



Propuesta de biorremediación microbiológica de vertimientos peligrosos, aceites de automóviles, mediada por PTAR compacta

Martha Carolina Vásquez Rodríguez^a, Germán Darío Palacios Palacios^b

^aLicenciada en Biología, Especialista en Gerencia de Recursos Naturales y Magíster en Gestión y Auditorías Ambientales. Docente Universitaria. Móvil: 3004180110 Dirección postal: Calle 45C # 21-36 Apt 201 Bogotá D.C.

^bIngeniero Industrial y Especialista en gestión de Residuos. Docente Universitario. Móvil: 3002042192 Dirección postal: Carrera 56 # 128-94 Bogotá – Colombia.

ARTICLE INFO

Received: 10 May2014

Accepted: 17 September2014

Keywords:

Educación ambiental.
Educación Superior.
Tratamiento de Aguas Residuales.

E-mail address:

carolinavasquezrodriguez@gmail.com
german.palacios@gmail.com

ISSN 2007-9842

© 2014 Institute of Science Education.
All rights reserved

ABSTRACT

El agua es un recurso básico en las actividades humanas y para la vida misma por tanto es necesario realizar acciones para conservar sus ecosistemas y no cargar las corrientes hídricas de vertimientos contaminantes, dentro de la gestión ambiental en general se establece que es mejor tratar desde la fuente o evitar la generación del vertimiento y es lo que se intenta con este trabajo. Para el desarrollo del proyecto inicialmente se realiza una exploración acerca de lo que se está haciendo en cuanto a gestión de vertimientos y exactamente de vertimientos de aceites automovilísticos usados para el Barrio Siete de Agosto de la localidad de Barrios Unidos en Bogotá D.C., barrio en donde existen gran cantidad de talleres, servitecas y demás empresas relacionadas con el mantenimiento de automotores, luego se compararán las diferentes plantas compactas de tratamiento y se seleccionarán las o la que mejor eficiencia presente para degradar éste tipo de vertimientos, ésta tecnología será entregada a la alcaldía de dicha localidad como opción de gestión de vertimientos oleosos y pueda ser aprovechada por las empresas que generan éste tipo de residuos. Es un tipo de investigación proyectiva en donde la metodología utilizada fue la indagación en diferentes fuentes tales como la Alcaldía de la localidad de Barrios Unidos, la normatividad y la observación de fuentes bibliográficas que abordaron experiencias homólogas alrededor del mundo. En el mercado se encuentran plantas compactas de tratamiento de aguas residuales, con diferentes características y precios; de las plantas analizadas se seleccionó aquella cuyas características permiten el tratamiento microbiológico de las aguas residuales contaminadas con aceites lubricantes, de tal manera que permite la adaptación de la tecnología microbiológica. Es necesario realizar actividades en la educación superior que generen ideas innovadoras para poder enfrentar la escasez de agua y poder mitigar también otros graves efectos del cambio climático en Colombia, país considerado vulnerable en donde urge la concienciación de sus habitantes, lo que debe comenzar desde las nuevas generaciones y lógicamente se debe partir de la educación, en este caso desde la educación superior.

Water is a basic resource for human activities and life itself is therefore necessary actions to conserve ecosystems and water flows not load discharges of pollutants within environmental management in general states that are better addressed from the source or prevent shedding and generation is what is intended with this work. To develop the project initially an exploration of what is being done is done in terms of management of spills and exactly dumping of automotive oils for Siete de Agosto neighborhood of the town of Barrios Unidos in Bogotá DC, neighborhood where there are numerous workshops, servitecas and other companies related to the maintenance of vehicles, then the different compact treatment plants will be collated and will select or better efficiency present to degrade this type of discharge, this technology will be delivered to the mayor of the town as a management option oily discharges and can be used by companies that generate this type of projective residues. It is a type of research in which the methodology was the inquiry into different sources such as the Mayor of the town of Barrios states, regulations and observing bibliographic sources that addressed homologous experiences around the world. In the market there are compact plants wastewater treatment, with different features and prices; of the analyzed plants was selected one whose characteristics allow the microbiological treatment of wastewater contaminated

with lubricating oil, so that allows adaptation of microbial technology. Activities are needed in higher education to generate innovative ideas to address the shortage of water and power also mitigate other severe effects of climate change in Colombia, a country where it is considered vulnerable urgent awareness of its inhabitants, which must start from new generations and should logically from education, in this case from higher education.

I. INTRODUCCIÓN

El uso de aceites lubricantes a nivel mundial genera toneladas de desechos que se caracterizan como peligrosos, contaminan los cuerpos hídricos, generan problemas en las industrias y en las plantas de tratamiento de aguas residuales, contaminan y dejan sin fertilidad los suelos. Las premisas de la gestión eficiente de cualquier residuo son en primer lugar reducir su generación, en segundo lugar ya generado el residuo tratarlo desde la fuente.

El aporte del presente trabajo, realizado en la localidad de Barrios Unidos, barrio Siete de Agosto de la ciudad de Bogotá, se centra en generar un modelo de propuesta en donde se adapte una tecnología microbiológica de biorremediación para el tratamiento de aguas residuales contaminadas con aceites lubricantes usados con una tecnología vigente para el tratamiento de aguas residuales.

El trabajo se ha realizado atendiendo a la necesidad de conservación del agua por ser un bien escaso, teniendo en cuenta que resulta de gran importancia su recuperación para el mantenimiento de los ecosistemas, la subsistencia del ser humano y a su vez del desarrollo económico-productivo del país. A través del modelo propuesto, se pretende minimizar el impacto ambiental generado por los vertimientos contaminados con aceites lubricantes, que puede incrementar el costo del tratamiento del agua residual, con los consecuentes daños a las plantas de tratamiento por la exagerada producción de lodos difíciles de disponer.

El objetivo general del trabajo es modelar una propuesta para la aplicación de una tecnología de biorremediación bacteriana, útil para gestionar de forma ecológica los vertidos contaminados con aceites automovilísticos.

Para lo cual se han definido tres objetivos específicos que son:

- Elaborar un estado del arte en cuanto a la gestión del recurso hídrico y de vertimientos peligrosos de la Localidad de Barrios Unidos.
- Revisar la normatividad en cuanto a vertimientos que se debe tener en cuenta para la elaboración del proyecto.
- Proponer desde el enfoque ambiental de prevención y mitigación de la contaminación un proyecto de biorremediación de vertimientos peligrosos usando una planta compacta de tratamiento de aguas residuales.

II. GESTIÓN DE ACEITES USADOS

El uso de los aceites en el mundo es muy grande y rentable por ejemplo en los Estados Unidos se consumen unos 7,6 millones de toneladas al año de lubricantes, en Japón 2,2 millones, en la Unión Europea 4,7 millones y en España unas 560.000. La demanda mundial de aceites lubricantes llega aproximadamente a 40 millones de toneladas año (Depuroil, 1999).

Los aceites usados son eliminados por procedimientos tales como el vertido en terrenos y cauces de agua o la combustión indiscriminada que no aprovechan su auténtico valor potencial, produciendo, por el contrario, peligrosas contaminaciones.

El término reciclado se aplica a los procesos capaces de devolver a un residuo ciertas características que permitan una nueva utilización del mismo. Este es el camino que debe utilizarse siempre que sea posible para la eliminación de los Aceites Usados o Residuales.

Un aceite usado, por su naturaleza y composición, se presta a ser utilizado como medio portador de cualquier producto orgánico tóxico o peligroso que de forma fraudulenta haya sido mezclado con el aceite para eliminarlo a un coste bajo.

Esta es una práctica que se da con excesiva frecuencia, ocasionando contaminaciones en los aceites usados a todas luces imprevisibles (Depuroil, 1999).

Para la Secretaria del Medio Ambiente de Bogotá y adoptando lo que reglamenta el convenio de Basilea los aceites usados se consideran un desecho peligroso que debe ser controlado, lo que es aprobado por la ley 253 de 1996 en Colombia (MAVDT, 2006)

El aceite lubricante usado contiene diversos compuestos químicos tales como metales pesados, (por ejemplo cromo, cadmio, arsénico, plomo), hidrocarburos aromáticos polinucleares, benceno y algunas veces solventes clorados, PCBs, etc. Estos compuestos químicos producen un efecto directo sobre la salud humana y varios de estos productos son cancerígenos (MAVDT, 2006)

Disponer el aceite lubricante usado y materiales contaminados con este en los rellenos sanitarios o en los botaderos a cielo abierto, no es una solución adecuada. Indudablemente, el aceite se convierte en parte del lixiviado y termina en las aguas subterráneas, haciendo que ésta no sea apta para el consumo humano. La contaminación del agua superficial o del suelo no solamente es perjudicial para el hombre, sino para todas las demás formas de vida, puesto que la presencia del aceite altera los procesos de intercambio con el medio ambiente (por ejemplo, intercambio de oxígeno en el agua). (MAVDT, 2006)

La quema bajo condiciones no controladas del aceite lubricante usado puede emitir más plomo al aire que cualquier otra fuente industrial, según estudios desarrollados por la Agencia de Protección Ambiental - EPA. (MAVDT, 2006) El cromo, el cadmio y el arsénico son potentes agentes cancerígenos. El plomo es una toxina que envenena el sistema nervioso central y puede detener el desarrollo de crecimiento natural en los niños; con su exposición, aún en pequeñas cantidades, puede generar serios problemas de aprendizaje en los mismos (MAVDT, 2006).

Cuando los aceites lubricantes usados con contenido de compuestos clorados se usan como combustible, se generan dioxinas y furanos presentando efectos negativos sobre el organismo. Estos compuestos tóxicos son térmicamente estables (hasta una temperatura aproximada de 600°C), liposolubles y poco solubles en agua y muy estables y persistentes al medio.

Según el Manual técnico para el manejo de aceites lubricantes usados, p. 19 - 20, el aceite lubricante usado y tratado puede tener los siguientes usos:

- Como combustible para uso industrial.
- Regeneración «de bases lubricantes, mediante su recuperación y aprovechamiento por refinación, entendiéndose como tal la serie de procesos que permiten utilizar nuevamente el lubricante obtenido.
- Recuperación y aprovechamiento en la fabricación de plastificantes, fluidos para temple y cualquier otro uso, siempre y cuando esto no implique ingestión por humanos o animales y no afecte al ambiente.

El aceite lubricante no tratado se puede utilizar sólo mediante aprovechamiento energético como combustible en procesos productivos de cemento, en el cual se garantiza tanto la destrucción de los componentes orgánicos presentes en el aceite lubricante usado como la integración de los componentes inorgánicos ya inertes al clinker, o en otros procesos con temperaturas de operación superiores a 600 °C.

La mala disposición de los aceites usados ocasiona, entre otros problemas, los siguientes:

- a. La contaminación del suelo por derrames y disposición inadecuada.
- b. El suelo fértil se pierde definitiva e irreversiblemente.
- c. La contaminación del agua superficial y subterránea.
- d. Presencia de metales pesados y químicos tóxicos en el agua, aire y suelo.
- e. La contaminación del aire por la quema de aceites usados como combustible sin la tecnología ambiental necesaria.
- f. El deterioro de tuberías y alcantarillado por la presencia excesiva de aceites usados. Estos aceites generan taponamientos de las tuberías por la solidificación de las grasas, especialmente en pendientes planas.
- g. El incremento de los costos de operación y mantenimiento de las plantas de tratamiento de aguas residuales.

Según los estudios de la UPME a 2001 en Colombia cada año se generan cerca de 1,2 millones de barriles de aceite usado, de los cuales se ha calculado un potencial de recuperación cercano a los 420.000 barriles.

Aproximadamente 540 BPD (barriles por día) son incorporados al mercado de los combustibles, particularmente en hornos y calderas de industrias medianas y pequeñas, como talleres de fundición, talleres de metalmecánica, pequeños chircales, textileras, siderúrgicas pequeñas, fábricas de confecciones, etc. y en el sector de servicios especialmente en las lavanderías. Por desconocimiento de procedimientos técnicos para su adaptación, por ausencia de normatividad sobre su reutilización industrial, por la carencia de estándares de consumo en calderas, hornos y secadores y por el mercado negro existente con estos productos, se presume que los manejos dados a los aceites usados y en general a este tipo de energéticos alternativos, son inadecuados, no solo ambiental, sino técnicamente.

Estos procedimientos están generando la degradación del medio ambiente por la gran cantidad de contaminantes, particularmente aquellos asociados con contenidos de metales como arsénico, cadmio, cromo, plomo y antimonio entre otros (UPME, 2001, p. 2).

II.1 Composición de aceites usados

Según la UPME los aceites lubricantes están compuestos por una mezcla de una base mineral o sintética con aditivos (1-20%). Durante su uso se contaminan con diversas sustancias como:

- a. Partículas metálicas ocasionadas por el desgaste de las piezas en movimiento y fricción.
- b. Compuestos con plomo procedente de las naftas.
- c. Ácidos orgánico o inorgánicos originados por oxidación o de azufre de los combustibles.
- d. Compuestos de azufre.
- e. Restos de aditivos: fenoles, compuestos de zinc, cloro, y fósforo.
- f. Compuestos clorados: disolventes, PCBs y PCTs.
- g. Hidrocarburos poli nucleares aromáticos (PNA).
- h. Pesticidas.
- i. Residuos tóxicos de cualquier tipo.

Afortunadamente, estudios y pruebas de laboratorio realizados en nuestro país, no muestran presencia significativa de PCB's en los aceites usados de circulación nacional.

II.2 Tratamiento de aceites usados

La mejor manera de explicar cual es la alternativa más ecológica para gestionar los aceites usados es analizar el ciclo de vida. La agenda Federal del Medio Ambiente de Alemania llevó a cabo un ACV sobre los siguientes tratamientos:

- Regeneración: materia prima para lubricantes.
- Incineración en cementeras.
- Procesamiento de aceites para calefacción.
- Gasificación a presión para sintetizar metanol.

El ACV llevado a cabo según estándares de la ISO 14.040 y 14.042, concluye que ninguno de los métodos demuestra una clara ventaja sobre los otros desde el punto de vista ambiental (Castells, 2012).

En la página web de la empresa argentina ESTRUCPLAN se puede observar un breve recorrido por las alternativas de tratamiento para aceites usados:

Las propiedades de los aceites usados dependen prioritariamente de las bases lubricantes de las cuales se derivan, de los aditivos adicionados para mejorar la viscosidad, el poder detergente y la resistencia a altas temperaturas.

Por su elevada capacidad calorífica, el aceite usado se constituye en uno de los residuos con mayor potencial para ser empleado como combustible para la industria.

Existe una reacción de oxidación que provoca la descomposición de los aceites de motor. Esta reacción en los hidrocarburos en fase líquida suele deberse a una reacción de radicales en cadena. La reacción no se inicia hasta pasado un cierto periodo de inducción, el cual corresponde al intervalo necesario para la formación de los peróxidos (que actúan como catalizadores), durante éste periodo la oxidación del aceite es muy débil. Dado que las altas temperaturas aceleran

esta reacción, en el motor la oxidación se produce de forma muy rápida, en particular por la elevada temperatura que alcanzan las piezas próximas a la cámara de combustión.

La transformación del aceite usado a energético, requiere la aplicación de un tratamiento tendiente a adecuar las condiciones del aceite a las características propias del proceso de combustión.

El aceite recuperado se debe emplear para condiciones de servicio menos críticas que aquellas en las que estaba sometido inicialmente. Los aceites usados que se generan en el mundo son manejados en las siguientes formas principales:

- Regeneración.
- Reciclaje de los aceites usados.
- Destilación a combustible diésel.
- Comercialización como combustible sin tratar (fueloil). Es necesario conocer la composición química de dicho aceite, cuanto menor sea la calidad del aceite base en el aceite usado mayor será el precio y dificultad de su tratamiento.
- Utilización como combustibles alternativos.
- Reutilización para pinturas asfálticas.

II.3 Biodegradación de aceites usados

La biodegradación, o biotransformación, se refiere al proceso a través del cual un ser vivo modifica un compuesto sin llegar a mineralizarlo. El producto resultante puede ser aún más tóxico que el inicial o, de lo contrario, puede presentar propiedades más adecuadas para su reutilización y aprovechamiento. El principal factor a tener en cuenta en esta clase de procesos es la tasa de degradación. Los microorganismos presentes en los aceites usados son muy similares a los que se encuentran en los nuevos (*Nocardia*, *Acinetobacter*, *Pseudomonas*, *Ralstonia*, *Gordonia*, *Rhodococcus*, *Agrobacterium* y *Debaryomyces*). Estos últimos presentan una mayor resistencia a los metales pesados, lo que se traduce en una menor capacidad de degradar los compuestos orgánicos. Existen básicamente dos métodos para la biodegradación: secuencial y combinada. La forma más fácil de degradar completamente estos hidrocarburos es usar degradación secuencial con diferentes microorganismos.

II.4 Biorremediación

A continuación se aclaran los términos biodegradación y biorremediación.

Biodegradación

El parque automotriz mundial genera alrededor del 65% del total de aceite usado generado, mientras que el restante 35% es de origen industrial (EPA 1991).

Para Morales *et al.* en su trabajo de tesis del 2010, estudian la biodegradación del Zn contenido en aceites lubricantes usados y de acuerdo a los resultados obtenidos con el hongo *Pleurotus ostreatus* B4 M1 DNA muestran índices de remoción aceptables de Zn del suelo contaminado con A UU en condiciones apropiadas de temperatura, humedad, tipo de suelo, tamaño de inóculo y concentración. De acuerdo con Kapoor *et al.*, (1999) donde mencionan que la eficiencia de biorremoción puede ser incrementada al manipular la biomasa microbiana en diferentes condiciones físicas y químicas, de ahí que la remoción de zinc se pueda acrecentar, si se manipulan los parámetros de humedad, tamaño del inóculo y especie o variedad del hongo *Pleurotus* sp. y considerar la susceptibilidad del hongo a la toxicidad del contaminante.

La regeneración es uno de los métodos para reutilizar los aceites usados con menor impacto ambiental, éste método dispone los aceites usados de forma tal que se puedan volver a usar como lubricantes. Entre estos métodos se encuentra la biodegradación de los compuestos contaminantes en el interior del aceite, al degradar los compuestos contaminantes

se recupera la base lubricante, ésta es la que otorga las propiedades lubricantes a los aceites, y éste producto es la materia prima para la producción de nuevos aceites (Builes, 2004).

Para Builes, 2004 la biodegradación de un aceite usado requiere del uso de microorganismos con la facultad de degradar los diversos contaminantes presentes en el aceite usado y resistentes a la presencia de metales pesados e hidrocarburos. La variedad de contaminantes presentes en el aceite usado hacen que prácticamente ningún microorganismo esté en la capacidad de degradar en su totalidad un aceite usado, para lograr esto es posible usar una mezcla de microorganismos o biodegradación en serie.

Biorremediación

La biorremediación es el uso de seres vivos para restaurar ambientes contaminados. Es un concepto que no se debe de confundir con depuración. La depuración es la eliminación, ya sea por métodos físico/químicos o biológicos, de un contaminante antes de que éste alcance el medio ambiente. Cuando la contaminación ya se ha producido, se precisa restaurar el ecosistema contaminado, para lo que se pueden utilizar diversas estrategias. Una de ellas es la biorremediación.

La biorremediación es una tecnología que utiliza el potencial metabólico de los microorganismos (fundamentalmente bacterias, pero también hongos y levaduras) para transformar contaminantes orgánicos en compuestos más simples poco o nada contaminantes, y, por tanto, se puede utilizar para limpiar terrenos o aguas contaminadas (Glazer *et al.*, 1995 en Sánchez *et al.*, 2005). Su ámbito de aplicabilidad es muy amplio, pudiendo considerarse como objeto cada uno de los estados de la materia (Atlas *et al.*, 1999 Sánchez *et al.*, 2005).

- Sólido: con aplicaciones sobre medios contaminados como suelos o sedimentos, o bien directamente en lodos, residuos, etc.
- Líquido: aguas superficiales y subterráneas, aguas residuales.
- Gases: emisiones industriales, así como productos derivados del tratamiento de aguas o suelos.

También se puede realizar una clasificación en función de los contaminantes con los que se puede trabajar (Alexander, 1999; Eweis *et al.*, 1999):

- Hidrocarburos de todo tipo (alifáticos, aromáticos, BTEX, PAHs,...).
- Hidrocarburos clorados (PCBs, TCE, PCE, pesticidas, herbicidas,...).
- Compuestos nitroaromáticos (TNT y otros).
- Metales pesados: estos no se metabolizan por los microorganismos de manera apreciable, pero pueden ser inmovilizados o precipitados.

Otros contaminantes: compuestos organofosforados, cianuros, fenoles, etc.

Las ventajas técnicas de la biorremediación, además de su amplio ámbito de aplicabilidad en cuanto a compuestos orgánicos, pueden sumarse las siguientes:

- Mientras que los tratamientos físicos y buena parte de los químicos están basados en transferir la contaminación entre medios gaseoso, líquido y sólido, en la biorremediación se transfiere poca contaminación de un medio a otro.
- Es una tecnología poco intrusiva en el medio y generalmente no requiere componentes estructurales o mecánicos dignos de destacar.
- Comparativamente, es económica y, al tratarse de un proceso natural, suele tener aceptación por parte de la opinión pública.

La biorremediación tiene también inconvenientes y limitaciones. Por ejemplo, la biodegradación incompleta puede generar intermediarios metabólicos inaceptables, con un poder contaminante similar o incluso superior al producto de partida. Por otra parte, algunos compuestos, son resistentes o inhiben la biorremediación. El tiempo requerido para un tratamiento adecuado puede ser difícil de predecir y el seguimiento y control de la velocidad y/o extensión del proceso es laborioso.

La aplicabilidad de esta técnica depende de varios factores:

1.- Propiedades del contaminante (biodegradabilidad). En general, los hidrocarburos alifáticos se degradan rápidamente. Las estructuras más ramificadas son más difíciles de degradar que las cadenas lineales, al producir impedimentos estéricos. Las cadenas ramificadas de sulfonatos de alquilo o arilo a menudo se degradan muy lentamente.

Los dobles enlaces hacen la molécula más resistente, así como un incremento del número de anillos bencénicos.

Las sustituciones químicas (ácidos dicarboxílicos, nitrilos, metilaciones, halogenaciones) también hacen la molécula más resistente. Por otra parte, la biodegradación de compuestos que contienen N ó S está ligada frecuentemente a su utilización como nutrientes.

2.- Presencia de comunidades microbianas adecuadas, con capacidad enzimática para metabolizar el compuesto(s).

Los microorganismos pueden ser autóctonos (biorremediación intrínseca o atenuación) o añadidos al sistema para mejorar la degradación (bioaumentación).

3.- Disponibilidad del contaminante. Es un factor crítico, más importante que la propia presencia de comunidades microbianas. Para que la degradación de un contaminante pueda producirse, es necesario que interactúe con la célula en medio acuoso. Inicialmente lo hará con la parte exterior de su pared para posteriormente ser transportado al interior de la misma. La forma más común de transporte es la complejación con enzimas extracelulares producidos por los microorganismos. Muchos contaminantes orgánicos, como los derivados del petróleo, PCBs, hidrocarburos aromáticos policíclicos (naftaleno, pireno, fluoreno), solventes halogenados, etc., son hidrofóbicos y tienden a adsorberse en el suelo, concretamente a la fracción orgánica (ácidos húmicos, ácidos fúlvicos y humina). Esta es una de las causas, por ejemplo, de la persistencia de muchos pesticidas. La producción de surfactantes por los microorganismos es un factor determinante que atenúa este problema y facilita la degradación.

4.- Condiciones del medio contaminado: Propiedades que permiten o limitan el crecimiento microbiano y el metabolismo del compuesto. A veces es necesario modificar las condiciones, por ejemplo, añadiendo nutrientes o aireando (bioestimulación) (Sánchez *et al.*, 2005).

Los organismos que se pueden emplear son diversos, los más usados son los microorganismos (tanto bacterias, como algas y hongos) y las plantas (en procesos llamados fitorremediación), pero también se pueden utilizar otros seres vivos tales como los nemátodos (vermiremediación).

Los contaminantes que puedan ser degradados o transformados por los seres vivos son susceptibles de ser eliminados mediante procesos de biorremediación. Los compuestos orgánicos suelen ser degradados total o parcialmente y eliminados por completo del ecosistema. Por ejemplo, compuestos contaminantes tales como el tolueno, el fenol o los polibifenilos clorados (PCBs) pueden ser utilizados como fuente de carbono por bacterias, tanto en condiciones aeróbicas como anaeróbicas. Bacterias de los géneros *Pseudomonas*, *Ralstonia*, *Burkholderia* o *Mycobacterium* pueden eliminar hidrocarburos aromáticos como el tolueno o el naftaleno, pesticidas como las atrazinas, aditivos de la gasolina como el tricloruro de etilo o sustancias venenosas como el cianuro potásico, tanto de ambientes sólidos (suelos) como líquidos (ríos y mares). Pero, además muchas bacterias son capaces de modificar sustancias químicas peligrosas, transformándolas en otras menos tóxicas. Así, algunas bacterias pueden reducir la biodisponibilidad (hacerla menos accesible y por tanto menos tóxica) de metales pesados tales como el mercurio, el arsénico, el cromo, el cadmio, el zinc o el cobre.

Gracias a los estudios de biorremediación se están desarrollando herramientas de interés biotecnológico como por ejemplo, el uso de las bacterias, o parte de ellas en procesos de biominería (extracción de metales de interés usando bacterias), de bioproducción de sustancias de interés tales como bioplásticos o biopolímeros, energía (electricidad), sustancias de interés farmacológico, o enzimas que realizan procesos químicos de una forma más eficiente y más respetuosa con el medio ambiente que la industria química. Estas bacterias, o parte de ellas también pueden ser usadas para desarrollar biosensores, sistemas de detección de sustancias más eficientes y rápidos que los típicos análisis químicos.

En Sudamérica se comparten fuentes hídricas de agua dulce con uno o más países, tal es el caso del río Amazonas, entonces un enfoque regional parece ser la manera más efectiva de manejar las aguas transfronterizas. Sin embargo, los enfoques regionales se han desarrollado lentamente en todo el mundo y esto es aplicable también a América del Sur.

Por los esfuerzos de la GWP, el comité asesor para América del Sur-SAMTAC, organización compuesta por diez países; Argentina, Bolivia, Brasil, Colombia, Chile, Ecuador, Paraguay, Perú, Uruguay y Venezuela. Fue constituida en

el 2000 con el objetivo de promover la gestión integrada de los recursos hídricos (GIRH), con el propósito de llevar al máximo los resultados económicos y el bienestar social de una manera equitativa sin comprometer la sostenibilidad de los ecosistemas (GWP-SAMTAC, 2003) (PNUMA, 2007).

III. GESTIÓN DE LOS VERTIMIENTOS EN COLOMBIA

Según lo establecido por la Ley 99 de 1993 y el Decreto-Ley 216 de 2003, el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial –MAVDT, como coordinador del Sistema Nacional Ambiental, es el organismo rector de la gestión del medio ambiente y de los recursos naturales renovables, encargado de definir y formular, garantizando la participación de la comunidad, las políticas y regulaciones a las que se sujetarán la recuperación, conservación, protección, ordenamiento, manejo, uso y aprovechamiento de los recursos naturales renovables, entre ellos el agua.

De manera específica en temas hídricos, le corresponde al MAVDT, a través del Viceministerio de Ambiente, orientar el proceso de formulación de políticas; regular las condiciones generales para el saneamiento del medio ambiente; fijar las pautas para el ordenamiento y manejo de cuencas hidrográficas; establecer los límites máximos permisibles de vertimientos; fijar el monto mínimo de las tasas ambientales; y regular el manejo del recurso en zonas marinas y costeras, entre otros. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial- MAVDT, 2010).

A partir del Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente y sus decretos reglamentarios. Fue así como se fijaron pautas frente a la administración del recurso hídrico, con base en instrumentos de comando y control, como la concesión de aguas, la reglamentación de corrientes y el permiso de vertimientos, que se sustentan en la noción del agua como bien de uso público; e instrumentos de planificación, como los planes de ordenación y manejo de cuencas hidrográficas; y el cobro de la tasa de uso de agua y la tasa retributiva por vertimientos puntuales como carga pecuniaria de la concesión y el permiso de vertimiento, respectivamente (MAVDT, 2010, p. 14).

IV. EDUCACIÓN AMBIENTAL

Trapote, en su artículo: “Importancia de la educación ambiental para lograr la protección y el cuidado del medio ambiente”; expresa que el medio ambiente es el entorno en el cual una entidad opera donde se incluyen el aire, el agua, la tierra, los recursos naturales, la flora, la fauna, los seres humanos y sus interrelaciones, o sea, su impacto ambiental. Refiriéndonos a lo planteado por N.J. Smith-Sebasto (profesor de la Universidad de Illinois Estados Unidos) en la Conferencia Nacional sobre Educación Ambiental realizada en 1968 en New Jersey sobre este tema:

Para comprender qué es Educación Ambiental, será conveniente explicar lo que no es. La Educación Ambiental no es un campo de estudio, como la biología, química, ecología o física. Es un proceso. Para muchas personas, este es un concepto que se le hace difícil comprender. Mucha gente habla o escribe sobre enseñar Educación Ambiental. Esto no es posible. Uno puede enseñar conceptos de Educación Ambiental, pero no Educación Ambiental. (Smith, 1968. Citado por Trapote, 2008).

La educación ambiental para Cristian Frers “más allá de la educación tradicional, es decir, del simple hecho de impartir un conocimiento, la educación ambiental relaciona al hombre con su ambiente, con su entorno y busca un cambio de actitud, una toma de conciencia sobre la importancia de conservar para el futuro y para mejorar nuestra calidad de vida.

La adopción de una actitud consciente ante el medio que nos rodea, y del cual formamos parte indisoluble, depende en gran medida de la enseñanza y la educación de la niñez y la juventud. Por esta razón, corresponde a la pedagogía y a la escuela desempeñar un papel fundamental en este proceso.

En su definición sobre Educación Ambiental, las Naciones Unidas nos indica que ésta tiene como objetivos la formación de los individuos para conocer y reconocer las interacciones entre lo que hay de natural y de social en su entorno y para actuar en ese entorno. Intentando no imprimir a sus actividades orientaciones que pongan en grave

deterioro el equilibrio que los procesos naturales han desarrollado, haciendo posible la existencia de una calidad ambiental idónea para el desarrollo de la vida humana.

Es necesario abordar la temática del cuidado del medio ambiente con la seriedad necesaria para poder revertir los hábitos que causaron daños, hasta la fecha, a nuestro planeta. Es necesario incorporar la idea que con el correr del tiempo y manteniendo comportamientos perjudiciales hacia el ambiente vamos perdiendo la oportunidad de tener una mejor calidad de vida, vamos deteriorando nuestro planeta y a los seres que habitan en él. Es evidente la necesidad de sensibilización desde cada uno de nosotros, para repensar en qué valores y actitudes, se acoda el cambio cultural que debemos asumir, con respecto a las problemáticas ambientales.

Más allá de la educación tradicional, es decir, del simple hecho de impartir un conocimiento, la educación ambiental relaciona al hombre con su ambiente, con su entorno y busca un cambio de actitud, una toma de conciencia sobre la importancia de conservar para el futuro y para mejorar nuestra calidad de vida”.

IV.1 Trabajo ambiental en la localidad de Barrios Unidos de Bogotá

Para el trabajo ambiental de la localidad se han desarrollado varios grupos con funciones definidas, dentro de ellos tenemos:

Comisión Ambiental Local (CAL)

Es un organismo que garantiza la participación de la ciudadanía en los diferentes procesos ambientales, a través de las mesas de trabajo de esta temática. Dentro de las funciones descritas en la Decreto 575 de 2011 se encuentra promoviendo la ejecución de los proyectos contenidos en el PGA y en las agendas ambientales.

Priorización de acciones ambientales con los Cabildos de gobernanza del agua.

Formulación Del Plan Ambiental Local.

El plan le imprime especial importancia a la gestión de los ecosistemas acuáticos por medio de los siguientes objetivos:

- 1 Visibilizar los cuerpos de agua presentes en la localidad y darles la importancia ecológica, restableciendo su potencial como eje de desarrollo eco urbanístico y el papel que cumplen como corredores ecológicos de conectividad del agua y que conforman la cuenca del río Salitre, como también el Parque Ecológico Distrital del Humedal el Salitre.
- 2 Mejorar la capacidad de absorción hídrica del tejido urbano, respetando las zonas verdes existentes en la localidad, procurando generar una cultura de ablandamiento de zonas verdes endurecidas y en obras nuevas reducir el endurecimiento de las superficies con el fin de disminuir la radiación solar emitida por la ciudad.

Dentro de los objetivos se tiene en cuenta el limitar las emisiones y los desperdicios, optimizando el consumo de recursos (no renovables y renovables), la reducción de la vulnerabilidad de la localidad y la comunidad respecto al cambio climático y los desastres naturales, así como el mejoramiento de las condiciones ambientales de la localidad, y de la movilidad y conectividad entre todos sus barrios.

En los programas para la preservación de los recursos hídricos se encuentra el Programa: Recuperación, Rehabilitación y Restauración de la Estructura Ecológica Principal y de los Espacios del Agua. Se centra en la realización de campañas y acciones de concientización, promoción y prevención para la recuperación, preservación y conservación del Parque Ecológico Distrital del Humedal el Salitre Parque, el río Salitre y los brazos de río Nuevo, la Esmeralda y Rio Negro y demás ecosistemas de la estructura ecológica principal ejecutando proyectos ambientales dirigidos a la comunidad con el enfoque de gobernanza del agua y en el marco de la ética ambiental; de igual manera proteger y controlar estos ecosistemas locales apoyados por acciones jurídicas que sean de competencia local.

IV.2 Programa de Educación Ambiental Distrital

El programa de educación ambiental busca incluir una pedagogía a nivel distrital que permita generar cultura ciudadana que incluya un plan de choque de autosostenibilidad para los recolectores de residuos de aceites de fritura usados que permita promover prácticas de reutilización a nivel industrial y empresarial.

Otro de los objetivos es el de la prevención en la contaminación ambiental, buscando el cuidado de los recursos naturales y la no afectación de los recursos hídricos, los conductos subterráneos de agua y la no afectación del suelo.

Los involucrados inicialmente en esta regulación son los hoteles, restaurantes, fábricas de productos de fritos, hospitales, residencias, establecimientos de comidas rápidas, universidades, colegios, fábricas de fritos, centro comerciales, choricerías, piqueteaderos y asaderos entre otros en Bogotá D.C.

En la iniciativa se incluye el manejo de estos residuos a partir de su generación hasta su utilización final, cumpliendo con las funciones ambientales establecidas en la legislación actual.

El proyecto incluye a familias y grupos marginales que inicien una cadena de reutilización de esta clase de residuos líquidos, convirtiéndose en gestores ambientales del Distrito Capital. Su promoción generaría una importante fuerza de trabajo que contaría con ingresos autosostenibles.

Esta serie de objetivos llevaría a la creación de empresas autosostenibles en materia socio-ambiental y a una mejor proyección de preservación ambiental en Bogotá D.C.

Con la reutilización de los aceites vegetales de fritura como materia prima se pueden obtener los siguientes productos:

Jabones de tocador, lavado y de uso industrial, aceites para procesos siderúrgicos, alcoholes, resinas, combustible para motor diesel, tintas para artes gráficas, espumas de poliuretano entre otros.

V. RESULTADOS

Es importante insertar la tecnología existente para realizar los programas de remediación o recuperación de afluentes, es importante resaltar este componente ya que a menudo la educación se divorcia de este tipo de conocimientos y no los utiliza para los fines deseados. A continuación se mencionan los componentes de la propuesta de biorremediación de vertimientos contaminados con aceites automotrices usados, para lograr este fin se tuvo en cuenta dos componentes principales; las plantas de tratamiento de aguas residuales y los consorcios microbiológicos.

V.1 Plantas compactas de tratamiento de aguas residuales.

Son varias las empresas que fabrican plantas de tratamiento de aguas compactas para diferentes funcionalidades y tamaños, resulta necesario nombrar las empresas y los modelos que poseen, ya que dichas máquinas son escasas en el mercado. A continuación se hará una breve descripción de las plantas que mejor se adaptan a lo que se quiere hacer:

V.2 Plantas de tratamiento de agua residual domésticas

La empresa colombiana AGUACOL es fabricante de plantas de tratamiento de aguas residuales de tipo doméstico, que realizan diferentes operaciones unitarias dependiendo del diseño requerido. Todas sus plantas de tratamiento de agua residual, garantizan agua de las siguientes características:

- Remociones superiores a las dadas por la Ley Colombiana (Mayores al 80% de DBO y SST.- Decreto 1594/1984 Ministerio de salud) para vertimiento, cumplimiento de nuevo decreto 3930/2010 Ministerio de Medio Ambiente o normatividades internacionales.
- Reducción de pago por concepto de tasas retributivas
- Reducción mayor al 80-95% de la contaminación (DBO, SST) para uso agrícola como riego.

- Reducción mayor al 90-95% de la contaminación (DBO, SST) para recirculación de agua para red contra incendios, Sanitarios, etc.
- Reducción mayor al 95% de la contaminación (DBO, SST) para recirculación total para uso de agua potable.

Según la empresa AGUACOL la tecnología presenta un diseño que ocupa un área pequeña de instalación, operación y funcionamiento sencillo; la construcción es en Poliéster Reforzado con Fibra de Vidrio (PRFV), material que asegura un peso liviano, alta resistencia, durabilidad y fácil mantenimiento, a bajos costos de inversión y de fácil adquisición por cualquier comunidad.

Ventajas: No produce malos olores (Los sistemas anaerobios producen CO₂, metano y gas sulfhídrico), reduce espacio, compacta, tecnología nacional adaptada a las necesidades locales, bajo costo por habitantes, fácil instalación, operación y mantenimiento.

Dentro de las plantas compactas que ofrece esta empresa las que cumplen funciones acordes a lo que se buscan son:



Foto: Planta compacta de tratamiento de aguas residuales RESIBLOC II
Fuente: Aguas de Colombia Ltda, 2014.

RESIBLOC II

Planta Compacta tipo cilíndrico horizontal, donde se realizan todos los procesos.

Procesos de lodos activados convencionales o aireación extendida.

Cribado, desarenado, trampa de grasa, aireación, sedimentación, retorno de lodos por medio de air-lift y desinfección.

Capacidad de 200-1200 Habitantes en un solo modulo compacto.

Esta planta puede ir enterrada.

Foto: Planta compacta de tratamiento de aguas residuales RESIBLOC I
Fuente: Aguas de Colombia, 2014.

RESIBLOC I

Planta Compacta tipo cilíndrico vertical, donde se realizan todos los procesos:

Cribado, desarenado, trampa de grasa, aireación, sedimentación, retorno de lodos por medio de air-lift y desinfección.

Capacidad de 5-600 Habitantes en un solo modulo compacto. Y de 1000-6000 Habitantes en un modulo construido en casquetes y ensamblado en sitio.

Procesos de lodos activados convencionales o aireación extendida.

Bajo peso, fácil de transportar y trasladar en caso de ser necesario.

Área menor comparada con otros sistemas.

Las plantas compactas de tratamiento de aguas residuales de la empresa AQUA COLOMBIA E. V. Ltda. Según su pagina web presentan las siguientes características; se diseñan en diferentes capacidades y tamaños, para los sectores tanto industrial como el doméstico. Con procesos como el sistema anaeróbicos, biológico-aeróbico de lodos activados.

Según la empresa, las plantas compactas de tratamiento de aguas residuales muestran las siguientes ventajas: innovación tecnológica, tecnología de punta, son económicas y cuidan el medio ambiente.

AQUA COLOMBIA

El sistema al ser instalado dentro de cualquier centro urbano, no genera ningún tipo de impacto o contaminación visual, ya que por sus formas, acabados y colores opcionales puede anularse cualquier efecto. Diseñadas y fabricadas en forma compacta totalmente en poliéster reforzado con fibra de vidrio un material que es prácticamente inerte al contacto con los químicos usados en tratamiento, y para tamaños superiores (mayor a 500 habitantes) en concreto con partes internas en fibra de vidrio.



Foto: Planta compacta de tratamiento de aguas residuales
Fuente: Aqua Colombia EV, 2014

Otra de las plantas compactas de tratamiento de aguas residuales, indagadas fue las de la empresa NyF COLOMBIA que expone las siguientes características:

Cubren capacidades que van desde 0.5 hasta 1 l/s (litros por segundo), integradas por proceso de desbaste previo, para separar sólidos mayores que puedan afectar los demás procesos. El tanque reactor se encuentra subdividido en 2 o 3 etapas; un proceso anaeróbico, con un sustrato de bacterias; un proceso aeróbico, con un potente sistema de inyección de aire; un proceso de floculación/decantación y por ultimo un proceso de desinfección por cloro y radiación UV.

Sus características y ventajas:

Proceso eficiente, menor tiempo de retención hidráulica; no produce olores; amplio rango de capacidad; sistema altamente eficaces; cumplimiento de la normatividad en calidad de agua; prefabricada y lista para conectarse o armadas en sitio. El agua tratada por la PTAR garantiza el cumplimiento de las normas oficiales en Colombia para vertimientos.

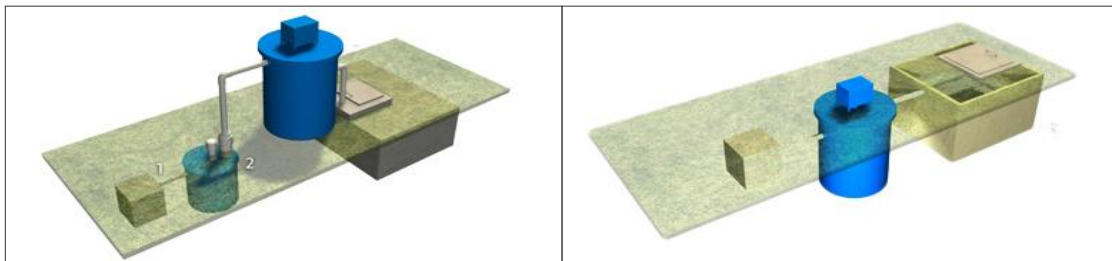


Foto: Planta compacta de tratamiento de aguas residuales. Izquierda: superficial; derecha: enterrada
Fuente: NyF COLOMBIA, 2014.

HIDRITEC empresa española, diseña y fabrica plantas de depuración de agua residual compactas, modulares y contenerizadas que cubren las necesidades de poblaciones medianas y pequeñas. Son de fácil transporte e instalación. La planta compacta de agua residual descrita por HIDRITEC es una depuradora contenerizada de agua residual, puede transportarse de forma sencilla y económica presentando una ventaja sobre las depuradoras compactas habituales.

Incluyen de forma general una cámara de aireación prolongada, un decantador lamelar con recirculación de fangos y un espacio para el control de las operaciones. Se caracterizan por su baja producción de fangos.



Foto: Planta compacta de tratamiento de aguas residuales.
Fuente: Hidritec - España, 2014

La empresa española DEPURNORD ofrece plantas compactas para depuración para agua residual Miniblock que es un equipo básico de depuración biológica, en un solo recinto y con mínimo montaje capaces de tratar caudales desde 5 a 100 habitantes equivalentes.



Foto: Planta compacta de tratamiento de aguas residuales, Miniblock.
Fuente: Depurnord - España, 2014

La empresa española SANDE y DÍAZ, ofrece soluciones para la depuración de aguas residuales urbanas e industriales, ha lanzado recientemente al mercado una nueva generación de depuradoras para pequeñas poblaciones: las depuradoras de biodiscos Depursan.

Estas plantas compactas, disponibles para poblaciones desde 50 hasta 1,000 habitantes equivalentes, están diseñadas para minimizar el mantenimiento y con un consumo mínimo de energía. Las depuradoras Depursan desarrolladas por SANDE y DÍAZ proporcionan un proceso de depuración muy estable que no requiere control auxiliar del proceso. El proceso de depuración se efectúa de forma natural con ayuda de microorganismos adheridos a la superficie de los biodiscos, los cuales están fabricados en PP, en una estructura de soporte y refuerzo en acero galvanizado.

Estos biodiscos giran lentamente y de forma solidaria a un eje central fabricado en acero, soportado a su vez por unos rodamientos de rodillos autoengrasantes y autonivelantes, accionado mediante dos motorreductores sobredimensionados. De esta manera los biodiscos están un 40% sumergidos en el agua residual, por lo que la biomasa está alternativamente en contacto con el aire y con el agua. Así se facilita el proceso de oxidación, liberándose oxígeno, reduciendo la producción de olores y produciendo una mínima cantidad de lodos.

Por otro lado, la citada biomasa, una vez agotado su propio ciclo vital, se separa de forma autónoma de la superficie de los biodiscos en forma de flóculos de fácil sedimentación.

Ventajas

- Mantenimiento reducido y de bajo coste gracias a su optimizado diseño y los materiales de calidad empleados. Además, estas plantas funcionan automáticamente y de manera desatendida.

- Costes de energía muy bajos. Según datos de la compañía, las plantas DEPURSAN consumen un 20% de la energía eléctrica que necesita una planta similar de oxidación total con sistema de soplante y difusores.
- Menor volumen de lodos generados. Además, estos son recirculados, reduciendo así el número de vaciados y por tanto el mantenimiento necesario.
- Gran flexibilidad en las sobrecargas bruscas, tanto hidráulicas como orgánicas.
- Inexistencia de olores, insectos y ruidos.
- Gran armonización con el ambiente en zonas rurales y espacios verdes, debido al tipo de cubierta utilizada y disposición con posibilidad de enterrado parcial.

Aplicaciones:

La depuradoras DEPURSAN están preparadas para tratar aguas residuales cloacales o aguas de carácter similar, o aquellas con sustancias biodegradables. Sus campos de aplicación son:
Poblaciones desde 50 hasta 1.000 habitantes equivalentes, núcleos aislados, urbanizaciones, etc.
Hoteles y casas rurales, campings, centros de ocio estacionales, etc.
Pequeñas industrias sin contaminantes específicos, oficinas comerciales, etc.
En el caso de aguas de procedencia industrial con contaminantes biodegradables, DEPURSAN se puede complementar con un tratamiento primario anterior.



Foto: Planta compacta de tratamiento de aguas residuales.
Fuente: Sande y Díaz, 2014

VI. CONSTRUCCIÓN DE LA PROPUESTA

A continuación se pretende definir el modelo de la propuesta, teniendo en cuenta que el trabajo se desarrolló para una localidad, la misma se puede contextualizar con el lugar en el cual se desee implementar.

VI.1 Estudio Técnico

Se define el siguiente estudio técnico, como la determinación de los mejores componentes para una utilización eficiente y eficaz para la prestación del servicio esperado, según los objetivos y alcances definidos previamente. Tiene entonces como objetivo identificar factores técnicos para el desarrollo del modelo de la propuesta, teniendo en cuenta las características técnicas descritas.

VI.1.1 Selección de la planta compacta para tratamiento de aguas residuales

Las opciones para la selección de la planta, se han definido bajo los siguientes parámetros:

- Caudal tratado diario: entendido como el volumen de aguas servidas generado por una comunidad o industria en una zona.
- Tiempo de retención: tiempo en el que un volumen de agua residual se encuentra almacenado en la planta purificadora para su saneamiento.
- Sistema de cultivo (suspendido o en soporte): correspondiente al proceso de tratamiento microbiológico que puede ser aerobio o anaerobio, de acuerdo a la necesidad de oxígeno para realizar el la degradación de los componentes

de la porción orgánica presente en el AR, se prefiere que el tratamiento sea desarrollado de forma aerobia para minimizar la generación de malos olores y una mayor tasa de degradación de los desechos oleosos.

- Producción de lodos: es la sedimentación de sólidos suspendidos como biomasa, generados a partir de la materia orgánica y que pueden ser nocivos para la salud humana y el ambiente si estos no son tratados correctamente.
- Flexibilidad en las sobrecargas: capacidad de trabajo de saneamiento con bajos y altos volúmenes de carga de aguas residuales.
- Tamaño: menor espacio según caudal tratado.
- Armonización con el ambiente: (Impacto visual) adecuación por armonización con el medio ambiente.
- Tecnología nacional o importada: experiencia, uso y efectividad de la planta de tratamiento.

Cabe anotar que por ser un estudio abierto, queda a libre elección del interesado, definir la planta que mejor se acomode a las necesidades e intereses propios; en este estudio han quedado ilustradas como máquinas finalistas aquellas que cumplieron con los requisitos definidos anteriormente, teniendo en cuenta que se estudiaron poco más de 15 propuestas diferentes entre opciones nacionales e importadas. Las máquinas aquí definidas han sido preseleccionadas bajo el criterio altamente objetivo y técnico del autor del trabajo. Cabe anotar que el acceso a la información por parte de las empresas es muy restringido, por la mínima información que estas proporcionan en términos técnicos, costos y demás.

Basado en lo anterior, se sugiere el uso de la planta DEPURSAN de la empresa española SANDE y DÍAZ, con experiencia en soluciones integrales para la depuración de aguas residuales urbanas e industriales. Esta selección se plantea como sugerencia, atendiendo a la facilidad de implantación de sistemas microbiológicos al interior del sistema físico de depuración que incluye el uso de biodiscos, cuya capacidad de filtración y regeneración de aguas, resulta más eficaz que el uso de cualquier otra tecnología, utilizando básicamente un solo recinto, con montaje simple, proporcionando capacidad de abastecimiento para poblaciones desde 50 hasta 1.000 habitantes equivalentes, mantenimiento minimizado el consumo energético (20% menos que una de similares características). Su operación genera un proceso de depuración muy estable sin la necesidad de tener un control auxiliar del proceso:



Foto: Planta compacta de tratamiento de aguas residuales.
Fuente: Sande y Díaz, 2014.

Todas las plantas descritas, presentan atributos atractivos en cuanto al tratamiento de aguas, sin embargo la planta DEPURSAN de biodiscos, al tener el sistema de soporte para crecimiento microbiológico incrementa la eficacia del agente microbiológico, pues se puede adaptar más fácilmente sobre la superficie de los biodiscos y facilitar el intercambio de oxígeno al permanecer sumergido el 40% de la superficie de los mismos, a la vez que permanece en constante rotación; es decir realiza la oxigenación suficiente que minimiza la producción de malos olores.

La sugerencia de esta planta, no implica que las otras no funcionen, todas ellas tienen beneficios y variabilidad en términos de sus capacidades. Las demás plantas permiten pensar en una posible adecuación técnica y acomodar las condiciones para un medio más sencillo, ya que es posible construir un sistema de soporte para que los microorganismos habiten y puedan ejercer una mejor acción sobre el agua residual contaminada con aceites automovilísticos, sin embargo es importante el sistema de aireación para minimizar la generación de malos olores. Para aquellas que no resulte tan obvio la sugerencia anterior, se tiene también como propuesta, la posibilidad de creación de un sistema de autodosificación de microorganismos, respondiendo a la necesidad de inoculación en caso de disminución de su cantidad, lo que ralentizaría el proceso degradativo. Habilitando la utilización de las otras máquinas uniendo sus desarrollos con la tecnología EM por el mecanismo de dosificación descrito.

VI.1.2 Selección y adecuación de consorcios microbiológicos

La degradación microbiana constituye el principal proceso de descontaminación natural. Los vertimientos se caracterizan por constituir una matriz contaminante que contiene una elevada diversidad de compuestos disueltos, por lo que se constituye como sustrato ideal para evaluar el potencial catabólico de cepas o consorcios microbianos de interés en biorremediación.

El complemento de la propuesta, hace referencia a la inclusión del componente microbiológico, para el tratamiento de los residuos oleosos derivados del aceite automovilístico usado, el cual es promovido mediante EM y luego continúa por autosostenimiento de las cepas o consorcios que se encargan de descontaminar el vertimiento.

VI.1.3 Uso de tratamiento microbiológico promovido por EM

En la prueba realizada por Fioravanti, Vega, Hernández, Okumoto, y Yeomans en 2004. Aplicaron tratamiento con el 10% de EM y 0% de EM que tuvo éxito en la degradación de grasas y aceites, con reducciones mayores al 96 % en la primera repetición y más de un 82 % en la segunda. La reducción que se logró fue positiva y resulta de gran importancia porque se limitó el contenido de grasas y aceites en biosólidos usados como fertilizante.

En el estudio de caso realizado por Abril A., en 2003, los resultados obtenidos indican que mediante el manejo de hábitat y poblaciones microbianas se puede lograr: a) Eficiente degradación de los aceites industriales, b) Eliminación de organismos de origen cloacal y c) Ausencia total de contaminantes en aguas subterráneas, no quedando fangos ni agua residual que requieran ser retratados o volcados en cursos superficiales o subterráneos. Asimismo, el tratamiento contribuyó a mejorar el valor paisajístico del establecimiento productivo, por cuanto la zona presenta una variada y abundante vegetación, no existen malos olores y no hay ningún signo visible de que sea una planta depuradora de efluentes industriales.

En el estudio además se demostró que el manejo de hábitat resultó ser un mecanismo eficiente para optimizar el desarrollo y actividad de microorganismos degradadores presentes en la laguna. Se incluyó un efluente de aguas cloacales que favorecieron los procesos de degradación de los aceites industriales debido al aporte de: compuestos carbonados fácilmente degradables que proveen energía inicial para los procesos de degradación de compuestos recalcitrantes y nutrientes como P y N que permiten el crecimiento de las poblaciones degradadoras en medios con alta relación C/N como son los aceites de uso industrial, en ese estudio gracias al uso del efluente cloacal no hubo necesidad de aplicar fertilizantes químicos, práctica común en los tratamientos de áreas contaminadas por hidrocarburos con la finalidad de disminuir la relación C/N.

En el estudio de Abril (2003) se pudo observar que la introducción de microorganismos seleccionados no demostró ser una práctica muy recomendable. Si bien se buscó que las poblaciones estuvieran adaptadas a las condiciones de pH y fuentes de carbono de la laguna, no se obtuvo un aumento permanente de las poblaciones después de la inoculación.

Este aspecto coincide con lo observado por otros autores (Siciliano *et al.*, 1999) y explica la necesidad de realizar inoculaciones frecuentes cuando se introducen microorganismos degradadores (Beeby, 1995).

Para la adaptación de los microorganismos EM en la etapa inicial de funcionamiento de la planta compacta de tratamiento de aguas se deben tener en cuenta los factores que más pueden llegar a afectar la actividad de las bacterias degradadoras nativas; son: la cantidad de efluentes, el pH, y las condiciones ambientales. Sin embargo, según Abril (2003) los resultados muestran que una vez, que el sistema llega a un punto óptimo tiene una alta capacidad de amortiguar estos factores, como lo indica la abundancia bacteriana que se mantuvo relativamente estable a lo largo de los años.

En ese estudio se pudo ver que son varias las ventajas de utilizar este tipo de sistemas de tratamiento, como son: bajo costo operativo, bajos requerimientos energéticos, alta flexibilidad para adaptarse a shocks de carga. Este tipo de tecnologías se constituyen como una alternativa válida para el tratamiento de efluentes de pequeñas y medianas industrias y municipios.

Infiriendo de lo anterior es posible suponer que los vertimientos con aceites lubricantes es mejor tratarlos en la planta compacta con una mezcla con aguas residuales de alcantarillado, pues estas últimas aportan el N y P necesarios para que los microorganismos los utilicen para biodegradar el aceite industrial.

Ventajas del uso de la tecnología de degradación de aceites lubricantes usados, a través de una tecnología microbiológica adecuada en planta de tratamiento compacta y recolección, almacenamiento por los gestores de aceites de Bogotá.

TABLA I. Comparación entre biorremediación de vertimientos contaminados con aceites usados y gestión por recolección y almacenamiento.

	BIORREMEDIACIÓN DE EFLUENTES CONTAMINADOS CON ACEITES LUBRICANTES USADOS	GESTIÓN POR RECOLECCIÓN Y ALMACENAMIENTO
PRECIO	Esta tecnología de gestión no solo de los vertimientos contaminados con aceites lubricantes usados, presenta un bajo costo y duración de varios años siempre que se vigilen parámetros como pH, temperatura y caudal suministrado. Presenta una relación costo-beneficio bastante buena, por costo y bajo mantenimiento.	Por medio de la implantación de este modelo no se pretende eliminar esta forma de gestión, simplemente además del aceite que se recolecta para su recogida existen otro porcentaje que es el que cae en los sistemas de alcantarillado y contamina gravemente los cuerpos hídricos.
FACTOR MEDIO AMBIENTAL	Cuando se utiliza la biorremediación se elimina o inertiza un compuesto que representa peligro para el medio ambiente y en este caso para los ecosistemas hídricos. Para el caso de los aceites, se elimina el compuesto pues se biodegrada en sustancias menos dañinas y más aprovechables por el medio ambiente.	Esta gestión evita que gran cantidad de aceite se arroje al sistema de alcantarillado, pero no se elimina el contaminante, sencillamente se almacena, en pocas empresas regeneran este aceite, para que presente características similares al aceite antes de ser usado, este procedimiento es costoso y requiere de complicada tecnología, otros gestores venden el aceite residual para que sea usado en incineradoras o como combustible para otro tipo de procesos. Se debe tener en cuenta que no todos los aceites usados son regenerables o sirven como combustible. No se elimina el residuo.
ARMONIZACIÓN AMBIENTAL	Completamente amigable con el medio ambiente, uso de poco espacio y obtención de grandes beneficios.	No amigable con el medio ambiente, se pueden presentar derrames y requiere espacios muy amplios.

VII. ESTUDIO ADMINISTRATIVO

Tiene como aspecto fundamental, identificar la estructura organizacional a tener en cuenta para el montaje y operación de la planta según los términos de la propuesta.

VII.1 Aspectos o términos legales y entes de inspección y control

La planta sugerida, cumple en todos los casos las normas de vertimientos en Colombia. El fundamento técnico de este control está en el establecimiento de objetivos de calidad de los ríos urbanos por parte de la Secretaría Distrital del Ambiente (Resolución 5731 de 2008). En el análisis de la calidad bacteriológica del río Bogotá a partir de las obras de recuperación ambiental, se determinó el beneficio de los objetivos de calidad para establecer la calidad futura del río, ver análisis de escenarios 2014 y 2019. El control de vertimientos a la ciudad de Bogotá, es realizado por la SDA y la EAAB, con base en la norma técnica para el control y manejo de vertimientos a la red de alcantarillado público,

Resolución 3957 del 19 de junio de 2009. La norma técnica adoptada orientará el control de vertimientos industriales en el perímetro sanitario, con lo cual se controlará la presencia de sustancias de interés sanitario y se reducirá la carga de los afluentes a las PTAR de la ciudad (PTAR Salitre y futura PTAR Canoas). En la Tabla II se presenta la norma técnica adoptada.

TABLA II. Norma de calidad de agua para afluentes de la ciudad de Bogotá.

PARÁMETRO	UNIDADES	UNIDADES VALOR
Color	Unidades Pt-Co	50 unidades en dilución 1/20
DBO	mg/L	800
DQO	mg/L	1500
Grasas y aceites	mg/L	100
pH	Unidades	5,0 – 9,0
Sólidos sedimentables	mg/L	2
Sólidos suspendidos totales	mg/L	600
Temperatura	°C	30
Tensoactivos	mg/L	10

Dentro de estas acciones, la Secretaría Distrital de Ambiente en calidad de autoridad ambiental desarrolla actividades de Control de Vertimientos de Aguas Residuales como:

- Seguimiento a los vertimientos de industrias pertenecientes a los sectores productivos prioritarios.
- Programa de Producción más limpia en el marco del cual se presta asistencia técnica a industrias y se adelantan convenios de producción más limpia, buscando esquemas de producción sostenible.
- Control de vertimientos de aguas residuales domésticas en el área urbana mediante el programa de tasas retributivas y permisos de vertimiento con la EAAB-ESP.
- Programa de control de Contaminación en la fuente.

VII.2 El problema que presentan los aceites en las plantas de tratamiento

Las grasas y aceites han generado muchos problemas en el tratamiento de residuos. Muy pocas plantas tienen la posibilidad de separar estos materiales para su disposición en los sistemas de recolección de grasa o en los incineradores; en consecuencia, el residuo que se separa en forma de nata en los tanques de sedimentación primaria, normalmente es transferido a las unidades de disposición junto con los sólidos sedimentados. En los tanques de digestión de lodos, los aceites y grasas tienden a separarse y a flotar en la superficie para formar densas capas de natas, debido a su escasa solubilidad en el agua y a su bajo peso específico. Los problemas de estas capas son especialmente graves cuando los

residuos de alto contenido en grasa llegan al alcantarillado público, por ejemplo, los del empaque de carnes y los de las industrias de grasas y aceites. La filtración al vacío del lodo también se complica por su alto contenido graso.

No todos los aceites y las grasas de las aguas servidas son removidos en unidades de sedimentación primaria, en las aguas residuales clarificadas quedan cantidades considerables, en forma de emulsión finamente dividida. Durante el ataque biológico subsiguiente que ocurre en las unidades de tratamiento secundario o en las corrientes receptoras, los agentes emulsificantes usualmente se destruyen y las partículas finamente divididas de grasas y aceite se unen libremente en partículas más grandes que se separan del agua. En las plantas de lodos activados, la grasa por lo general se acumula en “globos de grasa” que dan un aspecto antiestético a la superficie de los tanques de sedimentación final.

Los filtros percoladores y los procesos de lodos activados son afectados adversamente por las excesivas cantidades de grasa que envuelven las formas biológicas lo suficiente para interferir con la transferencia de oxígeno del líquido al interior de las células vivientes. Este fenómeno se describe algunas veces como acción “asfixiante”.

La separación de la grasa flotante en los tanques de sedimentación final ha sido un problema en algunas plantas de tratamiento que ejecutan los procesos a alta velocidad. Esto se ha atribuido al escaso tiempo de contacto del residuo con las limitadas cantidades de cúmulos biológicos que destruyen los agentes emulsificantes presentes, pero que no tienen suficiente capacidad de adsorción para retener la grasa que se libera, ni tiempo para oxidarla. Como resultado, en condiciones de quietud, la grasa se libera libremente, como ocurre en los tanques de sedimentación final o en las aguas receptoras (Barba, 2002).

VII.3 Definición de metas globales de reducción de carga contaminante para cada tramo de la cuenca del río Bogotá

En el Decreto 3100 de 2003, en su artículo 7° estipula que la autoridad ambiental competente establecerá cada cinco años una meta global de reducción de la carga contaminante para cada cuerpo de agua o tramo del mismo, de conformidad con el procedimiento descrito en el artículo 9° del citado Decreto.

Para el cumplimiento de la meta global de reducción de la carga contaminante de la cuenca del río Bogotá, se deben establecer metas individuales de reducción de carga contaminante para las entidades prestadoras del servicio de alcantarillado sujetas al pago de la tasa retributiva y para aquellos usuarios sujetos al pago de dicha tasa cuya carga vertida sea mayor al 20% del total que recibe el cuerpo agua.

Las metas globales de reducción de carga contaminante a 5 años que se establecerán serán una guía importante que tendrán que cumplir los vertedores puntuales de la cuenca del río Bogotá.

VII.3.1 Personal responsable de su operación

Dentro del aspecto técnico, por sus funciones automáticas de “automantenimiento”, “autolimpieza” y “autoengrase”, entre otros simplemente requiere de una revisión o inspección visual con la frecuencia de tiempo que se estime necesaria para tal fin, con miras a realizar la revisión del trabajo microbiológico y verificar la seguridad de la instalación para prevenir la eventual sustracción de alguna de sus partes o la generación de accidentes por la intromisión de personas que no conocen su funcionamiento. Es recomendable realizar el monitoreo periódico a la planta para evitar afectaciones que impacten su infraestructura que puedan llegar a menoscabar el proceso establecido.

VII.3.2 Valor agregado social y ecológico

El valor agregado del modelo de propuesta, está dado en el beneficio ecológico al garantizar un ambiente más sano y libre de olores incómodos o indeseables, la garantía de calidad en los vertimientos bajo las normas citadas anteriormente; implica también la valorización de los terrenos y zonas teniendo en cuenta que son libres de contaminantes en aguas subterráneas y superficiales.

Incremento de valor para la comunidad descrito como un patrimonio a cuidar y por el cual enorgullecerse y ser testimonio ante otras comunidades o industrias.

VII.3.3 Vida económica del proyecto

La vida económica del proyecto, está directamente relacionada con la vida productiva de la máquina en funcionamiento pleno, según el fabricante la planta tiene una vida útil de mínimo 12 años, sin requerir mantenimiento. Cumplida esta franja de tiempo, se realiza un mantenimiento general para su reacondicionamiento, con garantía de operación por otro periodo de tiempo equivalente. No se tiene en cuenta dentro del factor de vida económica del proyecto a los microorganismos, pues estos una vez han sido adicionados en el medio permanecen en regeneración constante.

Financieramente, la inversión en el proyecto será amortizado en su totalidad, pues supera los 5 años de vida con la consecuente utilidad, dada por el ahorro en los daños causados por esos materiales cuando llegan a las plantas de tratamiento, la pérdida de biodiversidad, que se puede dar porque los aceites en el agua interfieren en la circulación del oxígeno y problemas de salubridad.

La vida económica del proyecto, puede establecerse también a través de la conveniencia de los resultados, con respecto al uso propuesto de los recursos económicos que se solicitan. Otro factor está determinado por el incremento de la productividad, pues permite que las PTAR funcionen durante mucho más tiempo sin requerir mantenimiento, es decir que la vida económica, dependerá en buena medida del cambio de prácticas ambientales, diversificando y mejorando los niveles de saneamiento.

Debe mencionarse que para la evaluación económica, durante el proceso de dimensionamiento se realizó la priorización de políticas de minimización de los vertimientos contaminantes, en donde se concentran los mayores beneficios del proyecto. Consecuentemente los beneficios se medirán en la disminución de los impactos ambientales manifestado en la remediación de los recursos suelo y agua y a los beneficios externos que se desarrollan fuera de las áreas directas de acción.

VIII. CONCLUSIONES

Para poder avanzar en cuanto a la mitigación, disminución de la contaminación en los cuerpos de agua el estado colombiano define unas políticas y para su consecución es necesario la generación de planes y proyectos suficientes, que deben nacer no solo de las entidades del estado, sino también de instituciones privadas y educativas.

Las instituciones en general, son las que deben trabajar para alcanzar objetivos comunes de mejoramiento ambiental que a la postre redunden en disponibilidad de recursos para el desarrollo económico y social de las comunidades, es el caso particular del recurso agua.

La labor de investigación, tiene un enfoque particular pues dentro del modelo de propuesta, se adaptan dos tecnologías que han sido probadas y estudiadas, de un lado una tecnología de avanzada como lo es una máquina, la planta compacta y de otro lado la tecnología microbiológica que se unen para brindar un trabajo que supera el realizado por cada uno de ellos de forma individual.

El modelo de propuesta puede ser llevado a cabo por diferentes grupos de interés, especialmente lo que corresponde a entidades del estado, sector privado y por particulares, cuyas necesidades se encuentren enmarcadas en el mejoramiento y disminución de los contaminantes.

Para el desarrollo de propuestas orientadas al mejoramiento ambiental es necesaria la participación y acompañamiento de las comunidades de la zona de influencia del proyecto, lo que permite un mejor desarrollo, gestión y verificación de las propuestas.

La normatividad colombiana define tiempos específicos para el cumplimiento de las metas de disminución de los vertimientos y de forma estricta con aquellos considerados peligrosos, en consecuencia el modelo de propuesta realizado responde a la necesidad de innovación para la solución de este tipo de problemas. Así mismo, están contemplados los

parámetros de vertimientos que deben cumplir las industrias y que son verificados por la autoridad ambiental representada en la Secretaría de medio ambiente. Esta misma normatividad contempla las sanciones en caso de no cumplir y exceder los parámetros de medición.

Es necesario aunar esfuerzos en la formación de jóvenes que sean capaces de formular propuestas para la mitigación de la contaminación, en este caso es enfocado a la recuperación, mitigación y disminución de los vertimientos a las fuentes hídricas. Utilizando la tecnología en PTARs ya existente, en este trabajo se observó como a partir de la comparación y el análisis de las maquinas seleccionadas se llega a optar por una que cumple con los parámetros como el trabajo con microorganismos y el tener un fácil manejo.

IX. RECOMENDACIONES

Para lograr el objetivo de disminuir la cantidad de contaminación vertida con aceites lubricantes usados, (desecho considerado peligroso), a corrientes de agua principales como el río Salitre afluente del río Bogotá, la entidad que ponga en práctica el proyecto, debe realizar jornadas de educación ambiental para la comunidad como directo beneficiario, dentro del barrio Siete de Agosto, su localidad y en general la ciudad de Bogotá, quienes se benefician con la mitigación de la contaminación de los acuíferos.

Se sugiere la implementación de la propuesta en el Barrio Siete de Agosto como piloto, ya que es allí en donde se ha identificado la contaminación por vertimientos de aceites usados y la Alcaldía de la localidad muestra una buena actitud para el desarrollo de proyectos de carácter ambiental y de mejoramiento.

Se recomienda previo a la ejecución del proyecto, la ejecución de un muestreo de las aguas residuales para identificar las propiedades que pueden afectar el desarrollo microbiológico de los EM, con el fin de preparar la planta compacta. De igual forma realizar un muestreo posterior al tratamiento realizado por la máquina, para conocer la calidad del agua a verter, verificar y comparar con los parámetros que marca la normatividad colombiana.

Respecto a los microorganismos eficientes (EM), se sugiere utilizarlos como promotores del desarrollo de cepas que efectúen su rol de biorremediación de las aguas contaminadas con aceites lubricantes usados.

Se recomienda permitir el ingreso a la planta compacta seleccionada, no solo de los vertimientos contaminados con aceites usados, sino también con aguas de alcantarillado doméstico que aportan N y P, para el desarrollo del metabolismo microbiano y poder facilitar la degradación de dichos aceites. De lo contrario, se haría necesario el aporte de un fertilizante para cubrir las necesidades de estos nutrientes.

REFERENCIAS

Abril, A. (2005). Manejo de hábitat y microorganismos para degradar efluentes industriales: un estudio de caso. *Revista Ecología austral* 15(1), 9-16. Recuperado el 2 de Mayo de 2014: http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S1667-782X2005000100002&script=sci_arttext.

Barba, H. (2002). *Conceptos básicos de la contaminación del agua y parámetros de medición*. Cali, Colombia: Universidad del Valle.

Bezanilla, Revilla J. A. (1993). *Depuración de aguas residuales en un Contactor Biológico Rotativo (RBC) con alternancia en el sentido del flujo*. Tesis doctoral Universidad de Cantabria, Escuela Superior de la Marina Civil. Departamento de Ciencias y Técnicas, del Agua y del Medio Ambiente. Cantabria, España.

Builes, S. (s. f.). *Recuperación o reciclado de aceites usados de motor*. Recuperado en Marzo de 2004 en: <http://www.monografias.com/trabajos17/biodegradacion-aceites/biodegradacion-aceites.shtml#ixzz2vIkKw9y>.

Cando, Rodríguez, M. A. (2011). *Determinación y análisis de un proceso de biorremediación de suelos contaminados por hidrocarburos*. Tesis de grado Universidad Politécnica Salesiana. Cuenca, Ecuador. Recuperado en Mayo de 2014 en: <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1520/11/UPS-CT002143.pdf>.

Cardona, Gómez J. & García, Galindo L. A. (2008). *Evaluación de los microorganismos eficaces EM sobre la calidad del agua residual doméstica*. Tesis de grado Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia. Recuperado en Mayo de 2014 en: <http://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/ciencias/tesis204.pdf>.

Castells, Xavier. (2012). *Reciclaje y tratamiento de residuos diversos*. Colección Monografías, Serie: energía, medio ambiente, tratamiento de residuos. Madrid: Díaz de Santos.

Fioravanti, M., Vega, N., Hernández, C., Okumoto, S. & Yeomans J. (2005). *Eficiencia de los microorganismos eficaces (EM) en la estabilización de lodos sépticos para su uso agrícola*. *Tierra Tropical* 1(1): 69-76.

Holliger, C. & Zehnder, A. J. B. (1996). Anaerobic biodegradation of hydrocarbons. *Current Opinion in Biotechnol*, 7, 326-330.

Hurtado, J. (2010). *El Proyecto de Investigación. Comprensión holística de la metodología de la investigación*. Caracas: Quirón Ediciones. 6ª ed.

Knobelsdorf, Miranda, M. J. (2005). *Eliminación biológica de nutrientes en un ARU de baja carga orgánica mediante el proceso vip*. Tesis de grado Universidad de Cataluña. Barcelona, España.

Madigan, M., Martinko J. & Parker J. (2004). *BROCK Microbiología de los microorganismos*. Madrid: Pearsons & Prentice. 10ª ed.

Mihelcic, J. R., Lueking, D. R., Mitzell, R. J. & Stapleton, J. M. (1993) Bioavailability of sorbed–ans separate–phase chemicals. *Biodegradation*, 4, 141-153.

Metcalf & Eddy. (1995). *Ingeniería de aguas residuales: tratamiento, vertido y reutilización*. Antonio García Brage. Madrid: McGraw-Hill. 3a. ed.

Morales R., Naranjo N., Herrera J., Almaraz N. & Uribe N. (2010). *Microrremoción de zinc de suelos contaminados con aceite usado automotriz, en la ciudad de Durango, Mexico*. Repositorio Digital. Instituto Politécnico Nacional. CIIDIR Unidad Durango. Recuperado de: http://www.repositoriodigital.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/8208/art_2.pdf?sequence=1. Consultado en: 3 de marzo de 2014.

Nemerow, N. y Dasgupta A. (1998). *Tratamiento de vertidos industriales y peligrosos*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos, Ingeniería Medioambiental.

Otálora, M. F., Peña, J. L., Martínez, M. M. & Varela. A. (2000) *Evaluación de la capacidad degradadora de aceite por bacterias lipolítica en el lodo residual de la extracción de aceite de palma*, 21, especial, tomo 1.

Sánchez, J. & Rodríguez, J. L. (2005). *Biorremediación. Fundamentos y aspectos microbiológicos*. España: Universidad de Oviedo. Recuperado de: http://ingenierosdeminas.org/docu/documentos/fundamentos_%20biorremediacion.pdf. Consultado en: 3 de marzo de 2014.

Vargas, Gallego P. A., Cuellar, R. & Dussán J. (2004). Biorremediación de residuos del petróleo. *Revista Hipótesis de la Universidad de los Andes. Facultad de Ciencias*, 4, 42-49. Disponible en: <http://hipotesis.uniandes.edu.co/hipotesis/ediciones/04/#page-1>.

Weiland, C. (2008). *Lodos y residuos inertizados de refinerías de petróleo. Biodegradación de hidrocarburos y lixiviación de metales pesados en suelos con cultivos*. España: Universidad de Huelva. Catedra CEPSA. Recuperado en mayo de 2014: <http://www.uhu.catedracepsa.es>.

Referencias institucionales

Alcaldía Barrios Unidos. (2013–2016). *Plan de desarrollo local Bogotá humana Barrios Unidos, transformando realidades con huella ciudadana*. Iván Ernesto Rojas Guzmán.

Alcaldía Local de Barrios Unidos. (2008). *Convenio interadministrativo de cofinanciación 019 de 2008. Informe final de resultados*. Junta Administradora Local de Barrios Unidos, Universidad De Cundinamarca (UDEEC).

Alcaldía Mayor de Bogotá. (2006). *Manual técnico para el manejo de aceites lubricantes usados*. Ministerio de ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Bogotá. Convenio de cooperación científica, tecnológica y financiera para el diseño de las estrategias y lineamientos técnicos requeridos para la gestión ambiental adecuada de los aceites usados de origen automotor e industrial en el territorio nacional, convenio 063 de 2005. ISBN 9589787886.

Alcaldía Mayor de Bogotá y Secretaría del Medio Ambiente. (2008). *Plan de Gestión Ambiental del Distrito Capital 2008–2038*. Distrito Capital de Bogotá. Recuperado 13 de octubre de 2013.

CAR, Corporación Autónoma Regional. (s. f.). *Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos*, PSMV. Recuperado en octubre de 2013.

CAR, Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca. (2009). *Río Bogotá. Evaluación Ambiental, 1*.

Corporación Autónoma Regional de Chivor. (2006). *Guía técnica ambiental para el adecuado manejo de los residuos peligrosos Corpochivor*. Bogotá: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Corporación Autónoma Regional de Chivor.

CORPONARIÑO. (s. f.). *Convenio producción más limpia con el sector panelero*. Recuperado en: <http://corponarino.gov.co/expedientes/calidadambiental/cartillacompletapanela.pdf>. Consultado en: 3 de abril del 2014.

Comisión Europea. (2013). *Informe de la comisión al parlamento europeo, al consejo, al comité económico y social europeo y al comité de las regiones. Sobre la aplicación de la legislación de la EU en materia de residuos*. Bruselas. 17.1.2013. Recuperado en: <http://eur-lex.europa.eu>. Consultado el 14 de marzo de 2014.

CORSERVICOL, Corporación de Servicios Colombia. (2012). *Caracterización territorio Salitre UPZ Salitre y Doce de octubre*.

Alcaldía Bogotá. (2009). Decreto 509. *Por el cual se adopta el Plan de Acción Cuatrienal Ambiental-PACA del Distrito Capital 2009–2012 y se dictan otras disposiciones*. Recuperado de: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=37841>. Consultado 13 de octubre de 2013.

Directiva del Consejo 75/439/CEE, de 16 de Junio de 1975. Recuperado de: <http://www.miliarium.com/legislacion/residuos/ue/ue.htm>. Consultado en: 12 marzo de 2014.

Empresa de Acueducto de Bogotá. (s. f.). *Plan de Saneamiento ambiental y Manejo de Vertimientos PSAMV*. Recuperado de: <http://www.acueducto.com.co/wpsv61/wps/portal>. Consultado 13 de octubre de 2013.

Hospital de Chapinero. (2012). *Primer informe análisis territorial*. Barrios Unidos.

Sistema de Información Ambiental de Colombia, SIAC. *Indicadores del recurso hídrico*. Recuperado en octubre de 2013 en: <https://www.siac.gov.co/contenido/contenido.aspx?catID=316&conID=1377>.

Jardín Botánico José Celestino. Mutis Alcaldía Mayor de Bogotá. (2011). *Plan Local de Arborización Urbana Localidad Barrios Unidos*.

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010). *Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico*. Bogotá: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

Ministerio del Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2010). *Términos de referencia. Plan de gestión del riesgo para el manejo de vertimientos*. Decreto 3930 de 2010. Dirección de ecosistemas, Grupo del recurso hídrico. Recuperado de: http://www.minambiente.gov.co/documentos/DocumentosBiodiversidad/110211_ter_ref_manejo_vertimientos.pdf. Consultado 13 de octubre de 2013.

Ministerio del medio ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Colombia (2010). *Política Nacional para la gestión del recurso hídrico*. Dirección de ecosistemas, Grupo del recurso hídrico. Viceministerio del Ambiente. Recuperado en 13 de Octubre de 2013 en:

Secretaría Distrital de Ambiente. Colombia. (2009). *Normatividad Ambiental Distrital en el Tema de Vertimientos*. Resoluciones 3956 y 3957 de 2009.

Colombia, Secretaría Distrital de Ambiente (2010). (Abril 19). *Resolución 3514 de 2010. Por la cual se adopta el Documento Técnico del Plan de Gestión Ambiental PGA del Distrito Capital 2008-2038*. Recuperado de: <http://www.ambientebogota.gov.co/web/sda/320>. Consultado en: 13 de octubre de 2013.

Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, CAR. (2013). *Río Bogotá. Adecuación hidráulica y recuperación ambiental*. Recuperado de: http://www.car.gov.co/recursos_user/Proyectos%20Especiales/RIO%20BOGOTA/Evaluacion%20Ambiental%20Volumen%20I.pdf. Consultado en: 13 de octubre de 2013.

Secretaría Distrital de Salud. Colombia. (2011). *Diagnóstico de la Local con participación social, Localidad 12 Barrios Unidos*.

Secretaría Distrital de Planeación. Colombia. (2009). *Conociendo la localidad de Barrios Unidos. Diagnóstico de los aspectos físicos, demográficos y socioeconómicos*.

Secretaría Distrital de Ambiente, UNAL- IDEA. Colombia. (2009). *Un-hábitat*. Agenda ambiental Localidad Barrios Unidos.

Secretaría del Medio Ambiente y Universidad Militar Nueva Granada. Colombia. (2008). *Formulación del plan de ordenación y manejo de la cuenca del río salitre en el perímetro urbano del distrito capital*. Informe de la fase de diagnóstico. Oficina de ecosistemas estratégicos y biodiversidad. Camilo José Flórez Góngora. Encargado del Control y Vigilancia del Convenio.

REPAMAR. (2002). Consultor: Pedro Ubiratan Escorel de Azevedo. *Revisión y análisis de las experiencias de Argentina, Brasil, Colombia, Ecuador y México respecto a los cinco elementos claves para el Manejo ambiental de lubricantes usados*. Contrato 013R-02. Recuperado en Marzo de 2014: <http://www.bvsde.paho.org/bvsare/e/lubricantes-vfinal.pdf>.

Secretaria Distrital de Salud. (2011). *Diagnóstico de la Local con participación social, Localidad Barrios Unidos*.

Sociedad Peruana de Derecho Ambiental (SPDA). (2002). *Gestión ambiental de aceites usados*. Programa APGEP-SENREM. Convenio USAID-CONAM. 96 pp. Lima-Perú. Recuperado de: http://www.bvcooperacion.pe/biblioteca/bitstream/123456789/5738/1/BVCI0005619_1.pdf. Consultado en: marzo de 2014.

ONU. (2010). *Gestión de residuos en Colombia. Informe 2010*. Recuperado de: http://www.un.org/esa/dsd/dsd_aofw_ni/ni_pdfs/NationalReports/colombia/Gestion_de_Residuos-Waste_management.pdf.

Organismo Provincial para el desarrollo sostenible. (s. f.). *Resolución No. 248/10 - Aceites industriales con base mineral o lubricantes*. Buenos Aires, Argentina. Recuperado de: <http://www.opds.gba.gov.ar/index.php/leyes/ver/292>. Consultado en: marzo de 2014.

ONU. (2005). *Programa Agua para la Promoción y la Comunicación en el marco del Decenio (UNW-DPAC). El agua fuente de vida, decenio 2005-2015*. Recuperado de: <http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/unwdpac.shtml> y http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/swm_cities_zaragoza_2010/pdf/01_water_quality_and_sanitation_sp.pdf. Consultado en: febrero de 2014.

ONU. (1996). *Relator Especial sobre las obligaciones de derechos humanos relacionadas con la gestión y eliminación ecológicamente racionales de las sustancias y los desechos peligrosos, 1996-2013*. Oficina del Alto Comisionado para los Derechos Humanos. Recuperado de: <http://www.ohchr.org/SP/Issues/Environment/ToxicWastes/Pages/SRToxicWastesIndex.aspx>. Consultado en: febrero de 2014.

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente PNUMA y Universidad Nacional de Costa Rica y Universidad Estatal de Oregón. (2007). *Vulnerabilidad y resistencia. Hidropolíticas en aguas internacionales. América Latina y el Caribe*. Recuperado de: <http://books.google.com.co>. Consultado en: febrero de 2014.

UNESCO. (s. f.). Programa intergubernamental de cooperación científica de la UNESCO en materia de hidrología y recursos hídricos. Recuperado de: <http://www.unesco.org/new/es/natural-sciences/environment/water/ihp/>. Consultado en: Marzo de 2014.

Referencias empresariales

DEPUROIL. (1999). Recuperado de: <http://www.euskalnet.net/depuroilsa/Riesgosmedioambiente.html#C>. Consultado en: noviembre de 2013.

SIGAUS. (2013). *Sistema Integrado de Gestión de Aceites Usados Industriales*. Recuperado en Marzo de 2014 en: <http://www.siga.us.es>

Interempresas. (2013). Recuperado de: <http://www.interempresas.net>. Consultado en: marzo de 2014.

CEMPRE, Compromiso Empresarial para el Reciclaje. Gestión de Residuos en Uruguay. (2013). *Gestión de Aceites Usados*. Recuperado de: <http://www.cempre.org.uy>. Consultado en Marzo de 2014.

Empresas que fabrican las plantas compactas de tratamiento de aguas residuales. Recuperados en Mayo de 2014 en las siguientes direcciones:

<http://files.sandeyDíaz.com/catalogos/catalogoDEPURSAN.pdf>

<http://www.depursan.com/depuradoras/elementos>

http://www.depurnord.com/index.php?option=com_content&view=article&id=248&Itemid=82&lang=es

<http://www.hidritec.com/hidritec/plantas-compactas-de-tratamiento-de-agua-residual>

<http://www.nyfdecolombia.com/aguas-residuales.html>

Gomez-Paternina, D. A. (2010). Formación del talante científico. *Studiositas*, 5(3), 7-18. Recuperado de: http://repository.ucatolica.edu.co:8080/bitstream/10983/605/1/Stud_5-3_A01_Gomez.pdf. Consultado en Julio de 2013.

Guerrero U. M. E. (2007). Formación de habilidades para la investigación desde el pregrado. En: *Acta colombiana de psicología A 10(2)*: 190-192, 2007. Recuperado de: <http://www.scielo.org.co/pdf/acp/v10n2/v10n2a18.pdf>. Consultado en: agosto de 2013.

Katzebach, J & Smith, D. (1996). *La sabiduría de los equipos*. España: Editorial Asociación para el progreso de la dirección (APD).

Lobos, O. (1998). La Investigación en el Aula Universitaria. *Revista en línea Praxis 4(3)*, 77-81. Argentina. Recuperado de: <http://www.biblioteca.unlpam.edu.ar/publicaciones/pub-praxis.htm> y <http://www.biblioteca.unlpam.edu.ar/pubpdf/praxis/n03a10lobos.pdf>. Consultado el 21 de Agosto de 2013.

Martínez, C. R. (2010). La importancia de la educación ambiental ante la problemática actual. *Revista Electrónica@ Educare*, 14(1), 97-111. Universidad de Costa Rica y Universidad Nacional de Costa Rica.

Paz, M. B. (2001). *Trabajo en grupo y trabajo colaborativo*. EDUCAR. Portal educativo del Estado Argentino. Recuperado de: <http://portal.educ.ar/debates/educacionytic/nuevos-alfabetismos/trabajo-en-grupo-y-trabajo-colaborativo.php>. Consultado en: 20 de septiembre de 2013.

Trapote, F. R. (2008). *Importancia de la educación ambiental para lograr la protección y el cuidado del medio ambiente*. Recuperado de: <http://www.monografias.com/trabajos65/educacion-ambiental-proteccion-medio-ambiente/educacion-ambiental-proteccion-medio-ambiente.shtml>. Consultado en: 20 de septiembre de 2013.