

DISEÑO DE MEMBRANA PARA RETENCIÓN DE CARGA ORGÁNICA E INORGÁNICA EN AGUAS RESIDUALES

MEMBRANE DESIGN FOR ORGANIC AND INORGANIC LOAD RETENTION IN WASTEWATER

Pedro Acero

Aprendiz

psacero9@misena.edu.co

Juan Manuel Díaz B.

Instructor,

barragan@sena.edu.co

Milena Morantes

Aprendiz

milem893@gmail.com

Luis Fabián Hernández.

Instructor

lfabianhl@gmail.com

RESUMEN

Se presenta una experiencia de investigación en desarrollo, relacionada con la construcción de membranas para el tratamiento de aguas residuales del sector textil, empleando residuos agroindustriales. El proyecto tiene fases de desarrollo y como resultados se ofrece la caracterización de residuos a emplear, el prototipo construido y los ensayos preliminares realizados. Se concluye sobre la necesidad de seguir generando prototipos con diferente tamaño particular para agilizar el proceso de filtración. Se espera, la propuesta pueda contribuir como alternativa ambiental para la reducción de contaminantes en las aguas residuales del sector.

PALABRAS CLAVE

Residuos agroindustriales, tintorería, agua residual.

ABSTRACT

The article presents an experience of research in development, related to the construction of membranes for wastewater treatment of the textile sector, using agroindustrial waste. The project has three phases of development. As results, the characterization of waste to be used, the prototype constructed, and the preliminary tests carried out are presented. It concludes on the need to continue generating prototypes with different size of particular to streamline the filtration process. It is expected, the proposal can contribute as an environmental alternative for the reduction of pollutants in the wastewater of the sector.

KEYWORD

Agroindustrial waste, dry cleaning, wastewater.

1. INTRODUCCIÓN

El proceso de producción textil genera residuos líquidos ricos en anilinas cloradas o bromadas, ftalatos, benzotiazolaminas, N-alquil-anilinas, surfactantes, permanganato de potasio, ácidos orgánicos y soda cáustica, entre otros, que requieren, un manejo adecuado para evitar el deterioro del recurso hídrico (Walters, A., Santillo, D., Johnston, P., 2005), dado que el agua es un recurso no renovable.

Las medidas para lograr un uso eficiente del agua deben visualizarse de una forma holística dentro de la planeación estratégica de la empresa, y aquellos que usen el agua más eficientemente ahora, tendrán una ventaja competitiva en el futuro respecto a aquellas compañías que decidieron esperar. Razón por la cual, el ahorro y uso eficiente del agua es una parte importante en los programas de producción más limpia. De allí que un primer elemento problemático resida en mejorar la gestión del recurso hídrico en las industrias textiles, dadas las características del residuo generado por el sector, aguas con particularidades de alta carga orgánica, alta variabilidad, baja biodegradabilidad y alta presencia de color.

Por otro lado, la agricultura en nuestro país es uno de los ejes de su economía. Los procesos agroindustriales generan grandes cantidades de residuos alcanzando casi un 85% del peso total del producto cosechado, razón por la cual dichos residuos se convierten en espacios de detrimento ambiental debido a la proliferación de vectores, malos olores y roedores, por los procesos de descomposición natural. De esta situación, surge la oportunidad de aprovechar los residuos agroindustriales.

Atendiendo a estos dos elementos, se plantea minimizar el impacto del proceso

de producción textil sobre el recurso hídrico (Janben, A., Flatau, M., 2008) mediante el diseño de una membrana que mejore la calidad de agua, empleando residuos agroindustriales. El énfasis de trabajo se articula en la remoción de metales pesados y sustancias colorantes presente en las aguas generadas de los procesos textiles.

2. METODOLOGÍA

El diseño de la investigación fue experimental, con lo que se busca determinar cuál de los medios filtrantes o sus mezclas entre sí, presenta mayor eficiencia para disminuir la concentración de colorante, reducir DQO y metales pesados presentes en el agua residual proveniente de los procesos industriales textiles. El desarrollo de la investigación adopta la metodología de enfoque correlacional, de tipo transversal, debido a que se realiza en un período de tiempo corto y de tipo cuantitativo. El proceso de desarrolla en tres etapas.

2.1 Primera Etapa: Caracterización

En esta etapa se realiza una revisión bibliográfica relacionada con el estudio de los residuos agroindustriales con propiedades para la remoción de sustancias colorantes y metales pesados en aguas residuales. Se busca evaluar su comportamiento de estos materiales y si estos han sido empleados en procesos de tratamiento en aguas residuales de tintorería. Se realiza una indagación sobre sus propiedades y composición química.

2.2 Segunda Etapa : Prototipado y Pilotaje

Para esta etapa se contempla la construcción de la matriz y la elaboración de en-

sayos de filtración, para evaluar su capacidad de remoción de componentes. Para la construcción de la matriz se tienen en cuenta un proceso de pretratamiento y tratamiento de los residuos, como su momento de aglomeración (Ver figura 1).

2.2.1 Pretratamiento de los residuos

Los diferentes tipos de residuos se recolectan por separado de centrales mayoristas de mercado, los cuales fueron preseleccionados, adecuados, cortados en pequeños trozos y lavados con agua destilada con el fin de eliminar impurezas y componentes de la fracción soluble como peptonas y ligninas, para evitar interferencias en el análisis de AM por la técnica de espectrofotometría UV-Vis. Adicionalmente, a los residuos seleccionados se les realizó algunos análisis para identificar parámetros como la humedad, % de ceniza, grasa y proteína cruda, los cuales fueron determinados aplicando los métodos oficiales del AOAC.

2.2.2 Tratamiento de residuos

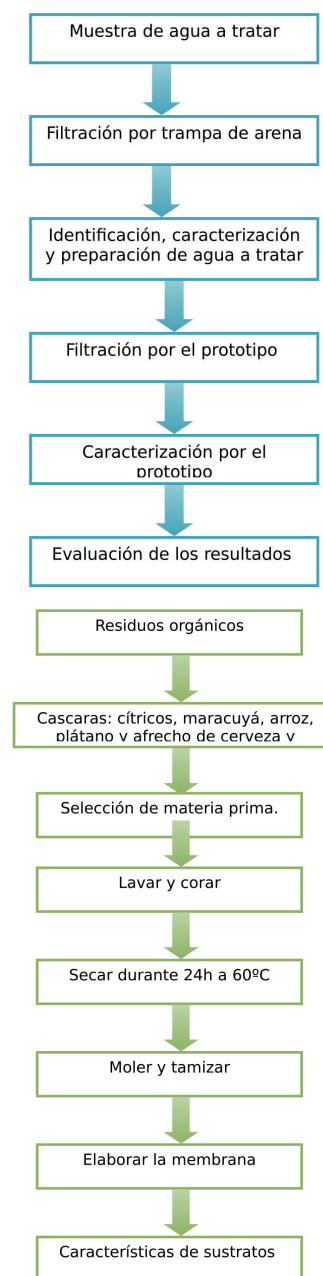
Una vez pretratados los residuos, son llevados a un proceso de secado durante 48 horas a una temperatura de 60-70°C, luego son molidos en un molino tradicional y tamizados para obtener partículas del orden de 50 a 200 µm empleando mallas de 100 y 200 µm, para ser finalmente almacenados e identificados en frascos de vidrio.

2.2.3 Aglomeración y Pilotaje

Con las partículas se crean láminas de un solo residuo y su combinación, empleando un aglomerante para ensamble. Posteriormente, se inicia la evaluación del comportamiento y eficiencia de cada una

de las matrices elaboradas de acuerdo con el tamaño de la partícula, absorción de cada prototipo, tiempos de contacto, retención y concentraciones. Se emplean muestras de agua residual obtenida de procesos de tintorería textil

Figura 1 - Flujograma de proceso de adecuación de residuos agroindustriales para elaboración de membrana.



Fuente: Elaboración del Autor

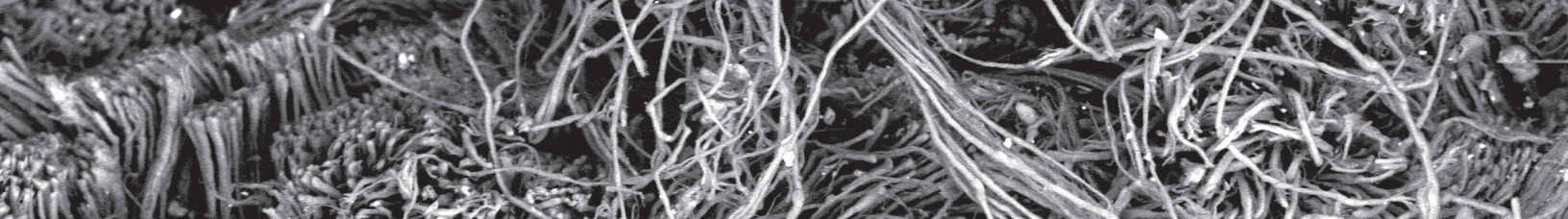


Tabla 1. Lista de Parámetros y Técnica para análisis de agua residual

Parámetros	Técnica según Standard Methods for the examination of a water & wastewater
Acidez CaCO_3	Titulometría
Alcalinidad Total SM 2320B	Titulometría
BTEX	
Metales Pesados (Cd, Pb, Ni,Cr, Cu y Zn) SM 3111B	A.A de llama
Cloruros 4500 Cl B	Argentométrico
Color Real 436nm SUB,525nm SUB, 620nm SUB.	Espectrofotométrico
Color SM 2120B	Comparación Visual
DQO SM 5220 B	Reflujo Abierto
Dureza Cálrica EDTA SM 3500 Ca – B	
Dureza Total Volumétrica con EDTA SM 2340 C	Titulometría
Fenoles SM 5530 B, D	Destilación- Fotométrico Directo
Fósforo Reactivo Total SM 4500 P -D	Colorimetría
Fósforo Total SM 4500 P, B, E	Digestión Ácido Ascórbico
Grasas y Aceites SM 5520 D	Extracción Soxhlet
Caudal	Volumétrico
pH SM 4500 H+B	Electrométrico
Sólidos Sedimentables	Cono Imhoff
Temperatura 2550 B	Termómetro
Nitratos SM 4500 NO3 B	Espectrofotometría U. V
Nitrógeno Amoniacal - Amonio SM NH3 B, C	Destilación y Volumétrico
Nitrógeno Total Kjeldahl SM 4500 N ORG-C 4500NH3 B, C	Semi-micro Kjendal Destilación y Volumétrico
Sólidos suspendidos Totales	Gravimétrico – Secado a 105°C
Sulfatos SUB SM 4500 SO4 E	Turbidímetro
Sulfuros SM 4500 S – F	Yodimetría
Tensoactivos SM 5540C	Colorimétrico

Fuente: Elaboración del Autor

Para el desarrollo del pilotaje, se realizó la caracterización de agua a tratar mediante un muestreo por 24 horas, compuesto de alícuotas de 1L (Litro) cada hora. Se mantiene la muestra debidamente refrigerada y acondicionada de acuerdo con tipo de análisis a realizar *in situ*. Se trabaja a su vez con una solución conocida de diferentes concentraciones para metales (25, 50, 75 y 100 ppm) y colorantes comerciales (tomando 0.5g en 100mL de agua destilada). Empleando las diferentes matrices se determina la capacidad máxima de retención de cada una, estableciendo cual tiene la mayor eficiencia respecto a la cantidad de metales pesados, sólidos, color, DQO y pH.

Algunos de los ensayos analíticos a realizar en las aguas residuales pre y post al contacto con el biosorbente, se relacionan en la tabla 1.

2.3 TERCERA ETAPA : VALIDACIÓN

Posterior al desarrollo del pilotaje se realizan ensayos por inspección para seleccionar una matriz con las mejores propiedades de remoción. Se construye un prototipo de mayor tamaño para realizar un ejercicio experimental en una de las zonas de eliminación de aguas en una tintorería, y evaluar su capacidad y durabilidad.

Durante la segunda y tercera etapa, se realiza una caracterización óptica de las matrices para identificar su estructura interna. Igualmente se analizan las superficies de los biosorventes construidos. Para la toma de las micrografías se emplea un microscopio marca Motic DMB3-223 y un microscopio Electrónico de barrido marca JSM 6010 LA.

3. SUPUESTOS DEL PROCESO

Se espera obtener una membrana eficiente para el tratamiento del agua que produzca unas buenas condiciones fisicoquímicas, que permitan la recirculación, reúso y la reducción del consumo, impactando directamente en los costos de producción y contribuyendo a la mejora del medio ambiente puesto que "El uso eficiente del agua no es una opción, es la única" (Cortés, 2004).

4. RESULTADOS

Teniendo en cuenta que este es un trabajo que se encuentra en fase de desarrollo, los resultados que se van a presentar son parciales, en relación con el avances obtenido hasta el momento.

Revisión Bibliográfica sobre residuos agroindustriales

Para la primera fase de caracterización y revisión, los residuos utilizados para este trabajo se describen en la tabla 2.

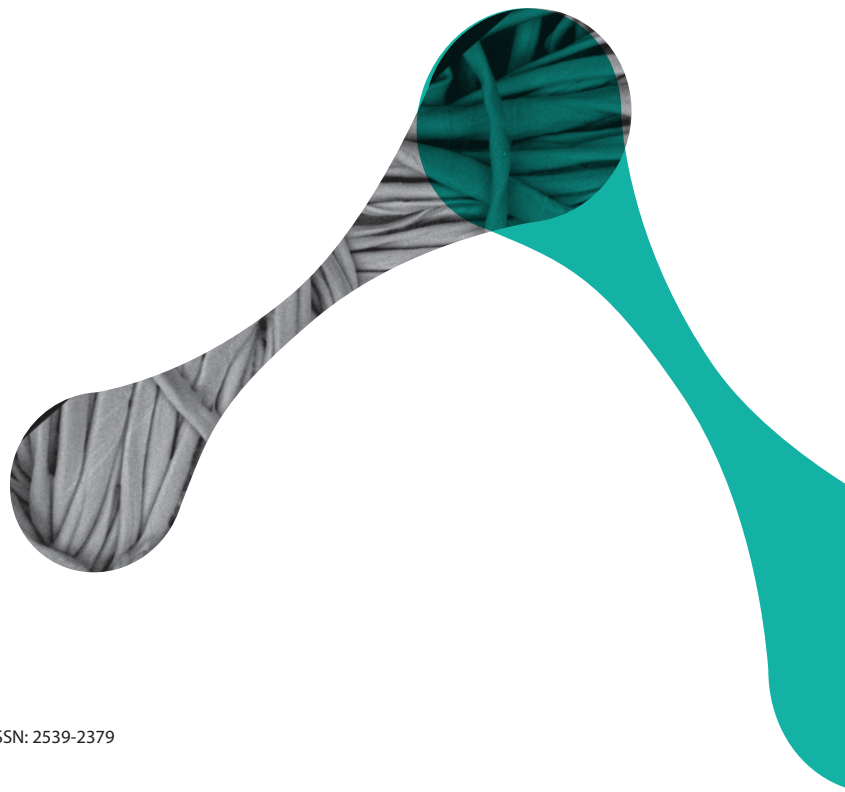
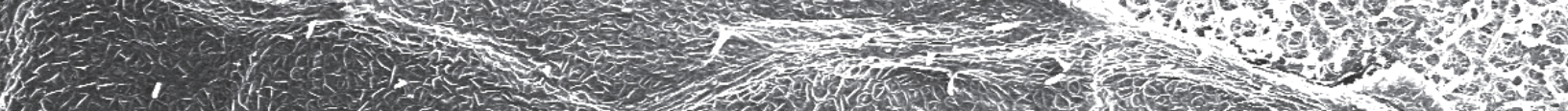


Tabla 2. Residuos agroindustriales a emplear para la elaboración de matrices no tejidas.

Residuo Agroindustrial	Descripción
<i>Cáscaras de cítricos</i>	Este residuo está principalmente constituido por cáscaras, semillas y membranas capilares a partir de los cuales se pueden obtener harinas cítricas.
<i>Cáscaras de maracuyá</i>	Se obtiene del arilo, tejido que rodea a la semilla, y es una excelente fuente de vitamina A, niacina, riboflavina y ácido ascórbico. La cáscara y las semillas también son susceptibles de emplearse en la industria, por los componentes que tienen.
<i>Cáscaras y vástago de plátano</i>	La cáscara de plátano es rica en fibra dietética, proteínas, aminoácidos esenciales, ácidos grasos poliinsaturados y potasio, entre los esfuerzos para utilizar la cáscara se han obtenido proteínas, metanol, etanol, pectinas y enzimas.
<i>Residuos de café</i>	De los residuos industriales del café pueden obtenerse, en distintos estados de pureza, los siguientes tipos de sustancias: • Pectinas sin refinar: Esas pectinas pueden estar en forma de gel soluble termorreversible o en forma de eslabón en cruz no reversible, que tienen un sabor de boca distinto. • Azúcares naturales del fruto del café, procedentes principalmente del agua del despulpe reciclada: Son en su mayor parte monosacáridos, glucosa, galactosa, ramnosa y arabinosa. • Compuestos antioxidantes y flavonoides: Estos son principalmente los compuestos de antocianina de color del fruto, pero también contienen todos los demás polifenólicos, tales como los ácidos clorogénicos y, por supuesto, cafeína. • Pro antocianinas incoloras: Podrían usarse como recurso básico para la fabricación de otros alimentos o quizá para la síntesis más sofisticada de otras sustancias químicas
<i>Afrecho de cerveza</i>	Debido a que proporciona fibra, grasas, vitaminas y minerales en cada ración, el afrecho se emplea también en la industria panadera para la elaboración de panes de salvado o integrales, que son muy nutritivos, como a la vez muy provechosos por la incorporación de fibra en la dieta de las personas.
<i>Cascarilla de arroz</i>	La composición química de esta posee celulosa y lignina además de cenizas y sílice. La principal composición que no sufre disociación al quemarse, esto hace que se presente una difícil combustión continua y completa.

Fuente: Elaboración del Autor



La caracterización del agua se realizó basándose en los parámetros técnicos según el Standard Methods for the examination of water & wastewater. Los resultados se presentan en la tabla 3.

Tabla 3. Resultados de la caracterización del agua residual industrial

PARÁMETRO	UNIDADES	MÉTODO	RESULTADOS
<i>pH</i>	Unidades de pH	SM 4500H+B	9,5
<i>DBO₅</i>	mg O ₂ /L	SM5210B,ASTM D888-12 Método C.	450
<i>DQO</i>	mg O ₂ /L	SM 5220 C	900
<i>Sólidos suspendidos Totales</i>	mg/L	SM 2540 D	112,5
<i>Sólidos Sedimentables</i>	mg/L	SM 2540 F	3
<i>Grasas y Aceites</i>	mg/L	SM 5520 B	30
<i>Tensoactivos</i>	mg SAAM/L	SM 5540C	
<i>Temperatura</i>	°C	SM 2550B	40
<i>Cobre</i>	mg/L	Fotométrico	1,6
<i>Cromo</i>	mg/L	Fotométrico	0,57
<i>Hierro</i>	mg/L	Fotométrico	0,32

Fuente: Elaboración del Autor

Caracterización del agua residual industrial proveniente del proceso textil

5. PREAPRACIÓN Y PRETRATAMIENTO DE LOS RESIDUOS AGROINDUSTRIALES

Preparación y pretratamiento de los residuos agroindustriales

Se realizó el pretratamiento de los diferentes residuos recolectados de centrales mayoristas de mercado, estos fueron preseleccionados, lavados, cortados en pequeños trozos y lavados con agua destilada, secados, molidos y tamizados. Un registro de este proceso se encuentra en las siguientes fotografías.

Imagen 1. Tratamiento de residuos agroindustriales



Imagen 2. Tratamiento de residuos agroindustriales



Fuente: Archivo Centro de Manufactura en Textil y Cuero

Igualmente, se desarrollaron las pruebas para la determinación del % de humedad y de grasas. Los resultados se registran en la tabla 4.

Imagen 3. Desarrollo Pruebas % Humedad y Grasas.



Fuente: Archivo Centro de Manufactura en Textil y Cuero

Tabla 4. Resultado caracterización de residuos

Tipo de Residuo	% Grasas	% Humedad
Café	19,25	50,5
Naranja	1,31	72,2
Vástago	1,19	1,56
Cáscara de plátano	10,6	49,6
Afrecho de cerveza	0,66	10,3

Fuente: Archivo Centro de Manufactura en Textil y Cuero

6. CONSTRUCCIÓN DE PROTOTIPOS DE MEMBRANAS

Para la construcción de los prototipos se tomaron los residuos tratados, se les agregó el aglutinante y se prensó para generar discos que sirvan como medio filtrante (Imagen 3). A estos disco, se les realizó una caracterización de su superficie para conocer su grado de estructuración interna a partir de fotografías (Imagen 4 a la 8)

Imagen 4. Prototipo de membranas a base residuos



Fuente: Archivo Centro de Manufactura en Textil y Cuero

Imagen 5. Superficie de prototipo de membrana de maracuyá



Fuente: Archivo Centro de Manufactura en Textil y Cuero

Imagen 6. Superficie de prototipo de membranas de afrecho



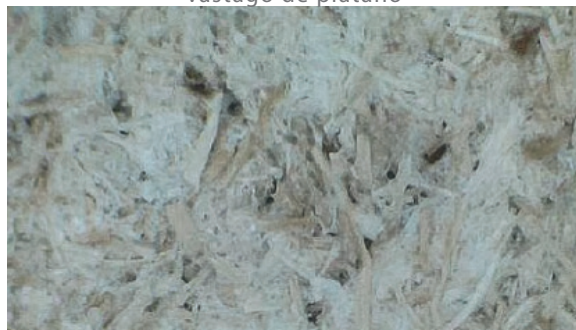
Fuente: Archivo Centro de Manufactura en Textil y Cuero

Imagen 7. Superficie de prototipo de membrana de plátano



Fuente: Archivo Centro de Manufactura en Textil y Cuero

Imagen 8. Superficie de prototipo de membrana de vástago de plátano



Fuente: Archivo Centro de Manufactura en Textil y Cuero

Imagen 9. Superficie de prototipo de membrana de naranja



Fuente: Archivo Centro de Manufactura en Textil y Cuero

Se realiza un ejercicio de pretratamiento de agua contaminada con procesos fisicoquímicos estándares, empleando las matrices construidas. Se realizó pruebas de filtración encontrando un cambio significativo en la apariencia del agua.

Imagen 10. Tratamiento fisicoquímico del agua de tintorería



Fuente: Archivo Centro de Manufactura en Textil y Cuero

Se encuentra que el tamaño de partícula manejada para el desarrollo de la membrana puede tener inferencia en el tiempo de retención del agua. Para este caso, dado que es demasiado alto, conviene revisar una disminución de ésta y el empleo de diferentes técnicas de aglomeración y compactación para lograr una mejor capacidad de flujo. Se hace necesario revisar la eficiencia de los procesos de nitración para mejorar la retención de los compuestos en

el lecho filtrante, de manera que se optimice el resultado de la filtración. Las pruebas analíticas posteriores al proceso de filtración se encuentran en desarrollo.

Igualmente, dado que la base del lecho es materia orgánica, podría presentarse algún grado de descomposición, razón por la cual sería importante revisar otros preservantes que alarguen la vida útil de la membrana. Se hace indispensable ganar mayor eficiencia en el tiempo de elución del filtrado ya que en las plantas textiles, las cantidades de agua con residuos contaminantes son muy altas y en lapsos de tiempo cortos, por lo cual será un parámetro importante para que las industrias textiles acepten estas nuevas metodologías en sus procesos de producción y para la fase de validación. Se podría revisar una opción adicional donde se manejen los residuos, pero en estado de carbonización, la cual podría aumentar el área superficial del material y así aumentaría la carga de remoción del mismo.

7. CONCLUSIONES

Los residuos agroindustriales se comportan de manera favorable en la retención de colorantes orgánicos de uso común en la industria textil, sin embargo, se debe continuar realizando pruebas de análisis e identificación de los metabolitos secundarios de las muestras de residuos agroindustriales, con el fin de mejorar el porcentaje de eficiencia del proceso.

Se logra construir los primeros prototipos de membrana, los cuales generan un cambio en las características organolépticas del agua residual. Se hace necesario continuar con el estudio a partir de los resultados obtenidos de las pruebas analíticas, así como en el proceso de disposición de las membranas posterior a su uso, sin que

esto vaya de contraposición a la finalidad ambiental buscada.

Se requiere ampliar el espectro de residuos agroindustriales abordados, para identificar con mayor precisión cual sería el que presenta mayor retención hidráulica, remoción y sedimentación de sólidos.

8. BIBLIOGRAFÍA

Cortazar-Martínez, A. González-Ramírez, C., Coronel-Olivares, C., Escalante-Lozada, J., & Castro-Rosas, J. (2012). *Biotecnología aplicada a la degradación de colorantes de la industria textil*. Universidad y Ciencia, 187-199.

Cortés, F. I. (2004). Cap 3. *Uso eficiente del agua en ciudades e industrias*. En Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, CNA.

Cury, K., Aguas, Y., Martínez, A. Olivero, R. Chams, L. (2017). *Residuos agroindustriales su impacto, manejo y aprovechamiento*. Revista colombiana de ciencia animal 9, 122-132.

Greenpeace. (2012). *Puntadas tóxicas: El desfile de la contaminación, Cómo las fábricas textiles ocultan su rastro tóxico*. Madrid: Greenpeace International.

Janben, A. Flatau, M. (2008). *Handbook de pretratamiento Bismarckstrabe*. Berlín: Benzema.

Walters, A. Santillo, D., Johnston, P. (2005). *El tratamiento de textiles y sus repercusiones ambientales*. Reino Unido: Greenpeace.

Forma de citar el artículo:

Díaz, J. Acero, P. Morantes, M. Hernández, L
(2018). *Diseño de membrana para retención
de carga orgánica e inorgánica en aguas re-
siduales*. Revista INNMODALAB (3) 118-131

