

Caracterización del desecho tóxico producido en PYMES que fabrican detergentes

Recibido para evaluación: 20 de Septiembre de 2005

Aceptación: 24 de Noviembre de 2005

Recibido versión final: 10 de Diciembre de 2005

Silvia Campuzano¹
Judith Elena Camacho¹
Alicia Alvarez¹

RESUMEN

Desde la protección del medio ambiente, la problemática de los residuos ocupa un lugar principal en la gestión ambiental; en el presente estudio se estandarizó una prueba piloto, para caracterizar el desecho tóxico generado en la producción de detergentes, para estandarizar métodos de valoración química y microbiológica de aguas contaminadas que permitan posteriormente aplicar métodos de purificación biológica y procesos de biotratamiento de residuos; así se direccionó el proyecto macro de manejo de desecho tóxico en pequeñas y medianas empresas productoras de detergentes.

Se estableció la presencia de tóxicos en el desecho estudiado, representados en cantidades importantes de surfactantes, fenoles, hidrocarburos, grasa y fosfatos y la disminución de su cantidad frente a la acción de bacterias, situación que permitió concluir que la aproximación al proceso de biotransformación se pudo realizar.

PALABRAS CLAVE: Residuos Tóxicos, Tratamiento Biológico, Detergentes.

ABSTRACT

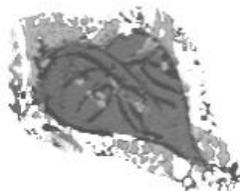
From the protection of the environment, the problem of the residuals squatter a main place in the environmental administration; presently study a test pilot was standardized, to characterize the toxic waste generated in the production of detergents, to standardize methods of chemical valuation and microbiológica of polluted waters that allow later on to apply methods of biological purification and processes of biotratamiento of residuals, the project macro of handling of toxic waste it was addressed this way in small and medium companies producers of detergents.

The presence settled down of toxic in the studied waste, represented in surfactantes significant amounts, phenols, hydrocarbons, fat and phosphates and the decrease of its quantity in front of the action of bacterias, situation that allowed to conclude that the approach to the biotransformación process could be carried out.

KEY WORDS: Toxic Waste, Biological Treatment, Detergents.

*1. Programa de Bacteriología,
Universidad Colegio Mayor de
Cundinamarca, Bogotá.
scampuzano@unicolmayor.edu.co*

1. INTRODUCCIÓN



En la pequeña y mediana empresa colombiana se requiere que en el proceso de producción se involucre el manejo adecuado de desechos y así se establezca un sistema de gestión ambiental en su ciclo técnico de producción, para que se pueda establecer el control de las sustancias nocivas generadas ya que es la industria química una de las mayores fuentes de alteración del medio ambiente; por consiguiente se escogen las industrias productoras de detergentes para practicar el control de los desechos generados, desde el diagnóstico, la caracterización y la intervención de los mismos (DAMA, 2003).

Es así que el presente estudio realizado en la Facultad de Ciencias de la Salud de la Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca, trabajó el desecho producido en las PYMES productoras de detergentes incluidas en el estudio con el fin de aproximarse a las posibles soluciones frente a esta problemática.

Los detergentes son productos de limpieza no jabonosa; sus formas de presentación pueden ser líquida, granular o en spray; contienen surfactantes, los cuales disminuyen la tensión superficial y permiten una mayor penetración en la superficie. Los surfactantes se pueden clasificar como aniónicos, no iónicos, catiónicos y anfoteritos basados en la carga eléctrica.(González, 2004) Suelen contener sales inorgánicas como constituyentes para mantener un pH y combinarse con Calcio y otros minerales en aguas duras que interfieren con la limpieza.(DAMA, 2003 y Capo, 2002).

De otro lado, los detergentes biodegradables tienen una sustancia llamada fosfatos, para mejorar su poder limpiador. Estos al llegar a las fuentes de aguas, sirven de nutrientes a las algas y a otras especies vegetales, que entonces proliferan en exceso, lo que dificulta que los peces puedan subsistir. (Candinale, 2000).

Los detergentes en el suelo, como contaminantes son arrastrados por las aguas y ejercen sus efectos en el medio ambiente, de forma que alteran las características de la microflora, de la microfauna, del agua que los arrastra; modifican la infiltración, modifican las características físicas del suelo, la porosidad del suelo, provocan la formación de espumas en charcos y arroyos y modifican las características de las aguas de los pozos y los contaminan (González, 2004).

La contaminación química es provocada por la adición de sustancias de las más diversas composiciones, que en su conjunto alteran las propiedades que debe tener el agua para los distintos usos a que es destinada. Dentro de los contaminantes químicos mas importantes se tienen los detergentes que se consideran de origen industrial, agrícola o doméstico.

Desde el punto de vista toxicológico, se ha visto que los detergentes sintéticos a concentraciones de 70.000ppm, originan retardo de la flora proteo lítica, a 150000 ppm frenan el desarrollo de la flora nitrificante y de las algas verdes en beneficio de las algas verde azuladas y a 300000ppm perturban el desarrollo de la flora reductora. Además a partir de 0.5 ppm originan espumas que forman una película en la superficie, mas o menos impermeable a la penetración del oxígeno atmosférico en las aguas (Capo, 2002).

Al analizar las aguas residuales de las pequeñas y medianas empresas productoras de detergentes en Bogotá, se tuvo en cuenta parámetros como pH, dureza, aceites y grasas, presencia de fenoles, fosfatos, hidrocarburos, tenso-activos, determinados por técnicas colorimétricas y es bien sabido que los detergentes son productos químicos sintéticos y que de acuerdo a su composición pueden aportar uno de estos elementos a las aguas continentales y marítimas.

Los resultados del análisis químico para estos parámetros indicó que las aguas residuales de las Pymes generadoras de detergentes aportan fenoles, fosfatos, hidrocarburos y tenso-activos, que causan cambios en las características de las aguas receptoras y afectan los ecosistemas y así se generan procesos de eutricación, formación de espumas y películas en las superficies de los ríos que por impedir la penetración del oxígeno, causan putrefacción y deterioro tanto de los sistemas acuáticos como terrestres por la acumulación de estos ecotóxicos en especial para aguas, suelos, flora y fauna presentes.

Estos indicadores tóxicos siempre serán representativos del inadecuado manejo y tratamiento de las aguas residuales en pymes, así como de los errores en el proceso productivo que acarrearán la eliminación de estas materias primas consideradas como desecho, cuando se labora sin tener en cuenta los procesos de producción limpia y el adecuado rendimiento del proceso productivo

teniendo en cuenta el concepto ZERI, cero emisiones o sea garantizando que todas las materias primas que entran en el proceso de producción deben convertirse en producto sin existir residuos, se espera 100 por ciento de rendimiento.(DAMA, 2000).

También se trabajó la recuperación de la flora nativa con el fin de caracterizar las bacterias presentes en el agua residual de desecho, con el fin de aprovecharlas en procesos de bioconversión o de biotransformación, aplicando uno de los descubrimientos mas importantes de la microbiología industrial como es el de haber comprendido que los microorganismos pueden ser utilizados para llevar a cabo reacciones químicas específicas que permiten la degradación y/o transformación de productos nocivos en elementos inocuos o aprovechables.

Los procesos de biotransformación se fundamentan en la diversidad metabólica de las bacterias que tienen conjuntos de genes procedentes de hábitats naturales. En algunos casos, estos genes codifican proteínas que degradan agentes contaminantes del ambiente. Se ha comprobado que en aislamientos naturales de bacterias existen genes para la biodegradación de muchos desechos tóxicos y contaminantes del agua.(Brock, 2000; Buitrón y Moreno, 2002; Candinale, 2000 y Eweis, Ergos et all, 1999) .

En muchos de los casos, los donantes de genes son cepas bacterianas aisladas de sitios contaminados con desechos. Los principales ejemplos se relacionan con genes para la biodegradación de pesticidas clorados, clorobenzenos, y clorofenólicos, aminas, toluenos, anilinas y varios hidrocarburos. Las principales especies bacterianas corresponden a *Pseudomonas* y *Alcalígenes* y otras que luego se clonan en plásmidos. Ya se han construido algunos plásmidos que contienen genes para la biodegradación de diversos productos químicos tóxicos.(DAMA, 2000)

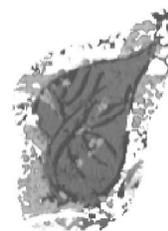
Se aplicaron pruebas de tamizaje standard microbiológico para la recuperación de la flora nativa, se acondicionó el desecho para ser sometido al proceso de biotransformación y se estudió nuevamente la valoración química de los productos de acuerdo a la caracterización química primaria del desecho. (Brock, 2000).

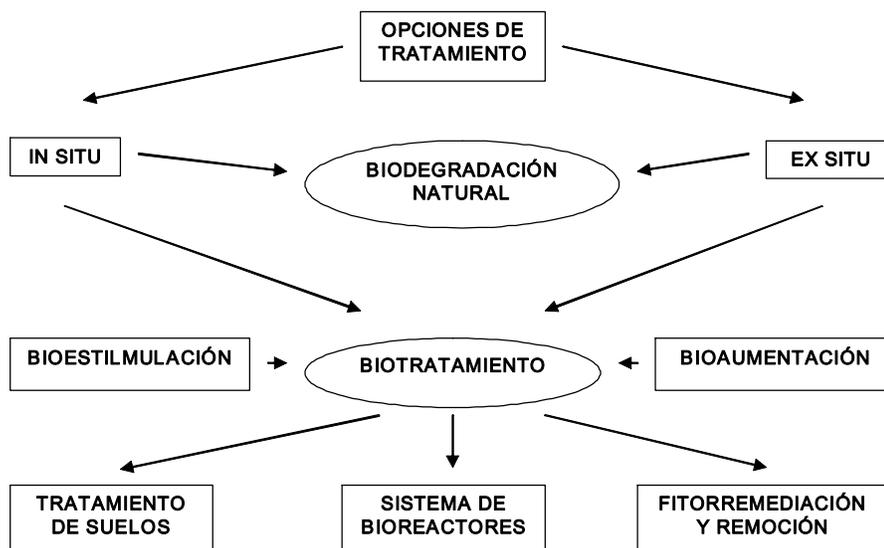
2. PLAN PILOTO DE BIOCONVERSIÓN

El tipo de tratamiento a usar depende de la factibilidad de aplicación de los métodos de tratamiento de suelos, de la disposición de instalaciones especiales, como en el caso de los sistemas de biorreactores, y de la oportunidad de aumentar los procesos biológicos específicos del suelo. En el esquema, se muestran los diversos tipos de tratamientos biológicos.

Por otro lado, en la bioconversión se involucran la bioaumentación en la cual se adicionan microorganismos ajenos al suelo o sitio contaminado, los cuales han sido adaptados o manipulados genéticamente para la degradación de contaminantes- y la bioestimulación, que consiste en la suplementación de los nutrientes necesarios para estimular el crecimiento de los microorganismos nativos del suelo. (Scragg, 1999).

El tratamiento de materiales peligrosos puede realizarse en el sitio contaminado (in situ) o fuera del sitio contaminado (ex situ). Un tratamiento in situ se ve afectado por las restricciones locales, regulaciones del estado, densidad poblacional o por otras causas que impidan su aplicación. Cuando esto ocurre, el residuo peligroso y el suelo o agua contaminada son llevados a otra parte para su tratamiento (ex situ). Tanto en el tratamiento in situ como en el ex situ, se debe evitar la actividad humana y de animales en el lugar donde se aplica. (Sánchez, 1994).



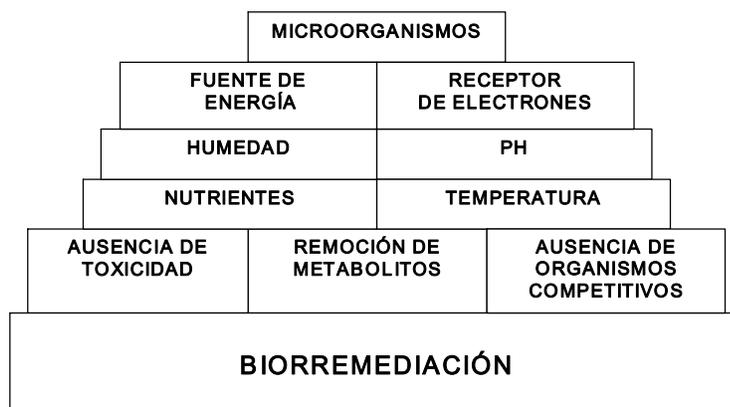


Cuadro 1.
Tipos de tratamientos biológicos

3. REQUERIMIENTOS DE LA BIOTRANSFORMACIÓN

Los requerimientos son presentados en orden de importancia en el esquema: en primer lugar existen microorganismos que pueden desarrollarse y tener la capacidad de producir enzimas bajo condiciones ambientales extremas, es decir, organismos que toleran disolventes orgánicos, que crecen en condiciones alcalinas o a altas temperaturas.

Esto es importante porque muchos de los contaminantes no se encuentran en los ambientes propicios para el desarrollo de los microorganismos. (Sánchez y Uribe, 1994 y Candinale, 2000).



Cuadro 2.
Requerimientos de la biotransformación

3.1. Fundamento bioquímico de la biotransformación

El fundamento bioquímico se basa en que en la cadena respiratoria, o transportadora de electrones de las células, se va a producir una serie de reacciones de óxido-reducción cuyo fin es la obtención de energía. La cadena la inicia un sustrato orgánico (compuestos hidrocarburoados) que es externo a la célula y que actúa como dador de electrones, de modo que la actividad metabólica de la célula acaba degradando y consumiendo dicha sustancia. Los aceptores más comúnmente utilizados por los microorganismos son el oxígeno, los nitratos, el hierro (III), los sulfatos y el dióxido de carbono. Cuando el oxígeno es utilizado como aceptor de electrones, la

respiración microbiana se produce en condiciones aerobias, y los procesos de biodegradación serán de tipo aerobio; sin embargo, si utiliza los sulfatos o el dióxido de carbono se produce en condiciones reductoras o anaerobias, y los procesos de biodegradación serán de tipo anaerobio. (Sánchez y Uribe, 1994).

3.2. Microorganismos implicados en la biotransformación

Los microorganismos que están implicados en la biotransformación se resumen en el siguiente cuadro:

| | | |
|--|-----------------------|---------------|
| *Pseudomona aeruginosa | Thiobacillus | Rhodococcus |
| Alcaligenes | Aspergillus | Absidia sp |
| Aeromobacter | *Rhizopus microsporas | Aeromonas |
| Corinebacteryum sp | Penicillium sp | Arthrobacter |
| Flavobacterium | Actinomyces | Arcromobacter |
| Vibrio | Moraxella | |
| *Microorganismos recuperados de aguas residuales | | |

Cuadro 3.
Microorganismos implicados en la biotransformación

4. MATERIALES Y MÉTODOS

Muestreo: Se realizó muestreo de aguas residuales recolectadas en puntos críticos de control para residuos tóxicos generados en industrias productoras de detergentes.

Se trabajaron las aguas residuales de cinco Pymes (pequeñas y medianas industrias) incluidas en el estudio.

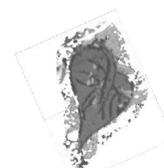
4.1. Caracterización de la contaminación difusa

- Se practicó la caracterización del agua residual que contenía el desecho tóxico, mediante aplicación de pruebas químicas estandarizadas (métodos colorimétricos con medición de absorbancias).
- Se practicaron los análisis químicos a las muestras a estudiar, se practicaron pruebas para identificación de fosfatos, surfactantes, hidrocarburos, fósforo, aceites y grasas,
- Se realizó la recuperación y diagnóstico de las bacterias en las diferentes muestras analizadas. Se aplicó recuperación bacteriana en medio líquido enriquecido, con diferentes concentraciones de nutriente y diferentes tiempos de recuperación. Luego se procedió a la caracterización microbiológica mediante pruebas bioquímicas diferenciales (Método de API para caracterización de microorganismos).
- Se aplicó la Técnica de Kiyohara Hohzoh como protocolo para la degradación de hidrocarburos por bacterias. Las muestras fueron sometidas a cultivo en caldo BHI en proporción del 10 al 50 por ciento para determinar los niveles de contaminación de las muestras y recuperar bacterias nativas para el hábitat estudiado que es el agua residual con desecho tóxico. Las bacterias recuperadas en cultivo primario se sometieron a cultivos secundarios y a pruebas diferenciales API para determinar la especie.
- Se aplica el proceso de biotransformación, prueba de Kiyohara Hohzoh
- Se evalúan los productos para confrontar el resultado del proceso. Nuevamente se aplican valoraciones químicas (Método colorimétrico de medición de absorbancias).

4.2. Condiciones para la Aplicación de la Biotransformación

Se consideraron para el estudio:

- El objetivo de la acción de restauración (remediación) tomando en cuenta el tipo de contaminante tóxico, el que se encontró en mayor cantidad según análisis químico previo y el de mayor grado de contaminación. Se seleccionó para el estudio Tenso-activos (Surfactantes) e hidrocarburos.



- La amenaza que representa la contaminación.
- El control de la contaminación con aguas residuales y cumplimiento de legislación sobre vertimientos.
- La disposición de una solución técnica a los objetivos planteados, usando la metodología de determinación de puntos críticos de control (HACCP).
- El sector industrial (impactos económicos y sociales)
- Prueba piloto :
 - Identificar los microorganismos presentes en la muestra de agua residual
 - Recuperar microorganismos presentes en el agua residual
 - Cuantificar el contaminante tóxico presente en la muestra.
 - Enfrentar la bacteria con el agua residual en estudio.
 - Tener en cuenta los requerimientos del microorganismo para soportar las condiciones del medio tales como nutrientes, temperatura, oxígeno, pH, humedad y así poder degradar el desecho presente en la muestra.
 - Verificar si el microorganismo degradó o no el desecho, a través de una cuantificación de la cantidad de contaminante presente antes y después de adicionar la bacteria a la muestra.
- El procedimiento requiere que la muestra se encuentre libre de color y de turbiedad.

5. RESULTADOS

La calidad de las aguas residuales en las empresas estudiadas son muy variadas, y depende del tamaño de la empresa, debido a la diferencia del volumen del consumo de agua para el lavado.

El DAMA tiene una normatividad sobre vertimientos en aguas residuales (Resolución 1074 de 1997) y los resultados encontrados se evaluaron de acuerdo a los valores reportados en la norma.

5.1. Análisis químico

Tabla 1.
Valoración de aguas residuales de Pymes visitadas

| PYME | pH | TA (mg/L) | Fosfatos (mg/L) | Dureza (mg/L) | Fenoles (mg/L) | Aceites y Grasas (mg/L) | Hidrocarburos mg/L |
|---------------------------|-----------|-----------|-----------------|---------------|----------------|-------------------------|--------------------|
| No1 | ----- | 69 | 59 | | ----- | | ----- |
| No 2 ^a | 6.6 – 7.3 | 56 | 2.77 | 15.5 | positivo | ----- | 880 |
| No 2b | 6.1 | 221 | 1.36 | 9.5 | positivo | | 627 |
| No3 | 10.7 | 4.5 | 3.3 | 370 | Positivo | | Positivo |
| No 4 | 5.7 | 0.4 | 18.6 | 370 | positivo | 15.5 | ----- |
| No 5 | 12.5 | OECD 30% | Positivo 500 | 40 | positivo | 15.5 | 85.48 |
| Unilever (Est. DAMA 2000) | 6.68 | | | | | 11 | |
| Resolución 1074/97DAMA | 5-9 | 0.5 | | 300 | 0.2 | 100 | |
| Norma 475/1981 | | | 0,2 | | 0,001 | Negativo* | 0.1 |

* Decreto 475 de 1981 Capítulo III. (No acepta grasas)

En la Tabla 1 se reporta el resultado del análisis de aguas residuales de cinco pequeñas y medianas empresas (pymes) teniendo en cuenta los parámetros como pH, dureza, tenso-activos, fosfatos, fenoles, hidrocarburos y aceites y grasas.

Como se observa, la calidad de aguas es muy variada según las empresas, debido a la diferencia del volumen del consumo de agua para el lavado, así como según su tecnología y método de producción. Las aguas se originan en forma intermitente y su volumen no es constante, además las empresas tratan en su mayoría las aguas residuales sólo instalando trampas de aceite y trampas de carbón activado.

La descripción de la calidad de las aguas residuales producidas por estas cinco pequeñas y medianas empresas productoras de detergentes en Bogotá se analizó teniendo en cuenta la

normatividad para aguas residuales en Colombia y más específicamente en Bogotá, con la legislación promulgada por el DAMA.

Una vez determinada la presencia de tóxicos en las aguas estudiadas, en las gráficas se enfrentan cada uno de los valores encontrados frente a la normatividad, en relación a la cantidad permitida de cada uno de ellos.

En la Figura 1 se representan las diversas concentraciones de agentes tenso-activos encontradas en las diferentes Pymes estudiadas, haciendo una comparación con la normatividad.

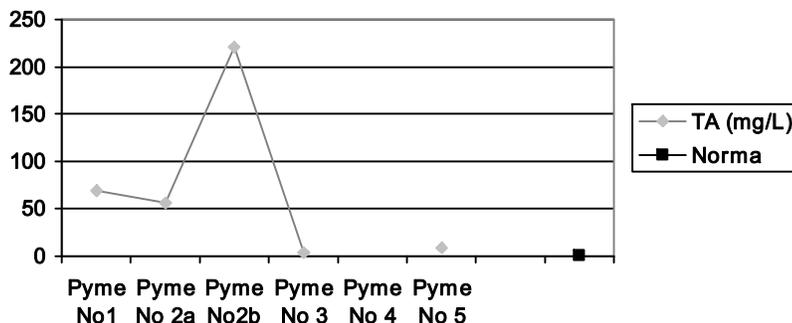


Figura 1. Agentes tenso-activos

Los resultados obtenidos demuestran que las pequeñas y medianas empresas siguen aportando a los ecosistemas acuáticos cantidades considerables de tenso-activos, a pesar de las propuestas realizadas en monitoreos previos y la legislación promulgada. El valor reportado en mg/L supera en su mayoría el valor de 0.5 mg/L, tomándose este valor como estándar porque los tenso-activos sulfonato de alquilo benceno (ABS) forman espumas cuando superan dicho valor (Universidad de Cataluña, 2003).

En este tema se concluye que a pesar de la legislación y estudios realizados para este sector (Universidad de Cataluña, 2003), no se hace aún control de la concentración de tenso-activos dentro de las aguas residuales de las empresas y que en Bogotá se espera en forma natural la descomposición de los agentes tenso-activos que contienen las aguas residuales, lo cual se frena por la escasa cantidad de oxígeno disuelto en el Río Bogotá (Universidad de Cataluña, 2003).

El problema del medio ambiente originado por los agentes tenso-activos se originó por la baja biodegradabilidad del sulfonato de alquilo benceno (ABS), el cual queda sedimentado en los ríos y lagos y también penetra en las aguas subterráneas, haciéndolas espumosas.

Actualmente, en Bogotá no existe ninguna planta de tratamiento y se espera en forma natural la descomposición de los agentes tenso-activos que contienen las aguas residuales. Sin embargo, se considera que la degradabilidad no es muy alta debida a la poca cantidad de oxígeno disuelto en el Río Bogotá (Universidad de Cataluña, 2003).

En las Figuras 2 y 3 se presentan los diferentes valores de pH y dureza (mg/L), respectivamente encontrados en las Pymes estudiadas.

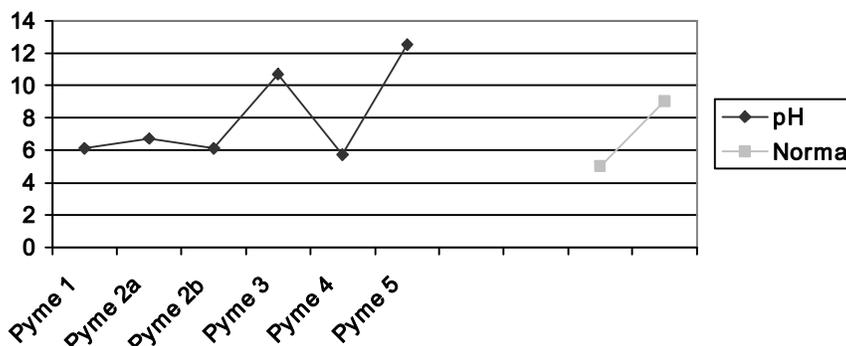


Figura 2. pH (Unidades)

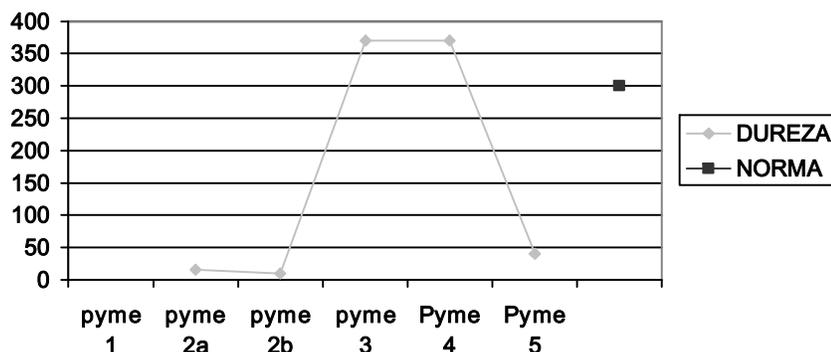


Figura 3.
Dureza (mg/L)

Los resultados obtenidos para pH reportan que no todas las pequeñas y medianas empresas tienen en cuenta los parámetros respecto a vertimientos de aguas residuales promulgados por la legislación pH 5-9 (Resolución 1074/97 DAMA), lo cual hace que se favorezca el deterioro de los ecosistemas en especial los acuáticos. También se ven los diferentes niveles de dureza que presentan las aguas residuales, superando en algunas empresas los valores de la norma.

En la Figura 4 se determinan los valores de las concentraciones de fosfatos encontradas en las diferentes Pymes estudiadas.



Figura 4
Fosfatos (mg/L)

El aporte de fosfatos de las aguas residuales provenientes de pequeñas y medianas empresas es significativo ya que supera el valor propuesto en la legislación. Los fosfatos son una de las materias primas que se usan en la producción de detergentes para disminuir la producción de espuma, usándose en especial el tripolifosfato de sodio.

El inconveniente de la presencia de fosfatos en las aguas residuales es que en su mayoría son arrastrados por el drenaje y la mayoría de las plantas de tratamiento de aguas negras no están diseñadas para eliminar fosfatos y por lo tanto éstos pasan al medio ambiente acuático a través del efluente de las aguas negras.

El problema de los fosfatos es que actúan como elemento nutritivo para algas y plantas acuáticas, lo que a su vez provoca la degradación de las aguas naturales debido a que esta superpoblación acuáticas, al morir, por acción degenerativa de los microorganismos ocasionan una mayor demanda de oxígeno perjudicial para los peces y para el propio cuerpo de agua; este fenómeno se conoce como eutrofización. (Bair, 2001).

Teniendo en cuenta los datos hallados se ve que en las pequeñas y medianas empresas a las cuales se les realizó la determinación de hidrocarburos, se encontró presencia. Al realizar la cuantificación se observó que superaron la norma establecida en algunas de las empresas estudiadas, que afecta los ecosistemas acuáticos.

En los ecosistemas acuáticos, las concentraciones bajas retardan la división celular y el crecimiento de planctón; en concentraciones altas produce la muerte de microorganismos y especies fitoplanctónicas, así como de larvas y huevecillos y peces. (Levin y Gealt, 1997).

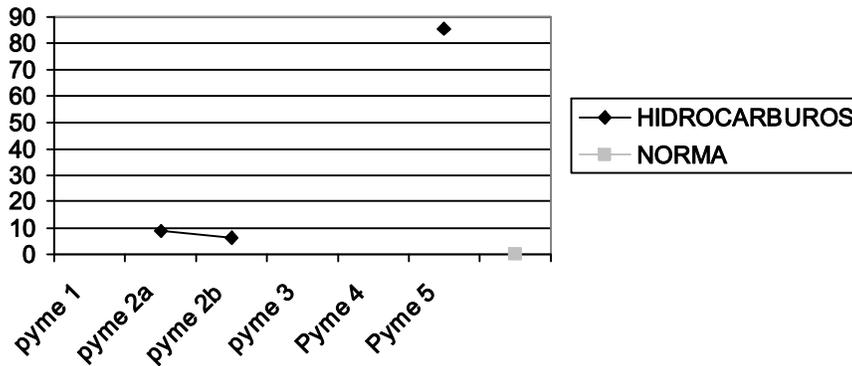


Figura 5.
Hidrocarburos (mg/L)

5.2. Caracterización de la contaminación difusa y plan piloto de bioconversión

La bacteria aislada se identificó con el método APY método de diferenciación bioquímica de bacterias. y se clasificó como *Pseudomonas aeruginosa*.

En la Figura 6 se observan las diferentes concentraciones de Tenso-activo (surfactante) encontradas en los diferentes residuos estudiados

1. Aguas residuales
2. Residuos de agua residual tanque 8
3. Trampa 1
4. Trampa 2

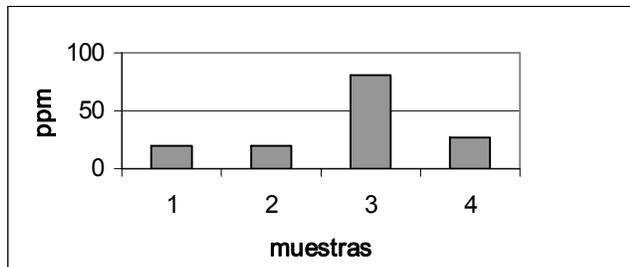


Figura 6.
Concentración de surfactante
primera determinación

En la Figura 7 puede observarse la segunda determinación de surfactante después de la bioconversión:

- 1) Trampa 1 sin bacterias,
- 2) Trampa 1 Mac farland 3 (solución de referencia de opacidad que indica la concentración de las unidades formadoras de colonia)
- 3) Trampa 1 Mac farland 5
- 4) trampa 2 sin bacterias
- 5) Trampa 2 Mac farland 3
- 6) trampa 2 Mac farland 5

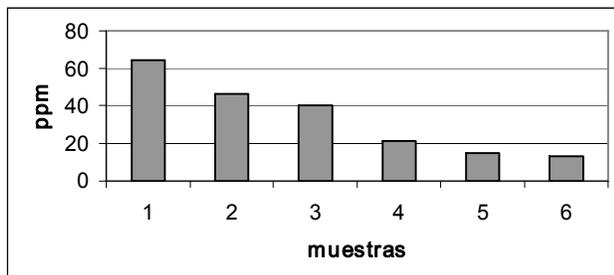


Figura 7.
Concentración de surfactante
segunda determinación

En las Figuras 8 y 9 se muestra el porcentaje de Tenso-activos (surfactante) degradado en cada trampa.

Trampa 1 con porcentajes de 8.0% sin bacterias, 33.9% Mac Farland 2, 43.1% Mac Farland 5, respectivamente.

Trampa 2 con porcentajes de 3.8% sin bacterias, 38.9% Mac Farland 2, 45.1% Mac Farland 5, respectivamente.

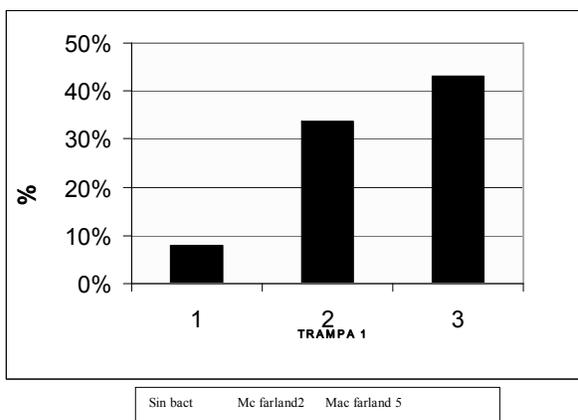


Figura 8.
Porcentaje de biodegradación

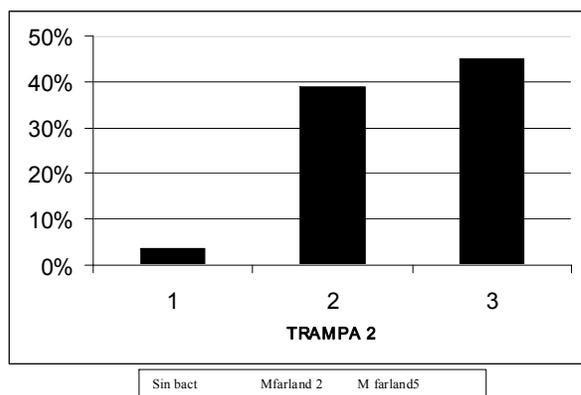


Figura 9.
Porcentaje de bioconversión de la trampa 2

6. DISCUSIÓN

La industria es una de las principales fuentes de contaminación ambiental en el país. La evolución histórica de la industria colombiana se caracterizó por un estilo de desarrollo proteccionista, sujeto a una débil estructura reguladora, lo cual promovió el crecimiento acelerado de los vertimientos incontrolados de aguas residuales, las emisiones atmosféricas y la generación de residuos altamente tóxicos (Buitrón y Moreno, 2002).

La industria nacional se ha apropiado del entorno natural para transformarlo en un sistema de disposición de residuos de costo mínimo; algunos casos ilustran las características de una alta peligrosidad asociadas al bajo nivel de manejo ambiental industrial y a la poca capacidad del control, vigilancia y aplicación de las normas ambientales (Buitrón y Moreno, 2002).

De acuerdo con el análisis, a partir de la información suministrada por el Departamento Nacional de Estadística (DANE), la producción industrial de la Capital está representada por 90 sectores manufactureros, de los que 47 son generadores de residuos peligrosos. Además se estima que el porcentaje de participación de los residuos peligrosos residenciales y de pequeñas y medianas empresas sobre el total de los domiciliarios es de 0,3%, aproximadamente 5100 toneladas al año, que se deben sumar a las generadas por el sector industrial.

El estudio desarrollado por el Programa de Investigación sobre residuos sólidos, de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional, para la Uesp, permitió establecer la situación de los residuos peligrosos de origen industrial en la Capital, y se estableció que en el sector de cosméticos y jabones el 11% de los insumos que se consumen con características de peligrosidad se convierten efectivamente en residuos peligrosos. (Candinale, 2000).

En este estudio, se logró hacer un monitoreo de los contaminantes químicos presentes en las aguas residuales de las pequeñas y medianas empresas dedicadas a la producción de detergentes en Bogotá, (Buitrón y Moreno, 2002 y Cornejo, 2004) y se encontró como los más importantes los tenso-activos, hidrocarburos, fenoles, fosfatos y aceites y grasas, los cuales afectan las características fisicoquímicas y organolépticas del agua, como se evidenció en el cambio en los valores de pH y dureza del agua y en la degradación de los ecosistemas acuáticos, por lo cual la legislación se ha preocupado de normatizar la presencia de ellos en los vertimientos generados en los procesos de producción industrial.

Al relacionar el proceso productivo con los puntos críticos de control, se pudo detectar como uno de los más importantes, las trampas utilizadas para captura de grasas y filtro de contaminantes usadas como tratamiento previo, para el posterior desagüe al alcantarillado, por lo cual el proceso de biotransformación se hizo con las muestras tomadas de estos puntos.

Se logró aislar la bacteria nativa *Pseudomonas aeruginosa* de las muestras de agua residual analizadas, con la cual se llevó a cabo el proceso de bioconversión en porcentajes considerables en donde fue mayor usando la escala de Mac Farland 5 en la trampa 1 y trampa 2 con resultados de 43.1% y 45.1% respectivamente.(Candinale, 2000 y Buitrón y Moreno, 2002). Esta escala permite la comparación de la opacidad con la concentración de la UFC de las bacterias presentes, y se mide en absorvancias.

En la bioaumentación con escala Mac Farland 2 en las dos trampas hubo una degradación menor, influenciada por la cantidad de microorganismos adicionados.

Las bacterias nativas del agua residual de ambas muestras sin bioaumentación, fueron capaces de degradar el surfactante presente en una concentración mínima, por consiguiente es necesario aumentar la población microbiana para llevar a cabo el proceso.

La cantidad de surfactante encontrada en las dos mediciones con un intervalo de 30 días, varió en una concentración de 10.2 ppm de diferencia en la trampa 1 y 2.3 ppm en la trampa 2; y fué la segunda determinación la menos concentrada, lo cual indica que la cantidad de surfactante eliminado depende de los productos elaborados en los diferentes días del mes.

En la Figura 10 se aprecia la interacción entre los procesos que se generan a partir de los elementos constitutivos como los contaminantes de origen humano, que producen un impacto ambiental (Sánchez y Uribe, 1994), ya que superan la capacidad reguladora de los ecosistemas, siendo causantes de alteraciones nocivas para la salud de los ecosistemas, por lo cual se hace necesario el uso de tecnologías externas que ayuden a solucionar este tipo de problemas, donde los contaminantes ambientales se han degradado con ayuda de microorganismos, ya sean bacterias, algas u hongos, que mediante sus procesos metabólicos .

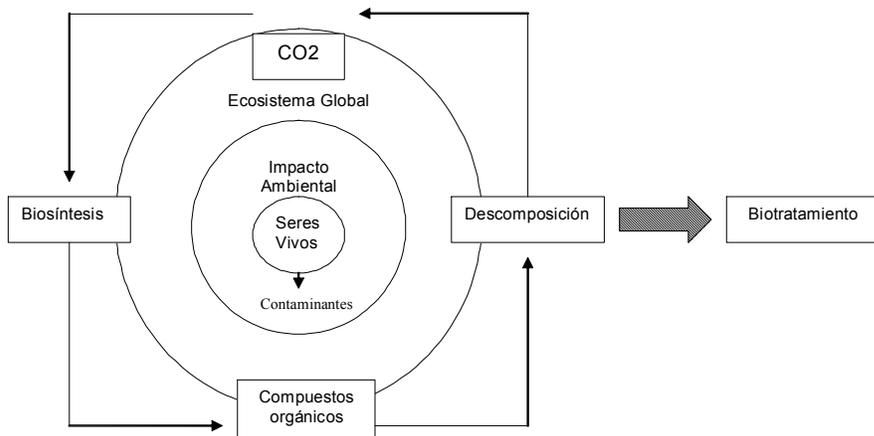


Figura 10.
Interacción entre procesos, que producen impacto ambiental

7. AGRADECIMIENTOS

Las investigadoras reconocen el apoyo brindado por la Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca al abrir espacios que permiten el fortalecimiento de la investigación, de igual manera desean resaltar la motivación de las estudiantes que aportaron su mejor esfuerzo en el desarrollo de las diferentes etapas del proceso investigativo, así como agradecen al sector productivo de las pequeñas y medianas empresas, quienes espontáneamente ofrecieron sus instalaciones para la realización de la investigación. De igual manera se reconoce el apoyo de la Secretaría Distrital de Salud, que permitió realizar análisis complementarios para confirmar los resultados obtenidos.

8. BIBLIOGRAFIA

- DAMA, 2003. Departamento técnico Administrativo del Medio Ambiente. Términos de referencia para el estudio del impacto ambiental en la industria de jabones y detergentes. Archivos Ministerio del Medio Ambiente.
- González, B., 2004. Jabones y detergentes. Impacto ambiental. Universidad Autónoma de México. Available from: URL: <http://jabones y detergentes.tripod.com/index.html>.
- Capo. Ecotoxicología, 2002. Barcelona: Mac Graw Hill.
- Brock, M., 2000. Biología de los Microorganismos. 8 Edición. Barcelona: Prentice Hall.
- DAMA, 2000. Minimización de contaminación industrial por la promoción de tecnologías de producción más limpias en Bogotá. DAMA, Alcaldía Mayor de Bogotá, Agencia de cooperación internacional del Japón. Bogotá: 348 p.
- Universidad Digital de Cataluña. Servidor de tesis doctoral, 2.003. www.tdx.cesca.es/tox-0602103-1354571.
- Bair, C., 2001. Química ambiental. Barcelona: Ed Reverté.
- Levin, L. y Gealt, M., 1997 Biotratamiento de residuos tóxicos y peligrosos. Selección, estimación, modificación de microorganismos y aplicación. Madrid: Ed. Mc Graw Hill.
- Scragg, A., 1999. Biotecnología ambiental. Zaragoza: Ed. Acribia S.A.
- Sanchez, T. y Uribe, 1994. Contaminación industrial en Colombia. DPN, PNUD. Bogotá: Ed Tercer Mundo: 294 p.
- Suarez, O., 2003. Residuos de alto riesgo. Periódico Universidad Nacional. Bogotá.
- Buitrón, G. y Moreno, J., 2002. Estrategia óptima para la biodegradación de aguas residuales industriales. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Ingeniería. CEPIS.
- Candinale, 2000. El significado ambiental de las pruebas de biodegradabilidad y un ensayo recomendado para América Latina. On line pdf3.0 Miami EEUU. Procter and Gamble. Latinoamérica. Noviembre. CEPIS.
- Cornejo, J., 2004. Universidad Santiago de Chile para postítulo en ingeniería ambiental. USACH.
- DAMA, 1997. Resolución 1074. Santafé de Bogotá: DAMA: 12.
- Eweis, J. Ergos, S., Shang, D. y Schoeder, E., 1999. Principios de biorrecuperación. Ed Mac Graw Hill

