pdf>
- Navarrete, L. F., Martínez, D. J., & Forero, E. L. D. (2009). Caracterización preliminar del estropajo: "Luffa Cylindrica" como posible materia prima para construcción. *Avances: Investigación en Ingeniería*, 1(11), 12-17. [https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as\\_sdt=0%2C5&q=ARACTERIZACI%C3%93N+PR+ELIMINAR+DEL+ESTROPAJO+%E2%80%9CLUFFA+CILYNDRICA%22+&btnG=NOM-F-90-S-1978.+Determinaci3n+de+Fibra+Cruda+en+Alimentos.+Foodstuff+Determination+of+Crude+Fiber.+Norma+Oficial+Mexicana.](https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=ARACTERIZACI%C3%93N+PR+ELIMINAR+DEL+ESTROPAJO+%E2%80%9CLUFFA+CILYNDRICA%22+&btnG=NOM-F-90-S-1978.+Determinaci3n+de+Fibra+Cruda+en+Alimentos.+Foodstuff+Determination+of+Crude+Fiber.+Norma+Oficial+Mexicana.)
- Pereira-Martínez, R. I., Muñoz-Paredes, J. F., & Peluffo-Ordoñez, D. H. (2017). Empleo del estropajo común (*Luffa cylindrica*) en la remoción de contaminantes. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 8(1), 205-215. <https://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/riaa/article/view/1850/2231>
- Quitral, V., Abugoch, L., Vinagre, J., & Larraín, M. (2001). Efecto de tratamientos térmicos sobre el contenido de lisina disponible en carne de jaiba mora (*Homalaspis plana*). *Archivos latinoamericanos de nutrición*, 51(4), 382-385.

- Ramírez, M., Sáenz, M. V., & Vargas, A. (2011). Efecto de la inmersión en agua caliente sobre la secreción de látex por la corona de gajos recién conformados de frutos de banano. *Agronomía Costarricense*, 35(1), 1-14.
- Reyes, J. V. (2016). Determinación de la eficiencia del aserrín y la fibra de coco utilizados como empaques para la remoción de contaminantes en biofiltros para el tratamiento de aguas residuales. *Enfoque UTE*, 7(3), 41-56. [http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?pid=S1390-65422016000300041&script=sci\\_arttext](http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?pid=S1390-65422016000300041&script=sci_arttext)
- Reyes, J. V. (2016). Determinación de la eficiencia del aserrín y la fibra de coco utilizados como empaques para la remoción de contaminantes en biofiltros para el tratamiento de aguas residuales. *Enfoque UTE*, 7(3), 41-56. [http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?pid=S1390-65422016000300041&script=sci\\_arttext](http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?pid=S1390-65422016000300041&script=sci_arttext)
- Rincón, J., Rincón, P., Torres, E., Mondragón, A., Sánchez, M., Arana, A., ... & Ortiz, A. (2016). Caracterización fisicoquímica y funcional de la fibra de mesocarpio de coco (*Cocos nucifera* L.). *Investigación y Desarrollo En Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 1(2), 279-284. <http://www.fcb.uanl.mx/IDCyTA/files/volume1/2/3/49.pdf>
- Ríos González, P. (2015). Planta modular de tratamiento biológico para aguas residuales. <http://colposdigital.colpos.mx:8080/jspui/handle/10521/2632>
- Rocha Maguey, P. (2014). Avalúo de una planta de tratamiento de aguas residuales (Master's thesis, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla). <https://repositorioinstitucional.buap.mx/handle/20.500.12371/6654>
- Ruiz, S. Y. C., Castro, D. C. R., & Miranda, J. P. R. (2016). Análisis comparativo de modelos cinéticos para filtro biológico sin recirculación con medio de soporte en *Luffa Cylindrica* para el tratamiento de aguas residuales combinadas. *Revista Logos, Ciencia & Tecnología*, 7(3), 77-85.
- Solís-Fuentes, J. A., Morales-Téllez, M., Ayala-Tirado, R. C., & del Carmen Durán-de-Bazúa, M. (2012). Obtención de carbón activado a partir de residuos agroindustriales y su evaluación en la remoción de color del jugo de caña. *Tecnología, Ciencia, Educación*, 27(1), 36-48. <https://www.redalyc.org/pdf/482/48224413006.pdf>

- Suárez, A., Mesa, P., Bravo, V., & Prieto, A. (2015). Evaluación de un sistema de filtros de cascarilla de arroz y luffa cylindrica para el tratamiento de aguas lluvias. *Revista Mutis*, 5(1), 21–27. <https://doi.org/10.21789/22561498.1015>
- Tejedor Oyos, J. L. (2019). Estudio del comportamiento de *Eisenia foetida* y *Schoenoplectus californicus* en biofiltros de cáscara de maní para el tratamiento de aguas residuales domésticas (Bachelor's thesis, Quito, 2019.). <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/20430>
- Valdez, R. E. O. (2017). Obtención De Carbón Activado, A Partir De Bagazo De Caña De Azúcar De IABSA En El Departamento De Tarija.: Perfil de Proyecto de Grado (Modalidad, Investigación Aplicada). Repositorio UAJMS.
- Velásquez, J., Mejía, L. A., Carrasquilla, F., López, R., & Garcés, B. (2007). Obtención de carbón activado a partir de cáscara de coco pretratada con vapor. <http://hdl.handle.net/20.500.11912/7197>
- Vélez, L., Gañan, P., Severiche, J. D., Restrepo, M. C., & Hincapié, G. A. (2009). Aprovechamiento de la fibra dietaria de frutas y/o residuos de su transformación en la elaboración de productos de panificación y de maíz. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 7(2), 102-103. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1692-35612009000200014](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-35612009000200014)
- Vigueras Cortés, J. M. (2012). “Innovación Tecnológica para Tratamiento de Aguas Residuales Domesticas con Biofiltros Orgánicos” (Doctoral dissertation). <https://www.repositoriodigital.ipn.mx/bitstream/123456789/13746/1/TESIS%20JUAN%20VIGUERAS%20CORTES.pdf>
- Villanueva Hernández, J. A., Vázquez Sánchez, R. A., & Nájera Aguilar, H. A. (2012). Evaluación de la remoción de la Demanda Química de Oxígeno (DQO) en dos biofiltros con diferentes empaques. <https://hdl.handle.net/20.500.12753/1709>
- Zaray, J. D. M., & Nieto, W. D. N. (2021). Elección de un filtro de carbón activado de cuesco de palma africana para agua84'3 °a1q °qs120pç pretratada (caso Del Llano SA Restrepo-Meta). 8