



Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro

Dirección de Investigación

Subdirección de Programación y Evaluación

U A A A N
RECIBIDO
R 01 DIC 2017 O

Proyecto de Investigación 2018

HORA: _____
SUBDIRECCIÓN DE PROGRAMACION
Y EVALUACION

Unidad:	Saltillo	División:	Agronomía	Departamento:	Botánica
Tema estratégico (ANA/PEP):	Biotecnología				
Programa de Investigación:	Biotecnología Agrícola				
Línea de investigación:	Biotecnología Ambiental				
Título del proyecto:	Evaluación de Biofiltros Empacados con Compósitos Obtenidos por Plasma-Polimerización en el Tratamiento de Agua Residual Municipal				
Presupuesto solicitado (Máximo \$75,000)	\$20,000	El proyecto es:	Nuevo	x	Continuación
Tipo de investigación:	Básica	<input checked="" type="checkbox"/>	Aplicada	<input type="checkbox"/>	Tecnológica
e-mail del responsable	syma_mx@yahoo.com				
Vinculación:	Si	<input checked="" type="checkbox"/>	No	Fondos concurrentes:	Si, equipo y reactivos
Cooperante(s):	COARA, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, FCQ, Universidad Autónoma de Coahuila				
Entidad (es):	Coahuila, San Luis Potosí	Municipio (s):	Saltillo y Matehuala		
Localidades:	Saltillo y Matehuala				
A realizar durante el año(s):	2018				
Participantes		Adscripción (Clave Depto.)	Expediente No.	Firma	
Responsable	Dra. Silvia Yudith Martínez Amador	3614	3796		
Colaborador:	Dr. Víctor Manuel Ovando Medina	COARA/UASLP			
Colaborador:	Dr. Luis Samaniego Moreno	3641	3139		
Colaborador:	Dra. Rosa María Garza Quiñones	Posgrado	3299		
Colaborador:	Dra. Iveth Dalila Antonio Carmona	4173			
Colaborador:	Dr. José Antonio Rodríguez de la Garza	FCQ-UASLP			
		Nivel estudios	Matrícula	Firma	
Tesista:	José Ángel Gutiérrez Ramírez	Especialidad	41091544		
Programa Docente:	Especialidad en Manejo Sustentable de Recursos Naturales de Zonas Áridas y Semiáridas				
Tesista:	Kennya Evelin Aguilar Monreal	Licenciatura	41134933		
Programa Docente:	Ingeniero en Agrobiología				
	Vo. Bo.		Autoriza		
Firma y sello	<p>Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro"</p>				
Nombre	Dra. Silvia Yudith Martínez Amador		Dr. Armando Robledo Olivo		
	Jefe de Departamento		Subdirector de Programación y Evaluación		

Depto. de Botánica

- Cada Jefe de Departamento deberá dejar copia para su archivo

Protocolo para Proyecto de Investigación 2018

Título del proyecto

Evaluación de Biofiltros Empacados con Compósitos Obtenidos por Plasma-Polimerización en el Tratamiento de Agua Residual Municipal.

Introducción

Los procesos de tratamiento anaerobios de aguas residuales se clasifican de dos tipos de acuerdo a si la biomasa este libre o adherida a un soporte físico. Al respecto la biomasa que se adhiere a un soporte físico ya sea de origen natural o sintético se denomina película biológica o biopelícula. Existen varios criterios de clasificación de los reactores de biopelícula, por ejemplo, según el tipo de soporte (soporte fijo, giratorio o móvil) o su combinación con fangos activos denominados reactores híbridos o no conocidos como reactores de biopelícula puros) (Tejero *et al.*, 2012).

Diferentes tipos de materiales sintéticos como resinas termoplásticas (poliestireno y poliuretano), polietileno de baja y alta densidad, y materiales granulares (termoplásticos), han sido estudiados como medio de soporte para el desarrollo de biopelículas aerobias y anaerobias, los cuales son diferenciados de acuerdo a su porosidad y rugosidad. Algunos investigadores han utilizado materiales de origen natural para el desarrollo de biopelículas; entre ellos destacan arena, paja, yute, piedra, grava, tallo de arrozal, arcilla granulada, piedra caliza, piedra pómez, cerámica, concha, ladrillo refractario, tierra de diatomeas, semillas de casuarina, puzolana, pizarra, madera, ostras y cenizas de carbón (Sánchez, 2011).

En la actualidad existe un gran interés para producir polímeros conjugados semiconductores como politiofileno, polipirrol, polianilina y poliacetileno. La conjugación de enlaces dobles y sencillos promueve el movimiento de cargas eléctricas en materiales amorfos o poco estructurados como son los polímeros. Los polímeros conjugados semiconductores pueden tener múltiples aplicaciones tecnológicas, como en sensores químicos y ópticos, baterías recargables, producción de películas delgadas, recubrimiento de superficies, diodos emisores de luz, capaz para evitar la corrosión.

Las técnicas más comunes para sintetizar estos polímeros son procesos químicos y electroquímicos. Una alternativa diferente y muy viable es a través de la técnica de polimerización por plasma que, a diferencia de las polimerizaciones convencionales en fase líquida, se lleva a cabo en fase gaseosa y a baja presión donde sólo intervienen el monómero y las partículas energéticas producidas en el plasma, sin la adición de iniciadores de la polimerización o solventes que intervengan en la reacción (Morales *et al.*, 2000).

Objetivos

Objetivo General

Determinar la eficiencia de biofiltros empacados con compósitos a base de PU-PPy-PANi obtenidos por plasma-polimerización en el tratamiento de agua residual municipal.

Objetivos específicos

1. Realizar la síntesis por plasma de cinco diferentes compósitos a base de espuma de poliuretano, polipirrol y polianilina.
2. Evaluar el desempeño de biofiltros batch empacados con los compósitos sintetizados.
3. Evaluar el desempeño del biofiltro con el compósito más eficiente en reactores de flujo continuo.

Hipótesis

La tecnología de polimerización por plasma mejorará la capacidad adhesiva de las moléculas de la espuma de poliuretano con el pirrol y la anilina, por consecuente alguno de los compósitos evaluados promoverá la remoción de materia orgánica debido a un aumento en la afinidad entre los microorganismos y el compósito.

AGUAS RESIDUALES MUNICIPALES

Las aguas residuales municipales son aquellas procedentes de zonas residenciales, instalaciones públicas o de recreo e instalaciones comerciales o similares. El agua residual municipal fresca y recién generada presenta un color gris y olor a queroseno, pero al pasar el tiempo de ser generada se vuelve séptica y pestifera con un olor a sulfhídrico y un característico color negro (Riveros, 2013).

DIGESTIÓN ANAEROBIA

La digestión anaerobia es una práctica de tratamiento de residuos atractivo en el que se pueden lograr tanto el control de la contaminación y la recuperación de energía (Chen *et al.*, 2007), así mismo implica la degradación y la estabilización de materiales orgánicos bajo condiciones anaeróbicas por organismos microbianos y conduce a la formación de biogás (una mezcla de dióxido de carbono y metano, una fuente de energía renovable) y la biomasa microbiana (Kelleher *et al.*, 2001). La digestión anaerobia es un proceso biológico en el que la materia orgánica, en ausencia de oxígeno y mediante la acción de un grupo de bacterias específicas, se descomponen en productos gaseosos o biogás (CH₄, CO₂, H₂, H₂S), y en digestato, que es una mezcla de productos minerales (N, P, K, Ca, etc.) y compuestos de difícil degradación (Besel, 2007).

TIPOS DE REACTORES ANAEROBIOS

Los reactores biológicos utilizados para el tratamiento de aguas residuales pueden dividirse en dos grandes grupos con base el tipo de crecimiento bacteriano.

- 1.- De lecho fijo formando biopelículas
- 2.- De crecimiento libre o suspendido

En los primeros la biomasa está constituida por bacterias formando una película sobre un soporte inerte, mientras que los segundos dependen de que los microorganismos formen gránulos o flóculos en el reactor. Las bacterias que crecen en suspensión deben de formar estructuras que las permitan permanecer en el reactor y no ser lavadas con el efluente y la eficiencia del proceso depende en buena parte de la capacidad del inóculo (lodos/residuos) para formarlas (Márquez *et al.*, 2011).

Reactores de biomasa adherida

En este tipo de reactores, la biomasa se retiene en forma de película biológica, adherida a un soporte inerte que puede ser móvil o fijo (Espinosa, 2011). En los reactores con biomasa adherida (biopelículas) los microorganismos crecen adheridos a un material inerte, ya sea sintético (como materiales plásticos, espumas, cerámicas, entre otros) o natural (principalmente rocas, carbón, basalto, entre otros). En este tipo de reactores las bacterias se adhieren a la superficie del material mediante la producción de sustancias poliméricas extracelulares (SPE) que actúan como pegamento y permiten el crecimiento de la biopelícula. Estos sistemas han demostrado su eficiencia y flexibilidad en el tratamiento de aguas residuales con carga orgánica alta debido a que se caracterizan por presentar una mayor concentración de biomasa en el reactor; actividad metabólica elevada atribuida a la alta concentración de nutrientes adheridos a la biopelícula y a las diferentes interacciones entre especies microbianas (Nava *et al.*, 2013).

Reactores de biomasa en suspensión

En los reactores con biomasa en suspensión los microorganismos se asocian en flóculos, los cuales están suspendidos en el líquido gracias al mezclado. Los flóculos presentan un área superficial alta, que permite una buena penetración de nutrientes y oxígeno. Al final del proceso, se utiliza un tanque sedimentador para separar los microorganismos de la fase líquida y recircular una parte de la biomasa. Un claro ejemplo de este tipo de reactores es el conocido sistema de lodos activados (Nava *et al.*, 2013).

Reactores anaerobios de película fija

La finalidad de retener en el reactor, durante el mayor tiempo posible, las células bacterianas, como en el caso del filtro anaerobio, llevó a desarrollar reactores en los que para que se diera la retención de biomasa, se les proporciona un medio de soporte en el que las bacterias se fijan, desarrollándose grandes colonias de ellas sobre la superficie del material de soporte.

Con los modelos de digestores de película fija en el tiempo de retención de sólidos resulta muy prolongado, lo que favorece el proceso al tener una concentración de biomasa más elevada. Los reactores de película fija se han

desarrollado, casi siempre para operar con flujo ascendente; en ellos el agua de desecho simplemente fluye a lo largo del tanque de reacción y el contacto de ella con las células bacterianas provoca las reacciones de degradación del material orgánico (Mejía, 1996).

FILTRO ANAEROBIO

Un filtro anaerobio es un reactor, en cuyo interior se dispone de un medio de soporte (lecho) constituido por materiales tales como piedras, cerámicas, espumas, materiales plásticos, cáscara de coco, bambú entre otros, en cuya superficie e intersticios se fijan las bacterias, las cuales están contenidas en el lodo que se inocula en el reactor, con el objetivo de que sobre su superficie se desarrolle una biopelícula bacteriana que lleve a cabo la degradación anaerobia. Este lecho es un lecho fijo lo cual significa que las bacterias no se mueven libremente, sino que están adheridas a un soporte inerte. En este caso, los microorganismos anaerobios se desarrollan sobre la superficie de un sólido formando una biopelícula de espesor variable. El sólido permanece inmóvil en el interior del equipo (Rodríguez *et al.*, 2006; Solano *et al.*, 2006).

POLÍMEROS

Los polímeros son macromoléculas formadas por la unión repetida de varias moléculas unidas por enlaces covalentes. El término macromolécula significa molécula muy grande. Dependiendo de su origen, los polímeros pueden ser naturales o sintéticos. Los sintéticos contienen normalmente entre uno y tres diferentes tipos de unidades que se repiten, mientras que los naturales o biopolímeros (como la celulosa, el ADN o las proteínas) presentan estructuras mucho más complejas (Beltrán *et al.*, 2012). Las moléculas que se combinan para formar los polímeros se denominan monómeros y las reacciones a través de las cuales éstos se obtienen se conocen como reacciones de polimerización.

ESPUMA DE POLIURETANO

La espuma de poliuretano es un material plástico poroso formado por una agregación de burbujas, conocido también por los nombres coloquiales de goma-espuma, goma-pluma, esponja, hule espuma.

Sistema de espuma de poliuretano: un material aislante formado por polioli e isocianato, que mediante reacción química entre ellos dan lugar a la espuma de poliuretano. Dicha reacción libera dióxido de carbono y gas que va formando las burbujas. El poliuretano al igual que el polivinil, son materiales ampliamente usados en la inmovilización de microorganismos gracias a su resistencia a condiciones ambientales diferentes (Cesvi, 2008).

POLIMERIZACIÓN POR PLASMA (PP)

El método de recubrimiento empleando plasma se denomina polimerización por plasma o plasma-Polimerización. Por medio de la polimerización asistida por plasma se pueden depositar, en la fase gaseosa, delgados estratos sobre el sustrato base. La selección de los precursores a ser depositados y los parámetros operativos del plasma (potencia, flujo del precursor, flujo del gas), determinan las características específicas del recubrimiento obtenido, y por lo tanto, las características de la superficie modificada, la cual puede ser hidrófila hidrófoba, promotora de la adhesión, antiadherente (reducción de la fricción), anticorrosiva, favorecedora de la transmitancia o absorbancia de la luz (Yildirim *et al.*, 2008).

Cuando un vapor orgánico se introduce en un plasma se produce un polímero que se forma en las superficies interiores del contenedor y tiene propiedades muy diferentes a las de polímeros convencionales. Por las características de estos materiales resultantes, éstos pueden tener un papel importante en la tecnología moderna. Una forma de obtener polímeros semiconductores es por medio de esta técnica de polimerización, en donde se busca sintetizar una película delgada conductora (Olayo, 2003).

La primera aplicación práctica del plasma fue para realizar polimerización de estireno. Este hecho ocurrió en 1960 y fue llevado a cabo por Goodman, marcando una nueva área de investigación relacionada al plasma. En 1976, Holland utilizó el bombardeo de iones para lograr polimerización de un polímero con plasma en el laboratorio. (D'Agostino, 1993).

GENERACIÓN DE UN PLASMA

Los plasmas pueden ser producidos por descargas eléctricas entre electrodos, utilizando corriente continua, radiofrecuencia (RF) o microondas (UHF para ultra altas frecuencias o HF para altas frecuencias) (Canal, 2005).

La energía necesaria para generar un plasma puede suministrarse de varias maneras (Sainz, 2012).

- Mediante el calor originado en un proceso de combustión.

- Mediante la interacción entre radiación láser y un sólido, líquido o gas.
- Mediante descargas eléctricas en gases, en las que los electrones libres toman energía del campo eléctrico aplicado y la pierden en procesos de excitación e ionización de los átomos y moléculas del gas.

TIPOS DE PLASMA

Clasificar la diversidad de tipos de plasmas que existen en la naturaleza o que se pueden generar de forma artificial no es fácil, ya que resulta arriesgado escoger parámetros aislados que sirvan de criterio para establecer las diferencias. Pese a tales dificultades, una primera clasificación de los tipos de plasmas, puede atender a su equilibrio térmico, es decir, a si la temperatura o energía media de las partículas que lo forman es o no la misma para cada tipo de partícula.

Todas las partículas tienen la misma temperatura (equilibrio térmico) en el caso del plasma de los interiores estelares o de sus análogos terrestres, los plasmas termonucleares de deuterio, tritio e impurezas de bajo número atómico (carbono) generados en los dispositivos experimentales de fusión nuclear controlada.

El plasma del interior estelar suele estar compuesto por una alta proporción de partículas ionizadas: el número de electrones, y de iones, es similar al de partículas neutras. Estos plasmas reciben también la denominación de plasmas calientes o térmicos, ya que la temperatura en su interior llega a alcanzar millones de grados (107-109 °C), lo mismo para electrones que para especies pesadas.

Existen otros tipos de plasmas térmicos, con ciertas aplicaciones industriales, que se generan a presiones altas, por encima de los 133 mbar, algo más de una décima de atmósfera, si bien sus temperaturas (104-105 °C) son mucho menores que las de los plasmas de fusión.

Los plasmas no térmicos, conocidos también por *plasmas fríos*, o *plasmas no equilibrados* se caracterizan por el hecho de que la temperatura de las especies pesadas (las partículas neutras y los iones) es cercana a la temperatura ambiente (25-100 °C). La temperatura electrónica es, en cambio, mucho mayor (entre 5000 y 105 °C). Los plasmas fríos suelen producirse a baja presión ($p < 133$ mbar) en reactores con muy diversas geometrías (Sainz, 2012).

EFFECTOS SUPERFICIALES DEL TRATAMIENTO CON PLASMA

Los materiales tratados con plasma de baja temperatura pueden experimentar tres tipos principales de procesos (Mittal, 1999).

- Ablación o "etching", que consiste en la eliminación en seco de material de la superficie a través de la formación de productos de reacción volátiles.
- Modificación química de la superficie, mediante la incorporación de nuevos grupos funcionales o modificación de los ya existentes, pudiéndose alterar drásticamente las propiedades superficiales, como la adhesión.
- Deposición de capas finas, por reacción química de uno o más componentes volátiles precursores que den lugar a la formación de productos de reacción sólidos.

En la superficie de los materiales tratados con plasma suele predominar uno de estos procesos sobre los otros en función de las condiciones del tratamiento y del material en sí.

BENEFICIOS DEL USO DE PLASMA EN TRATAMIENTOS DE SUPERFICIES

El plasma presenta una gran cantidad de ventajas frente a los tratamientos tradicionales de superficies de diferentes materiales (García *et al.*, 2010).

- Mejor rendimiento. Al tratar un material con plasma se obtiene un rendimiento superior en el proceso. Existen, sin embargo, algunos procesos como grabación química, abrasión, llama y corona que no pueden entregar la calidad consistente de plasma.
- Costo conveniente. El plasma puede ser una alternativa para modificar una superficie con un costo moderado, ya que el costo en los sistemas operacionales es mínimo, y son eliminados costos asociados con procesos peligrosos, como la disposición final de desechos. En este proceso se evita la producción de efluentes, que constituyen una pérdida en reactivos, así como un costo en tratamientos posteriores.
- Medio ambiente y puesto de trabajo seguro. Al efectuar el proceso de plasma no se producen daños en el medio ambiente, además de presentar la ventaja que los operadores no están expuestos a procesos

peligrosos.

Procedimiento Experimental

UBICACIÓN DEL EXPERIMENTO

El presente trabajo se realizará en el Laboratorio de Biotecnología en el Departamento de Botánica perteneciente a la "Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro" ubicada en Buenavista, Saltillo, Coahuila.

Descripción de los reactores

Se utilizarán reactores de vidrio tipo batch con una capacidad de 500 mililitros, con tapón de rosca, estos tapones se perforarán y se acondicionarán con tapones vacutainer para la toma de muestra.

FORMACIÓN DE LA BIOPELÍCULA

Para la experimentación se colectará lodo anaerobio de la planta de tratamiento de agua residual de la UAAAN ubicada a un costado del jardín botánico, a cada reactor se le agregaran 1 gramo de espuma de poliuretano previamente polimerizada, 50 ml de lodo anaerobio y 200 ml de agua residual que será sustraída de la PTAR "Bosque Urbano Ejército Mexicano" ubicada en el municipio de Saltillo, Coahuila, dichos reactores se dejaron por 15 días para la formación de la biopelícula y después de ello se procederá a lavar el exceso de lodo y se le adicionaran 250 ml de agua residual a cada reactor y se tomara la primera muestra para sus respectivos análisis, las muestras posteriores se realizaran cada 24 horas. Las variables a evaluar serán: Determinación de DQO (NMX-AA-030-SCFI-2012), amoniaco (NMX-AA-026-SCFI-2010), sulfatos (NMX-AA-074-2014) nitratos (NMX-AA-079-SCFI-2001), pH (NMX-AA-008-SCFI-2011), nitritos (NMX-AA-099-SCFI-2006) y sulfuros (PROY-NMX-AA- 084-2005).

Cronograma de Actividades en el 2018.

Actividad por realizar	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Polimerizar la espuma de poliuretano por plasma	x	x										
Inducir la formación de la biopelícula en los compósitos			x	x								
Iniciar cinética de tratamiento de agua residual municipal					x	x	x	x				
Análisis de datos									x	x	x	

Cronograma de distribución del presupuesto para el 2018.

Actividad por realizar	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Polimerizar la espuma de poliuretano por plasma	30	30										
Inducir la formación de la biopelícula en los compósitos			30	10								

Duración total del proyecto

Año de Inicio	2018	Año estimado de conclusión	2018
---------------	------	----------------------------	------

Productos Esperados

Obtención de Tesis de Especialidad

Literatura Citada

1. Besel, S.A. 2007. Biomasa- digestores anaerobios. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía. 1(1).

2. Beltrán, R., M. Marcilla, G., A. 2012. Tecnología de Polímeros Procesados y Propiedades. Universidad de Alicante. Diazotec, S.A.
3. Canal, B., C. 2005. Estudio de las propiedades superficiales y del post-suavizado de tejidos de lana y poliamida 6 tratados con plasma. Tesis doctoral. Departamento de Tecnología de Tensioactivos Instituto de Investigaciones Químicas y Ambientales de Barcelona. Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
4. Cesvi México. 2008. Fichas Técnicas de Reparación de Vehículos. Espuma de poliuretano. N° 33.
5. Chen, Y., Cheng, J., J. Creamer, K., S. 2007. Inhibition of anaerobic digestion process: A review. *Bioresource Technology*. January 2007. Vol. 99.
6. D'Agostino, R. 1993. Plasma deposition, treatment and etching of polymers. San Diego. Academic Press, Inc.
7. Espinoza, A., J. 2011. Tratamiento de Aguas Residuales de Matadero con Elevado Contenido en Sangre Mediante la Combinación de procesos Anaerobio de Película fija (bapf) y Aerobio de membrana (mbr). Tesis Doctoral.
8. García, T., M., Montero, J., Calle, W., Quinde, M., S, P. 2010. Plasma: una tecnología de gran potencial para la industria y la ciencia. *Ingenius Revista de Ciencia y Tecnología*.
9. Kelleher, B., P., Leahy, J., J., Henihan, A., M., O'Dwyer, T., F., Sutton, D., Leahy, M., J. 2001. Advances in poultry litter disposal technology – a review. *Bioresource Technology*. Vol. 83.
10. Márquez, V., M., Martínez, G., S. 2011. Reactores Anaerobios de Flujo Ascendente (RAFA's o UASB). Antología. Centro Tecnológico Aragón. Laboratorio de Ingeniería Ambiental.
11. Mejía, S., G. 1996. Digestión anaerobia. Universidad Autónoma de Yucatán. México. Folleto técnico.
12. Mittal, K., L., Pizzi, A. 1999. *Adhesion Promotion Techniques*. Marcel Dekker, Inc. New York.
13. Morales, J., Olayo, M., G., Cruz, G., J., Castillo, O., M., Olayo, R. 2000. *Journal of Polymer Science; Part B: Polymer Physics*.
14. Nava, U., L., Gasperín, S., R, Durán, M., A. 2013. Comparación de un Reactor de Biomasa Suspendida y un Reactor de Biomasa Adherida para la Biodegradación de Compuestos Tóxicos Presentes en Aguas Residuales de Refinerías de Petróleo. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*. 30 (1).
15. Norma Mexicana NMX-AA-030-SCFI-2012. Análisis de agua – Determinación de la Demanda Química de Oxígeno en aguas naturales, residuales y residuales tratadas – Método de prueba (Cancela a la NMX-AA-030-1981) Secretaría de Economía.
16. Norma Mexicana NMX-AA-008-SCFI-2011. Análisis de agua – Determinación del pH-método de prueba (Cancela a la NMX-AA-008-SCFI-2000) Secretaría de Economía. México.
17. Norma Mexicana NMX-AA-079-SCFI-2001. Análisis de aguas - Determinación de Nitratos en Aguas Naturales, Potables, Residuales y Residuales Tratadas - Método de prueba (Cancela a la NMX-AA-079-1986) Secretaría de Economía.
18. Norma Mexicana NMX-AA-074-2014. Análisis de agua – Determinación de ion sulfato. Secretaría de Comercio y Fomento Industrial. México.
19. Norma Mexicana NMX-AA-026-SCFI-2010. Análisis de Agua - Determinación de Nitrógeno Total en Aguas Naturales, Residuales y Residuales Tratadas.
20. Norma Mexicana NMX-AA-099-SCFI-2006. Análisis de Agua – Determinación de Nitrógeno de Nitritos en

21. Norma Mexicana PROY-NMX-AA- 084-2005. Análisis de Agua.- determinación de Sulfuros en Aguas Naturales, Potables, Residuales y Residuales Tratadas.
22. Olayo, M., G., Morales, J., Cruz, G. J., Barocio, R., Olayo R. 2003. Journal of Polymer Science; Part B: Polymer Physics.
23. Riveros, O., B. 2013. Tratamiento de aguas residuales municipales en la ciudad de México. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México.
24. Rodríguez, F., A., Letón, G., P., Rosal, G., R., Dorado, V., M., Villar, F., S., Sanz, G., J. 2006. Tratamientos avanzados de aguas residuales industriales. Informe de vigilancia tecnológica.
25. Saíenz, G., E. 2012. Estudio de procesos de plasma polimerización de recubrimientos antifricción sobre materiales plásticos. Proyecto de fin de carrera.
26. Sánchez, M., R. 2011. Tratamiento de agua residual municipal en reactores con Biopelículas aerobias. Cienciaviva N. 26.
27. Solano, J., K., Rangel, M., P., Castillo, E., F. 2006. Evaluación operacional de un sistema a escala laboratorio de Biopelícula anaerobia soportada para el tratamiento de aguas residuales domésticas. Universidad Industrial de Santander. Facultad de ingeniería Físico Químicas. Revista Investigación Organización y Nuevos Procesos en Ingeniería (ION). 19(1).
28. Tejero, M., J., Esteban, G., A., De Florio, L., Díez, M., R., García., C., A., Rodríguez, H., L. 2012. Tecnologías de biopelícula innovadoras para la depuración de aguas residuales: veinticinco años de investigación del Grupo de Ingeniería Ambiental de la Universidad de Cantabria. Ingeniería civil.
29. Yildirim, E., D., Ayan H, Vasilets, V., Fridman, A., Gucer, S., Sun., W. 2008. "Effect of Dielectric Barrier Discharge Plasma on the Attachment and Proliferation of Osteoblasts Cultured over Poly(e-caprolactone) Scaffolds". Plasma Processes and Polymers.