

Evaluación de algunos materiales plásticos reciclables como medios filtrantes para aguas residuales

Evaluation of Some Recyclable Plastic Materials as Means Filtrantes for Residual Waters

Javier Alexis Cervera Bonilla*

Johana Tavera Tavera**

Resumen

En el año 2004 el grupo de investigaciones PROGASP dio inicio a la evaluación de materiales que pudieran presentar características adecuadas para el sustento de biofilm en sistemas de depuración de aguas por película adherida; en la segunda etapa de este proyecto se hicieron pruebas con materiales plásticos de tipo reciclable como son el PET la Espuma de Poliuretano (PUR) y el Icopor (Poliestireno PS).

Como resultado de las pruebas realizadas se determinó que de los materiales probados el que reunió las mejores características como sustrato adecuado para el biofilm fue la PUR, porque presentó mejor desempeño que los otros materiales. Debido a la estructura del material éste permitió mejor adherencia del biofilm.

Al hacer una comparación con la primera etapa se determinó que los materiales plásticos mostraron mejor desempeño como medio de soporte que los materiales evaluados en la primera etapa.

Palabras clave:

poliuretano, biofilm, aguas residuales, película, depuración.

Abstract

In 2004 the research group PROGASP started a "materials testing" in order to find those who can have adequate properties for the holding of biofilm in cleaning-up systems by sticking film; in this second stage of this project tests were made with plastic recyclable materials like the PET, the polyurethane foam and polystyrene.

By making a comparison between the two stages it was found that plastic materials showed better performances as a supporting media than the tested materials of the first stage. It was a result of the comparison between gravel behavior, whom, in the first stage had the best behavior than the analyzed substrates in contrast with the second stage when its performance was lower than foam (polyurethane PUR) and Icopor (polystyrene PS).

Key words:

polyurethane, biofilm, residual waters, movie, purification.

Fecha de recepción: 20 de agosto de 2006

Fecha de aceptación: 28 de octubre de 2006

* Tecnólogo en Gestión Ambiental y Servicios Públicos. Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

** Tecnólogo en Gestión Ambiental y Servicios Públicos. Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

Objetivo general

Evaluar el funcionamiento de un prototipo de filtro con medio de soporte a partir de materiales de plástico reciclable que cumplan con las especificaciones de remoción de DBO_5 , DQO, sólidos sedimentables, disueltos, volátiles, totales, nitritos y nitratos, para la descontaminación de aguas residuales domésticas, tomando como referencia una fuente superficial afectada.

Objetivos específicos

- Valorar el diseño estandarizado de los tres biofiltros para realizar una curva comparativa real del material versus remoción de contaminantes.
- Realizar las pruebas de seguimiento a la calidad del agua necesarias de acuerdo con los métodos de determinación bioquímica.

- Analizar las posibles ventajas que presenten los materiales usados en la remoción de carga contaminante considerando: el origen del afluente y el origen de los materiales.

Hipótesis

Para el desarrollo de esta investigación se partió de tres hipótesis, a partir de la comprobación de las cuales se determinaron las ventajas o desventajas que presentan los diversos materiales como soporte filtrante.

Las hipótesis que se manejaron fueron:

- **Ho.** ¿Los materiales plásticos presentan mejores características de filtrado y de producción de película filtrante, arrojando mejores resultados en el tratamiento de agua al compararlo con los materiales utilizados en las experiencias anteriores y con los materiales tradicionales?
- **Ha.** ¿No existen diferencias significativas entre el soporte filtrante utilizado en el proyecto, al ser comparado con las características de los soportes de material tradicional y los soportes analizados en la primera etapa de este proyecto (residuos de ladrillo y escombros, residuos de la combustión del carbón en hornos, gravilla de diámetro [Testigo])
- **Ha₂.** ¿Los materiales plásticos no son convenientes para ser usados como soporte filtrante, pues no permiten una buena formación de película filtrante y las características del agua tratada con este sistema no cumplen con la normatividad para agua segura?

Metodología

Primera etapa: selección y análisis de los materiales o residuos por evaluar

La metodología utilizada en esta segunda etapa fue tomada del documento generado en la primera etapa denominado *Evaluación de materiales de la zona Fuquene – Boyacá como medios filtrantes para aguas residuales*.

Los materiales seleccionados fueron:

- P.E.T. triturado.
- Espuma de Poliuretano (PUR).
- Icopor (Poliestireno PS) en perlas.
- Gravilla de diámetro (Testigo).

Se tomaron muestras de los materiales seleccionados y se les realizaron pruebas para determinar sus propiedades físicas:

- Porosidad o porcentaje de vacíos.
- Área superficial específica (m^2 / m^3).
- Densidad kg / m^3 .

Segunda etapa: ubicación del área de trabajo

El prototipo se construyó en los predios de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, sede “El Vivero”, aprovechando que por esta sede cruza la quebrada Mi Padre Jesús o Zanjón de San Martín, quebrada contaminada por vertimientos pecuarios y domésticos.

Tercera etapa: construcción del modelo

Se utilizó el mismo modelo de prototipo desarrollado en la primera etapa de este proyecto, con el fin de comparar los resultados que se obtuvieron con los anteriormente registrados; éste se diseñó y construyó durante los meses de octubre a noviembre de 2003.

Tabla 1. Características del prototipo (fuente: el autor)

Material	PVC
Diámetro	4"
Profundidad	0,9 m
Área de descarga	81,07 cm ²
Volumen empacado	7296,3 cm ³
Tipo de distribución	Rociador fijo
Forma de aireación	Convección natural

Tomado de evaluación de materiales de la zona Fuquene - Boyacá como medios filtrantes para aguas residuales domesticas. Adriana Granja Rodríguez. Didier Alexander Yaguara. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Facultad del Medio Ambiente y Recursos Naturales. Bogotá D.C. 2004.

Cuarta etapa: muestreo de afluente, efluentes y seguimiento de la operación de las unidades

Se realizaron dos veces a la semana los muestreos del agua del afluente y del agua tratada por cada material; se tomaban dos litros de agua para la medición de los siguientes parámetros: acidez, alcalinidad, color, conductividad, DBO₅, DQO, dureza total, dureza cálcica y dureza magnésica, nitratos, pH, sólidos disueltos, sólidos sedimentables, sólidos suspendidos, sólidos totales fijos, sólidos totales, sólidos volátiles, temperatura y turbidez.

Quinta etapa: análisis de datos y evaluación de los resultados

El análisis de resultados que se desarrolló para este trabajo se realizó primero haciendo una comparación de los resul-

tados obtenidos en la primera etapa contra los obtenidos en la segunda etapa en la que fueron comparados con la Legislación Colombiana para agua segura.

Un segundo análisis se llevó a cabo tomando la metodología para Índices de Calidad WQI (Water Quality Index) implementada en el documento *Evaluación de la calidad del agua y diagnóstico ambiental del humedal Jaboque*. Un último análisis fue realizar la matriz de clasificación y la calificación de algunas características de los materiales evaluados.

Resultados

Evaluación de los materiales

Tabla 2. Propiedades físicas de los materiales empleados. Fuente: los autores, 2005

Características	Espuma de Poliuretano (PUR)	Icopor (Poliestireno PS) en perlas	P.E.T. triturado
Área superficial neta (m ² / m ³)	29,12	3,5	5,2381
Volumen ocupado por el material	6,25 %	60 %	21,25 %
Porosidad o porcentaje de vacíos	93,75 %	40 %	78,75 %
Densidad kg/ m ³	704	47,7083	1633,33

Índices de calidad WQI

Tabla 3. Calificación de calidad del agua (WQI). Fuente: los autores, 2005

	WQI	CALIDAD DEL AGUA
Afluente	19,5	Inadmisible
Blanco (Gravilla)	14,2	Inadmisible
Espuma de Poliuretano (PUR)	25,2	Inadmisible
Icopor (Poliestireno PS)	15,5	Inadmisible
P.E.T.	13,5	Inadmisible
WQI con la DBO5 en mayor dilución.		
	WQI	CALIDAD DEL AGUA
Afluente	21,1	Inadmisible
Blanco (Gravilla)	17,4	Inadmisible
Espuma de Poliuretano (PUR)	26,8	Admisible
Icopor (Poliestireno PS)	18,7	Inadmisible
P.E.T.	17,1	Inadmisible

Clasificación de algunas características para la evaluación del funcionamiento de los materiales

Tabla 4. Valor alcanzado por cada material. Fuente: los autores, 2005

Blanco	134
Espuma	138
Icopor	125
P.E.T.	108

Evaluación de la eficiencia de los materiales

Tabla 5. Calificación del comportamiento de los materiales como sustento para el biofilm de acuerdo con los promedios obtenidos en las pruebas. Fuente: los autores, 2005

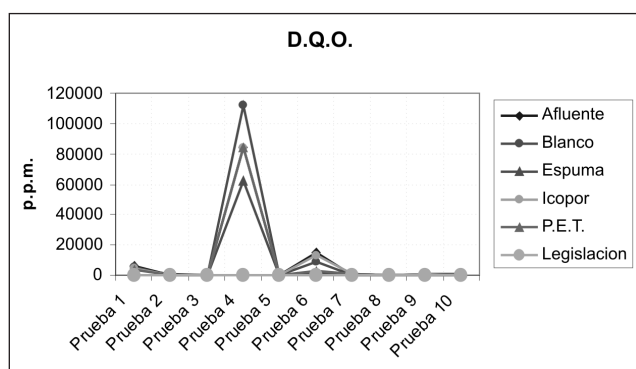
	Blanco (Gravilla)	Espuma de Poliuretano (PUR)	Icopor (Poliestireno PS)	P.E.T
pH	4	4	4	4
Temperatura	4	4	4	4
Turbidez	1	4	3	2
Color	2	3	4	1
Conductividad	4	2	3	1
Acidez	4	3	2	1
Alcalinidad	2	3	4	1
Dureza total	4	3	2	1
Sólidos totales	3	4	2	1
DQO	2	4	1	3
Nitratos	4	3	2	1
DBO 1 dilución	1	1	1	1
DBO 2 dilución	1	1	1	1
Oxígeno disuelto inicial	1	2	3	4
Oxígeno disuelto final	1	2	3	4
	38	43	39	30

Muestras afluente y efluentes

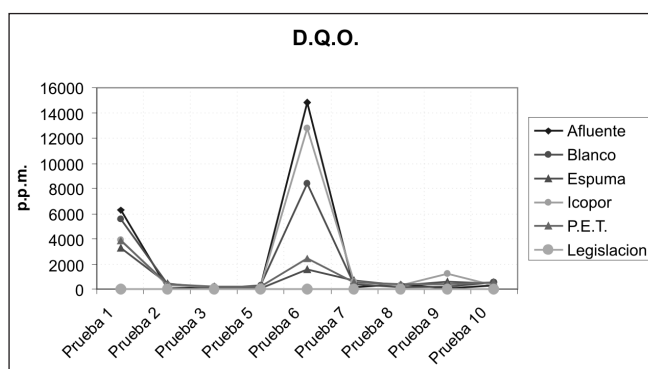
Tabla 6. Resultados DQO. Fuente: los autores, 2005

	DQO ppm (Método de Reflujo Abierto) (gráfica 1 A)										Promedio
	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Prueba 4	Prueba 5	Prueba 6	Prueba 7	Prueba 8	Prueba 9	Prueba 10	
Afluente	6.280	48	128	84.000	206,667	14.800	160	420	60	280	10.638,27
Blanco (Gravilla)	5.560	376	40	112.000	280	8.400	400	180	240	520	12.799,60
Espuma de Poliuretano (PUR)	3.280	456	96	62.000	93,333	1.600	680	320	640	500	6.966,53
Icopor (Poliestireno PS)	3.960	352	232	84.000	233,333	12.800	600	320	1280	340	10.411,73
P.E.T.	3.880	376	200	84.000	200	2.400	560	380	360	560	9.291,60

A)



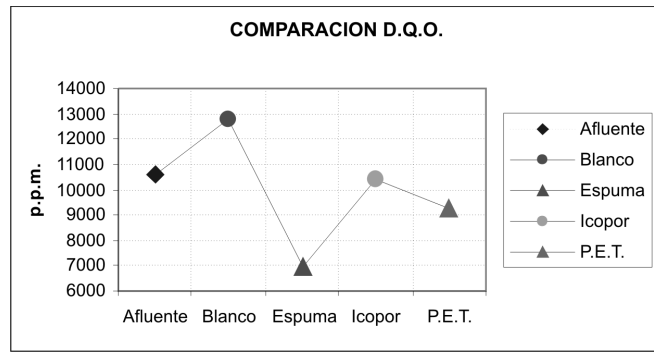
B)



Gráfica 1. Comportamiento de la DQO. Fuente: los autores, 2005

Tabla 7. Resultados DQO con los datos más altos promediados. Fuente: los autores, 2005

	DQO ppm (Método de Reflujo Abierto) (gráfica 1 B)										Prom.
	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Prueba 5	Prueba 6	Prueba 7	Prueba 8	Prueba 9	Prueba 10		
Afluente	6.280	48	128	206,667	14.800	160	420	60	280	2.486,96	
Blanco (Gravilla)	5.560	376	40	280	8.400	400	180	240	520	1.777,33	
Espuma de Poliuretano (PUR)	3.280	456	96	93,333	1.600	680	320	640	500	851,70	
Icopor (Poliestireno PS)	3.960	352	232	233,333	12.800	600	320	1280	340	2.235,26	
P.E.T.	3.880	376	200	200	2.400	560	380	360	560	990,67	

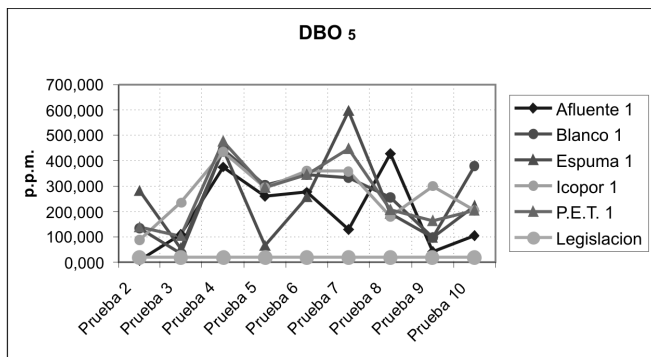


Gráfica 2. Comportamiento promedio de la DQO en la segunda etapa del proyecto. Materiales evaluados. Fuente: los autores

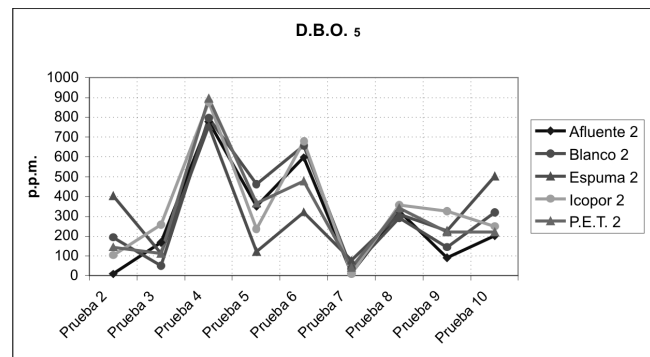
Tabla 8. Resultados de DBO5. No se realizó la primera prueba. Fuente: los autores

	DBO 5 ppm (Método de incubación 5 días)									
	Prueba 2	Prueba 3	Prueba 4	Prueba 5	Prueba 6	Prueba 7	Prueba 8	Prueba 9	Prueba 10	Prom.
Afluente 1	7,537	110,2	376,2	260,2	277,2	129,580	427,680	43,020	105,840	193,051
Afluente 2	8,640	166,6	776,1	350,2	597	12,740	324,370	89,3	201,960	280,768
Blanco (Gravilla) 1	134,75	36,267	445,5	305,2	346,5	332,710	255,290	98,990	379,170	259,375
Blanco (Gravilla) 2	195,03	52,2	796	460,2	656,7	36,630	292,050	144,540	318,400	327,972
Espuma de Poliuretano (PUR) 1	281,16	54,9	445,5	65,2	257,4	596,970	193,510	97,350	222,160	246,017
Espuma de Poliuretano (PUR) 2	401,98	114	756,2	122,2	320,5	76,430	312,840	226,860	501,480	314,721
Icopor (Poliestireno PS) 1	89,670	235,2	435,6	295,2	360,5	358,430	181,510	299,350	205,160	273,402
Icopor (Poliestireno PS) 2	104,94	257,4	875,6	237,6	676,6	9,950	355,410	324,370	249,480	343,483
P.E.T. 1	138,67	104,5	475,2	295,2	346,5	448,470	208,250	163,170	204,930	264,988
P.E.T. 2	145,53	112,7	895,5	366,3	477,6	41,790	341,550	222,750	222,880	314,067

A)



B)



Gráfica 3. Comportamiento de la DBO5 en la segunda etapa del proyecto. Fuente: los autores, 2005

Conclusiones

Se verificó la hipótesis nula al demostrar que por lo menos unos de los tres materiales plásticos evaluados como sustento para biofilm (Espuma de Poliuretano PUR) presentó un mejor comportamiento en términos generales en las pruebas en que fue evaluado y también frente al comportamiento de los materiales evaluados durante la primera etapa del proyecto; el comportamiento de la PUR también estuvo por encima de los otros materiales evaluados incluyendo el Blanco (Gravilla); estos resultados se debieron principalmente a las características que presenta el material, pues su porcentaje de vacíos es mayor lo que permite una mejor adherencia por parte del biofilm.

Se pudo comprobar que los materiales plásticos son más manejables debido a su tamaño y permiten una mejor distribución en el contenedor y así brindan mayor número de espacios intersticiales para ser llenados por el biofilm, lo que propicia una mejor distribución del agua llegando ésta a todos los puntos y ayudando así a un mejor tratamiento.

Se determinó que la PUR y el Icopor (Poliestireno PS) tuvieron mejor desempeño como sustento de biofilm para la remoción de carga orgánica; la PUR en mayor porcentaje (%) de eficiencia para los parámetros evaluados.

En los otros parámetros investigados los resultados obtenidos indicaron que la PUR y el Icopor (Poliestireno PS) sí cumplieron con el objetivo de remoción al ser comparados con el Blanco (Gravilla).

Al realizar la comparación con los resultados obtenidos durante la primera etapa del proyecto se concluyó que los materiales evaluados en la segunda etapa (Espuma de Poliuretano [PUR] e Icopor [Poliestireno PS]) tuvieron un mejor desempeño; se llegó a esta conclusión debido a que en la primera etapa el comportamiento del Blanco (Gravilla) fue mejor que el de los materiales que se evaluaron y en la segunda etapa los resultados de los materiales Espuma de Poliuretano (PUR) e Icopor (Poliestireno PS) se ubicaron por encima del Blanco (Gravilla).

Por el tipo de carga contaminante arrastrada por la quebrada Mi Padre Jesús o Zanjón de San Martín se pudo analizar que los mejores materiales para la remoción de este tipo de carga son los materiales plásticos, los cuales muestran un mejor desempeño que los materiales de tipo tradicional.

Recomendaciones

Para las siguientes etapas del proyecto es conveniente poner un sedimentador antes de los recipientes que reciben el agua para retirar el biofilm que se desprende y, de esta

manera, no afectar los valores de los parámetros que se quieren evaluar.

Es necesario lavar los filtros periódicamente; esta periodicidad se determina por observación directa del estado de saturación de los mismos y se debe realizar cada vez que se observe que el tratamiento se puede obstruir. Es importante tener cuidado de no separar el biofilm adherido a los sustratos. Este lavado evita la acumulación de material innecesario dentro del filtro.

La Espuma de Poliuretano (PUR) se identificó como la mejor opción para este proyecto; sería muy bueno que se pudieran realizar más estudios con este material, combinándolo con otros que presenten características complementarias para su desempeño como sustrato, como por ejemplo el Icopor (Poliestireno PS), ya que éste presentó el mejor valor en área superficial neta y acompañado del material con más porcentaje de vacíos se podría tener una mejor formación de biofilm y tal vez hasta mayor eficiencia por parte de éste.

Aunque en esta etapa del proyecto no fue posible de ninguna manera realizar un análisis microbiológico adecuado, es ideal que este tipo de estudios vaya de la mano con estos análisis para determinar exactamente primero qué bacterias, hongos, líquenes, entre otros existen en los sustratos que se quieren evaluar, además de permitir la determinación exacta del grosor de la capa de biofilm y los tiempos de sus procesos de formación, reproducción y muerte.

Bibliografía

Aguas residuales. Contaminación. Uso urbano e industrial de agua. Contaminantes hidrológicos. Lodos. Arcilla expandida. Electrocoagulación. Depuración. Disponible en: http://html.monografias.com/aguas-residuales_3.html

Alvarado, Lina y Pérez, Luz. (2003). *Parámetros de diseño de una planta de aguas residuales para la sede de la facultad del medio ambiente y recursos naturales de la U. Distrital Francisco José de Caldas.*

American Water Works Association. (2002). *Calidad y tratamiento del agua. Manual de suministros de agua comunitaria.* Mc Graw Hill Profesional.

_____. (1998). Research Foundation. *Tratamiento del agua por procesos de membrana / Principios, procesos y aplicaciones.* Mc Graw Hill.

Arias, Edison y Lastra, Jorge. (2003) *Tratamiento secundario de aguas.* Disponible en: Monografias_com.htm.

Aurazo de Zumaeta, Margarita. *Aspectos biológicos de la calidad del agua.* Disponible en: www.bvsde.ops-oms.Org/bvsatr/fulltext/tratamiento/manuall/tomoI/dos.pdf

- Cervera B., Luz Dari. et al. (1999). *Evaluación económica y ambiental de las obras de restauración morfológica de la quebrada Padre Jesús*. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá D.C.
- Crites, Ron y Tchobanoglous, George. (2000) *Sistemas de manejo de aguas residuales para núcleos pequeños y descentralizados*. Tomo 2. Ed Mc Graw Hill.
- Cruz Rincón, Isabel, Moreno Cely, Luz A., Castro Hernández, Freiner L. (2005). *Evaluación de la calidad del agua y diagnóstico ambiental del humedal Jaboque*. Bogotá D.C., Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Escuela de Ciencias de la Tierra. (2000). *Tratamiento de aguas blancas y aguas residuales*. Universidad de Oriente.
- Fuster Valls, Núria. (2004). *Observatori de la Seguretat Alimentària Universitat Autònoma de Barcelona*. Disponible en: <http://www.consumaseguridad.com/web/es/investigacion/2004/06/02/12636.php>
- Granja R., Adriana, Yaguara, Didier A. (2004). *Evaluación de materiales de la zona Fúquene-Boyacá como medios filtrantes para aguas residuales domesticas*. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Facultad del Medio Ambiente y los Recursos Naturales. Bogotá D.C.
- Harper, Charles. (1995). *Hand Book of Plastics, Elastomers and Composites*. Mc Graw Hill. Washington.
- http://www.nswplastics.com/environmental/pdfs/durapac_spanish.pdf
- http://www.nsw.com/spa/products_services/plastic_environmental_products/environmental_products/index.htm
- http://pobladores.lycos.es/channels/planeta_tierra/ACUARIOS_MARINOS/area/
- Instructivo del analizador Biotech HMB para bacterias en aguas de enfriamiento. <http://www.biotechintl.com/INSTRUCTIVO.html> Enero 2000
- Kajumulo Tibaijuka, Anna. (2002). *Uso y reuso de los plásticos, en hábitat*. ONU.
- Méndez Hernández, César Alejandro y Rodríguez Monroy, Ingrith Dianey. (2004) *Análisis comparativo entre medios de soporte fijo de plástico, grava y guadua, en reactores anaerobios de flujo a pistón para el tratamiento de agua residual domestica*. Facultad de Ingeniería Ambiental y Sanitaria. Universidad de la Salle. Bogotá D.C.
- Metcalf y Eddy. (1998). *Ingeniería de aguas residuales. Tratamiento, vertido y reutilización*. Volúmenes 1y 2, Mc Graw Hill.
- _____. (1992). *Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales*. Ed. Diaz de Santos S.A.
- Osorio Robles, E. y García, Hontoria. (2005) *Aprovechamiento de residuos para la depuración biológica de aguas residuales*. Departamento de Ingeniería Civil. Escuela técnica superior de ingenieros de caminos, canales y puertos. Universidad de Granada.
- Revista de Biología, Ciencias Experimentales y de la Salud*. Disponible en: <http://www.biologia-eninternet.com/default.aspId=23&Fd=2>
- Rigola Lapeña, Miguel. (1989). *Tratamiento de aguas industriales, aguas de proceso y residuales*. Barcelona, Marcombo Boixareu, cop.
- Romero R., Jairo A. (2002). *Tratamiento de aguas residuales. Teoría y principios de Diseño*. Ed. Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Ronzano, Eduardo. (1995). *Tratamiento biológico de las aguas residuales*. Madrid: Ed. Díaz de Santos S.A.
- Tabla de Clasificación de Plásticos y su uso en reciclaje*. Disponible en: www.ereciclaje.com
- Winkler, Michael. (1986). *Tratamiento biológico de aguas de desecho*.
- <http://redescolar.ilce.edu.mx/redescolar/proyectos/aguas/etapa2/aguasres1.htm>