

Ingeniería Ambiental

Autores

*Juan Felipe Franco Ramírez
José Alejandro Martínez Sepúlveda
Marco Tulio Espinosa López
William Fernando Castrillón Cardona
Daniel Fernando Prato Sánchez
Diana Angélica Varela Martínez
Daniel Gómez Gutiérrez*



Catalogación en la fuente: Biblioteca Universidad EAN

Casos de Ingeniería Ambiental [Recurso electrónico]
/ Juan Felipe Franco Ramírez... [et al.] -- Bogotá:
Universidad EAN, 2013. -- (Ewcf gtpq"fg"Ecuqu)

ISBN: 978-958-756-243-9

1. Tratamiento de residuos 2. Responsabilidad social
3. Gestión ambiental I. Franco Ramírez, Juan Felipe

628.4458 CDD 21



Edición

Dirección Gestión del Conocimiento

Diagramación

Adriana Milena Rodríguez

©Universidad EAN, Carrera 11 No. 78-47 Bogotá D.C., Colombia, 2013.
Prohibida la reproducción parcial o total de esta obra sin autorización de la Universidad EAN®

ISBN:978-958-756-243-9

Primera edición 2013.

CONTENIDO

- ♦ Caso: contaminación del aire en interiores. Juan Felipe Franco Ramírez.
- ♦ Caso: microgeneración de aceites usados y gestión de residuos peligrosos. José Alejandro Martínez Sepúlveda.
- ♦ Caso: manejo de residuos sólidos orgánicos -RSO- derivados del corte de zonas verdes en el norte de Bogotá, D.C., Colombia. Marco Tulio Espinosa López, William Fernando Castrillón Cardona.
- ♦ Caso: panorama del manejo de residuos de construcción y demolición (RCD) y su aprovechamiento. José Alejandro Martínez Sepúlveda.
- ♦ Caso: aplicación de un modelo de dispersión para resolver una problemática de calidad del aire en la zona minera del Cesar, Colombia. Daniel Fernando Prato Sánchez.
- ♦ Caso: degradación de la tiamulina fumarato hidrogenada presente en aguas residuales generada por el proceso de fabricación del Micomix. Diana Angélica Varela Martínez.
- ♦ Caso: gestión ambiental y responsabilidad social en cadenas de comida rápida. Daniel Gómez Gutiérrez.
- ♦ Case study: environmental management and social responsibility in fast food chain. Daniel Gómez Gutiérrez.

PRESENTACIÓN

Este primer Cuaderno de Casos del Programa de Ingeniería Ambiental responde a los compromisos que demanda el modelo educativo de la Universidad EAN, en el que se complementan y aplican los conceptos de clase con casos reales que permitan un mejor entendimiento de las situaciones. Las experiencias que aquí se documentan son el resultado de la práctica y del trabajo de investigadores sobre temáticas relevantes para el contexto nacional e internacional. De esta manera, este cuaderno de casos se constituye en material de apoyo para la labor docente y en material de consulta permanente para nuestros estudiantes.

La experiencia de este tipo de publicaciones en la Universidad EAN, demuestra que los casos empresariales son una de las herramientas más adecuadas para complementar la docencia y así aproximar a los estudiantes a los problemas del mundo real, y por qué no decirlo, al complejo, pero interesante mundo de la Ingeniería Ambiental.

Esta primera edición del Cuaderno de Casos para el Programa, fue liderada por docentes y colaboradores del Grupo de Investigación en Gestión Ambiental de la Universidad y reúne estudios llevados a cabo en áreas tales como, la gestión ambiental empresarial y responsabilidad social, la contaminación atmosférica, la gestión de residuos sólidos orgánicos e inorgánicos, así como en opciones de tratamiento para vertimientos y residuos líquidos de tipo peligroso. Esperamos que esta obra se constituya en un instrumento útil que contribuya a la labor docente y a enriquecer la formación profesional de los futuros ingenieros ambientales, y, a su vez, se convierta en una herramienta para el desarrollo de competencias, la identificación de problemáticas y la formulación de soluciones de ingeniería, de manera efectiva.

CASO 1.

CONTAMINACIÓN DEL AIRE EN INTERIORES

Autor: Juan Felipe Franco R.
Profesor asociado- Facultad de Ingeniería-Universidad EAN
Grupo de Investigación en Gestión Ambiental
Correo electrónico: jffranco@ean.edu.co

INTRODUCCIÓN

Existe evidencia científica contundente sobre la asociación positiva entre la exposición a niveles elevados de contaminación atmosférica y efectos negativos en la salud respiratoria y cardiovascular de las personas (OPS, 2005; WHO, 2005; Kim, 2004; Schwartz, 2004). Según la evaluación de las prioridades ambientales para Colombia, llevada a cabo por el Banco Mundial (BM, 2007), en Colombia, la contaminación del aire representa uno de los problemas más generalizados y de mayor magnitud que afrontan no solo las ciudades, sino también las zonas rurales. Los resultados de dicho análisis permitieron establecer que en el país, cada año, ocurren unas 6,000 muertes por causa de la contaminación del aire y que cerca del 20% de dichas muertes se encuentran asociadas con la exposición a la contaminación del aire en espacios interiores.

La contaminación del aire en interiores o contaminación intramural es aquella que se presenta en el interior de un recinto (v.g. oficinas, escuelas, viviendas) y que está condicionada por los fenómenos de contaminación del aire exterior, por las emisiones, producto del desarrollo de las actividades cotidianas de las personas y de las condiciones de ventilación de dichos espacios. En este sentido, aunque son distintas las fuentes generadoras de contaminantes del aire en interiores, la principal causa es el uso de combustibles tales como la leña, el carbón, la biomasa (e.d. residuos de cultivos, excremento de animales), gas natural, gas propano y queroseno para labores de cocción de alimentos y de calefacción de los hogares. Una idea de la magnitud de esta problemática es la cifra de que solamente en países de economías menos desarrolladas, cerca de tres mil millones de personas usan combustibles sólidos al interior de sus viviendas (OMS, 2007).

Sin embargo, la contaminación del aire en interiores es un problema ambiental y de salud pública que aún se encuentra rezagado en cuanto a la disponibilidad de un diagnóstico riguroso; situación que ha llevado en muchos casos a una falta de atención y de entendimiento de este fenómeno. Sólo una mejor caracterización de la problemática permitirá optimizar los esfuerzos y recursos en el diseño de medidas concretas para mejorar las condiciones de calidad del aire en espacios cerrados.

En este documento se presentan y analizan dos casos de estudio realizados en Colombia, en los que se caracterizó la contaminación por contaminantes atmosféricos en distintos espacios interiores, entre los que se incluyen, viviendas, instituciones educativas y oficinas.

OBJETIVO PEDAGÓGICO

Presentar y analizar dos experiencias realizadas en Colombia, sobre la contaminación del aire en ambientes intramurales. A través de este análisis se quiere orientar al lector a un mejor entendimiento de esta problemática y al conocimiento de evidencias propias del contexto colombiano.

CONTAMINACIÓN DEL AIRE EN ESPACIOS INTERIORES

La dinámica de la contaminación en espacios interiores involucra, además de los compuestos contaminantes (gases y partículas), otras variables, tales como, la temperatura y la humedad relativa. Estas variables son importantes, no solamente porque en ciertas condiciones pueden incrementarse las concentraciones de algunos compuestos, sino también, porque tienen un impacto directo en la sensación de comodidad y productividad de las personas al interior de un ambiente cerrado. Está plenamente documentado que altos niveles de humedad relativa y temperaturas elevadas causan fatiga, impidiendo el normal desarrollo de las actividades (Uniandes y MAVDT, 2008).

La Figura 1 presenta el esquema general de la contaminación atmosférica en interiores. En esta se puede apreciar que la calidad del aire en un recinto cerrado depende, tanto de las emisiones generadas al interior, como de las cantidades de contaminante provenientes del exterior. De igual forma, hay una serie de fenómenos que suceden en ambientes intramurales, que al interactuar entre sí son determinantes en la calidad del aire, en este tipo de espacios. Uno de estos fenómenos, es la tasa de ventilación, entendida como la cantidad de intercambio de aire exterior con el aire al interior del microambiente.

Figura 1. Esquema general de la contaminación en interiores.



ANTECEDENTES EN COLOMBIA – ESTUDIOS DE CASO

Autoridades internacionales, como la Organización Mundial de la Salud (OMS), han clasificado la contaminación del aire en interiores como uno de los diez principales riesgos mundiales en salud (OMS, 2007). A esta problemática se le atribuyen cerca de 1.6 millones de muertes prematuras en el mundo, anualmente. Sin embargo, para un país como Colombia, el diagnóstico y la información disponible en estos temas es aún limitada.

A continuación se presentan dos estudios, que pueden ser, tal vez, los ejercicios más rigurosos que se han llevado a cabo en el país en el campo de la contaminación intramural. El primero hace referencia a la caracterización de la exposición a monóxido de carbono (CO) en viviendas de la ciudad de Bogotá, donde se utiliza algún tipo de gasodoméstico y el segundo presenta la caracterización de la calidad del aire en ambientes interiores (viviendas, oficinas y colegios) de dos ciudades intermedias colombianas y una zona rural.

EXPOSICIÓN A LA CONTAMINACIÓN POR MONÓXIDO DE CARBONO EN VIVIENDAS

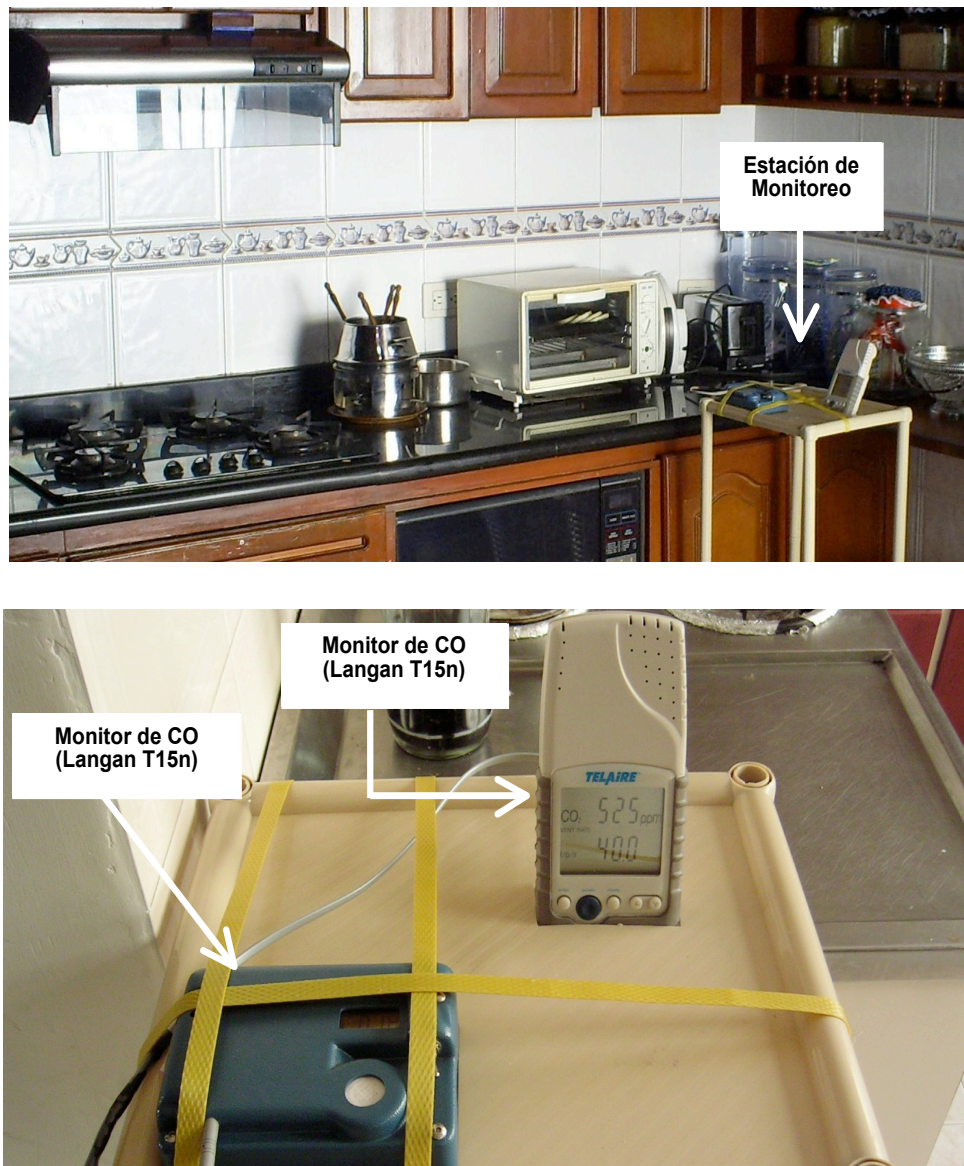
Esta fue una iniciativa liderada por la empresa local de distribución de gas natural (Gas Natural S.A. ESP) motivada, principalmente, por el incremento de más de un 50% en el número de casos registrados por intoxicación por CO en Bogotá, entre los años 2004 y 2007. En este estudio se caracterizó la exposición a la contaminación por monóxido de carbono (CO) en una muestra de 73 viviendas, localizadas en el perímetro urbano de Bogotá, en las cuales se utilizaban frecuentemente gasodomésticos.

En todas las viviendas se realizaron mediciones de concentraciones de CO en dos ambientes interiores (la cocina y la zona social). Cada experimento correspondió a la operación continua y simultánea de dos estaciones de monitoreo por períodos de 24 horas.

Las estaciones de monitoreo estaban compuesta por un equipo monitor de CO (Langan T15n) y un equipo monitor de dióxido de carbono (CO₂) y temperatura (TelAire 7001) (ver Figura 2). Simultáneamente, se le entregó a cada usuario una encuesta de caracterización de la vivienda y un formato de diario de actividades. Estos instrumentos permitieron establecer, durante el tiempo de medición, características físicas del lugar, así como los momentos en los que se utilizaban los gasodomésticos.

Juan Felipe Franco hizo la investigación previa a estos casos para documentar este caso específico.

Figura 2. Estación y equipos de medición.

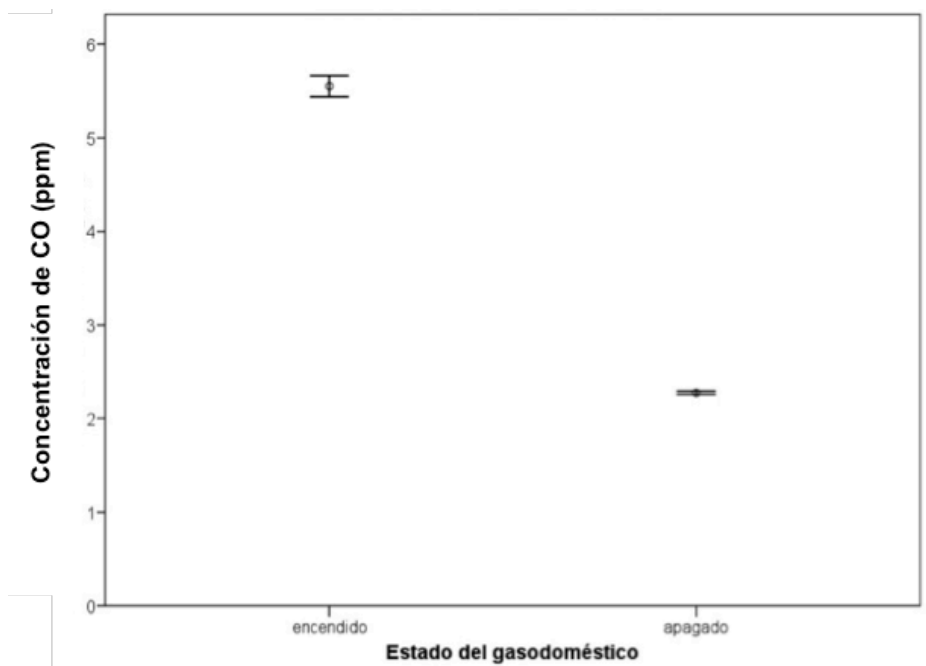


Fuente. Franco, tomado de Uniandes (2008)

De los resultados de este estudio, se pudo establecer que el uso de gasodomésticos tiene un impacto directo y significativo en las concentraciones de CO que se perciben en el interior de una vivienda.

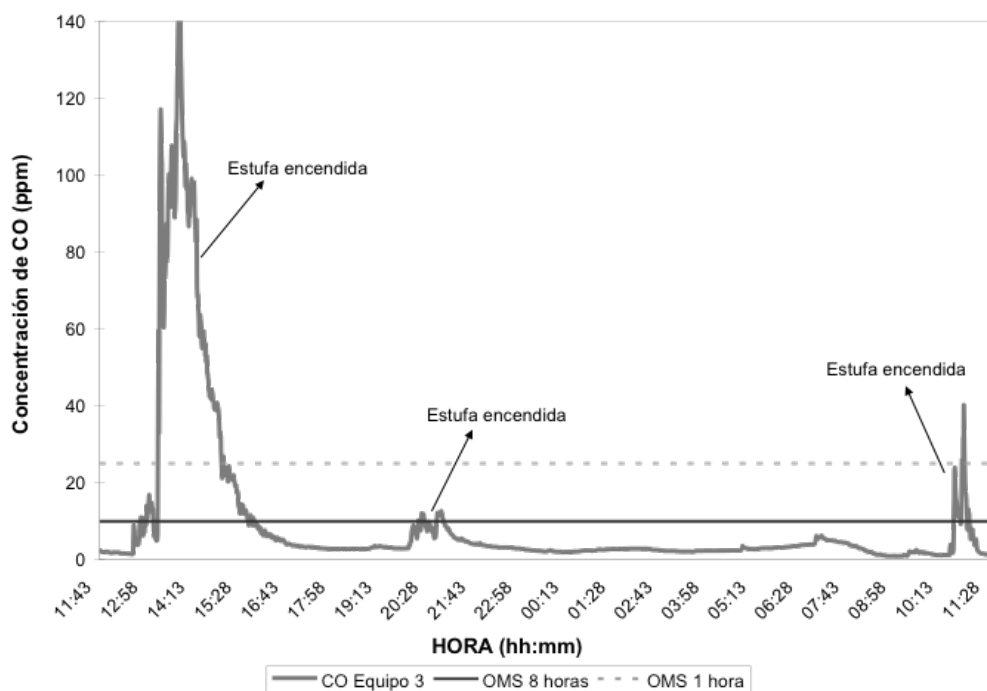
La Figura 3 muestra una diferencia estadísticamente significativa de las concentraciones de CO al interior de la vivienda entre los momentos en los que había un gasodoméstico encendido y en los que no.

Figura 3. Media e intervalo de confianza del 95% para las concentraciones de CO en las cocinas de las viviendas por estado del gasodoméstico.



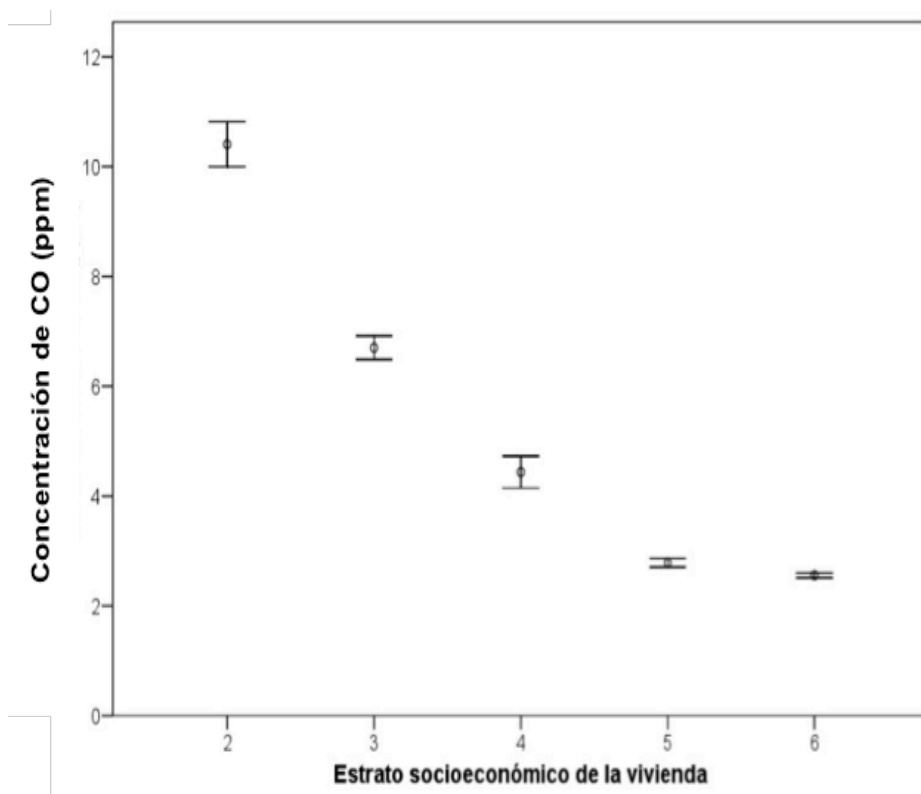
La Figura 4 permite apreciar las concentraciones de CO en una serie de tiempo para una de las mediciones al interior de una de las viviendas estudiadas, así como identificar los momentos en los que estuvo algún gasodoméstico encendido.

Figura 4. Concentraciones de CO y su relación con el uso de gasodomésticos.



Otro de los resultados importantes del caso al que se hace referencia en esta sección, tiene que ver con el impacto que el estrato socioeconómico de la vivienda tiene sobre las concentraciones de CO al interior de esta. La documentación recolectada en este estudio permitió establecer que, en general, las viviendas de estratos más bajos presentaron mayores niveles de contaminación, que aquellas de los estratos medios y altos (ver Figura 5). Esto se debe, entre otras cosas, a que el nivel de ingresos del residente de la vivienda tiene un efecto en el tipo y edad de los gasodomésticos instalados y en el estado general de mantenimiento de los mismos.

Figura 5. Media e intervalo de confianza del 95%, por estrato socioeconómico, para las concentraciones de CO en la cocina de la vivienda (gasodoméstico encendido).



Por otra parte, los análisis realizados demuestran la importancia de una apropiada ventilación en los lugares en los que se utilizan gasodomésticos. Un ejemplo claro de esta condición es el hecho de que las concentraciones máximas de CO en espacios donde las ventanas permanecían cerradas, fueron cerca de dos veces mayores que en los espacios con ventanas abiertas.

Como conclusión de este caso de estudio, se estableció que, efectivamente, hay viviendas en la ciudad para las que el uso de gasodemésticos representa una fuente importante de contaminación del aire al interior de estas. En un número importante de estas viviendas se logró establecer que durante distintos momentos de las 24 horas de medición, sus residentes estaban expuestos a concentraciones de CO que sobrepasaban ampliamente los niveles sugeridos por la OMS como perjudiciales para la salud de las personas.

EXPOSICIÓN A CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS EN AMBIENTES INTRAMURALES EN DOS CIUDADES INTERMEDIAS Y UNA ZONA RURAL EN COLOMBIA

Esta fue una iniciativa liderada por el entonces Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible) en la que se caracterizaron los niveles de exposición a contaminantes atmosféricos en distintos ambientes interiores de diferentes zonas geográficas de Colombia. Como parte de este proyecto, además se identificaron factores determinantes de los niveles de contaminación, para contribuir, de esa manera, al mejor entendimiento de esta problemática y a la formulación de políticas orientadas al diseño de estrategias para su mitigación.

Se seleccionaron dos ciudades colombianas que por su tamaño y número de habitantes son consideradas como ciudades intermedias. Se buscó una ciudad caracterizada por un clima cálido (a nivel del mar) y otra con cierta altitud sobre el nivel del mar y con un clima relativamente frío. A partir de estas condiciones se seleccionaron como ciudades de estudio a Manizales (ciudad intermedia a más de 2,000 metros de altura sobre el nivel del mar) y Santa Marta (ciudad intermedia a localizada a nivel del mar). También se seleccionó la zona rural del municipio de Suesca, Cundinamarca.

En cada región se tuvieron en cuenta espacios interiores diferenciados por las actividades que allí se realizaban. Se evaluaron ambientes intramuros de viviendas (cocinas y zonas sociales), oficinas y establecimientos educativos (jardines, colegios y universidades) en cada ciudad objeto de este estudio. Para el caso de la zona rural, los espacios evaluados fueron en su totalidad viviendas. Estas se diferenciaban entre sí por el tipo de combustible que se usaba para la cocción de los alimentos u operaciones de calefacción.

En la campaña de campo para este estudio, se caracterizaron las condiciones de calidad del aire en un total de 50 microambientes (espacios interiores). Dicha campaña de campo incluyó la determinación simultánea de las concentraciones de material particulado fino (PM_{2.5}), CO, CO₂ y compuestos orgánicos volátiles (VOC); así como de las condiciones de temperatura y humedad relativas, al interior de cada uno de los microambientes.

Cada experimento consistió en el monitoreo continuo, por espacio de 24 horas, de las variables antes mencionadas. De forma adicional, en cada prueba se aplicó un cuestionario de caracterización del microambiente. Con este documento se recopiló información básica acerca de la construcción y el estado de la edificación, así como sobre factores que pudiesen tener una influencia directa en los niveles de contaminación al interior del recinto (v.g., tipo de combustible utilizado para cocinar, presencia de ventanas y puertas, dimensiones del espacio). Igualmente, y de manera paralela al seguimiento de las variables monitoreadas, se diligenció un formato de diario de actividades que permitió tener un registro de las distintas acciones realizadas en el microambiente en el tiempo de duración de la prueba.

En cada uno de los microambientes se ubicó una estación de monitoreo que consistía de una plataforma fija en donde fueron instalados los equipos de monitoreo de la calidad del aire en tiempo real, acoplados a un sistema de adquisición de datos (compuesto por un computador portátil y una tarjeta electrónica) (ver Figura 6).

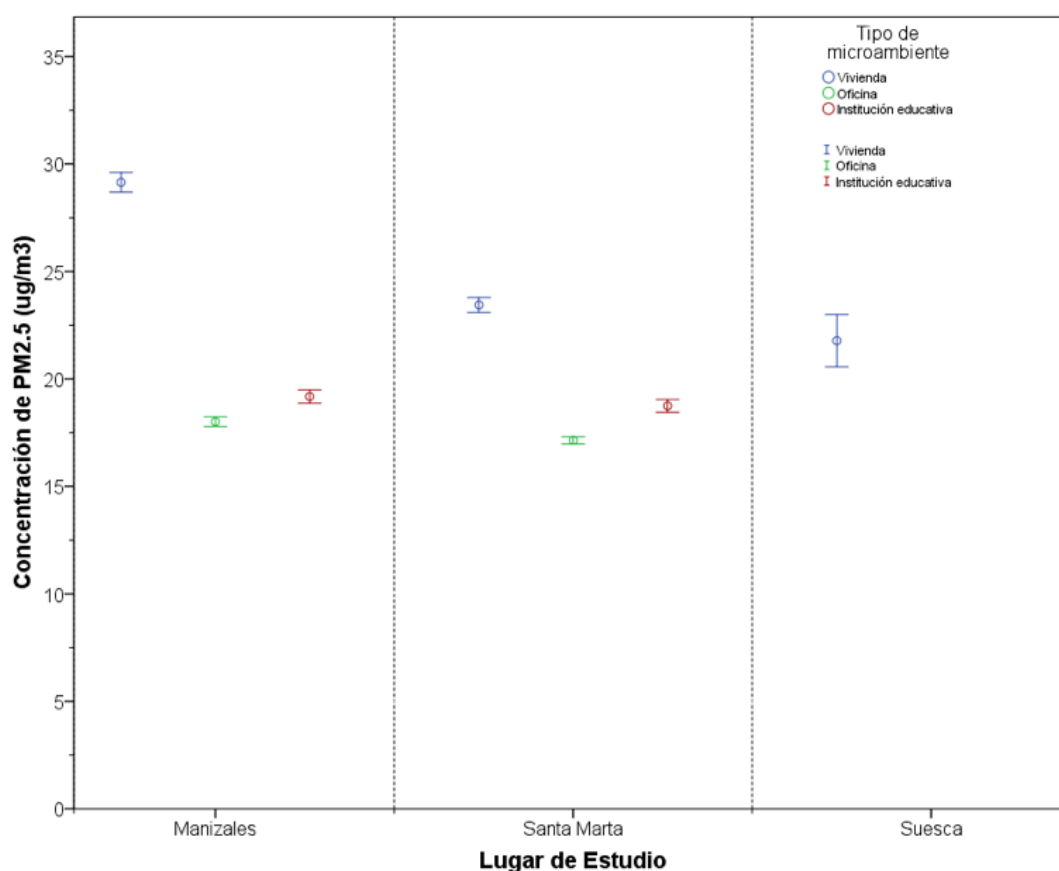
Figura 6. Estación de monitoreo utilizada en el estudio.



Fuente. Franco, tomado de Uniandes y MAVDT (2010).

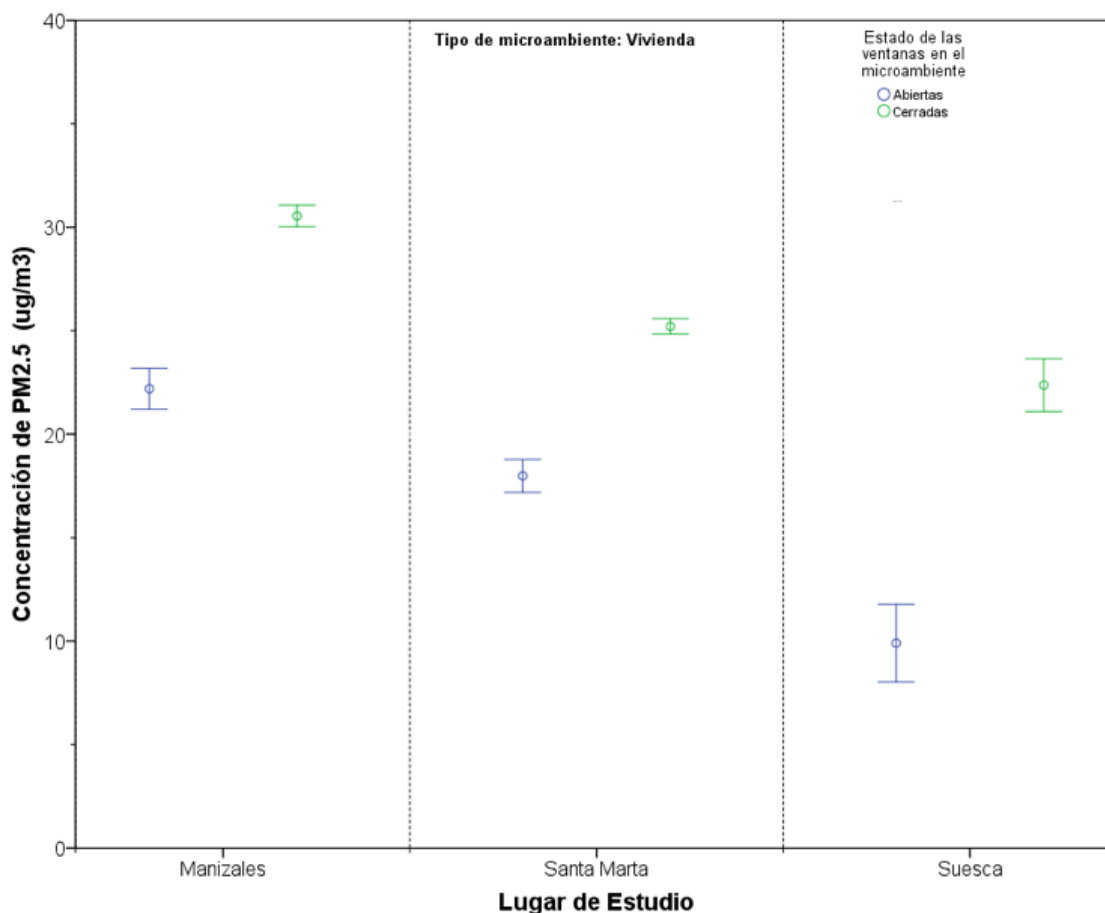
Los resultados de este estudio permitieron concluir que la calidad del aire en los espacios intramurales evaluados en diferentes regiones del país, es una problemática a la que hay que prestarle mayor importancia y trascendencia. De manera general, los niveles promedio encontrados de compuestos tales como el PM2.5 se registraron por encima de los valores sugeridos por las OMS como perjudiciales para la salud. La Figura 7 muestra el valor medio y el intervalo de confianza del 95% para las concentraciones de PM2.5 en cada una de las zonas geográficas evaluadas, discriminado por tipo de espacio.

Figura 7. Intervalo de confianza del 95% para las concentraciones de PM2.5 (ug/m3) por lugar de estudio y tipo de microambiente.



Una de las variables estudiadas en este caso fue la ventilación. De manera cualitativa, la importancia de esta variable se calculó a partir del estado de las ventanas (abiertas, cerradas) de cada uno de los espacios intramuros estudiados. La Figura 8 presenta la media y el intervalo de confianza para las concentraciones de PM2.5 en las viviendas evaluadas por zona geográfica. Se puede apreciar cómo, los momentos en los que se encontraban las ventanas abiertas, siempre registraron menores concentraciones de material particulado, que los momentos en los que las ventanas del mismo lugar estaban cerradas. Esta evidencia es contundente y permite dimensionar la importancia de la ventilación en espacios interiores.

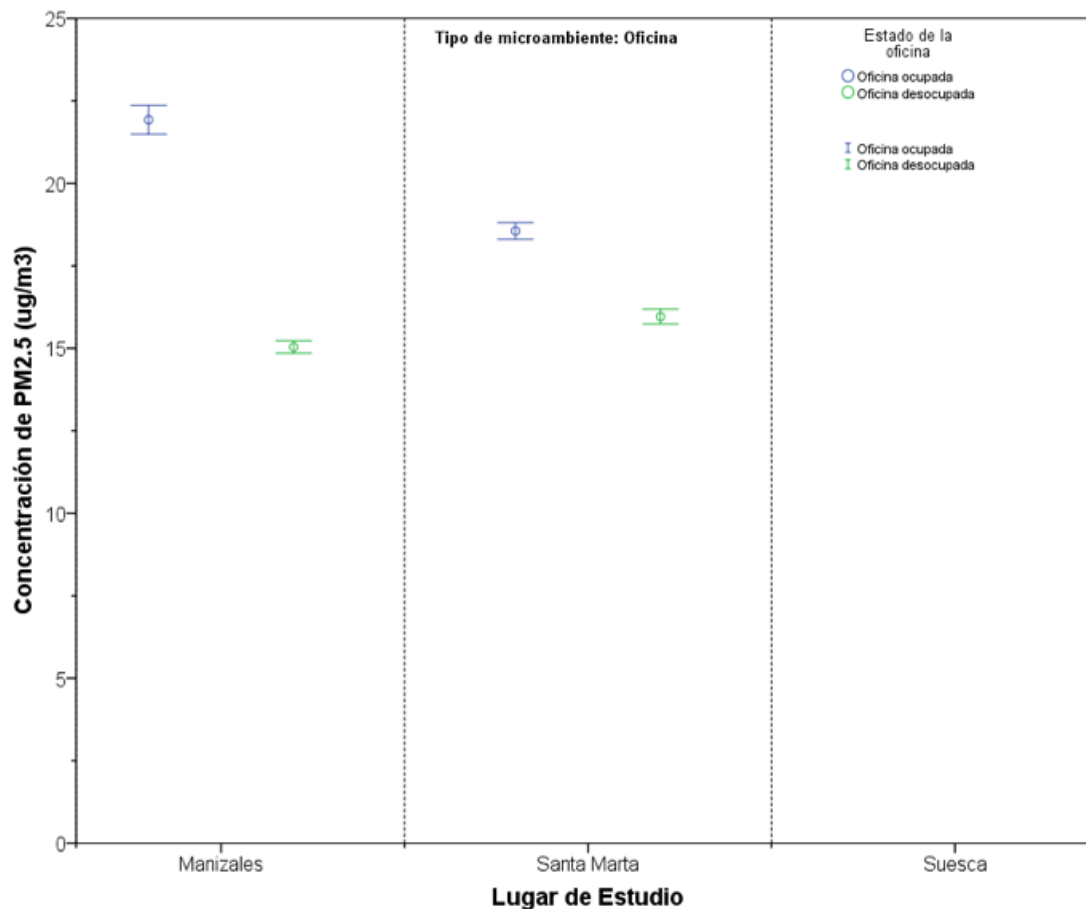
Figura 8. Media e intervalo de confianza del 95% para las concentraciones de PM2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) en viviendas por lugar de estudio (discriminadas por el estado de las ventanas en la cocina de la vivienda).



Otra de las variables importantes, tiene que ver con la ocupación de los espacios interiores; es decir con la presencia de personas y las implicaciones que se generan por dicha ocupación, en casa espacio. Principalmente, en oficinas y salones de clase de instituciones educativas, se percibe un impacto en la calidad del aire interior (especialmente en lo que tiene que ver con niveles de material particulado).

La Figura 9 muestra la media y el intervalo de confianza del 95% para las concentraciones de PM2.5 en los espacios tipo oficina, para los tres lugares de estudio, discriminados por los momentos en los que estos se encontraban ocupados. Como se puede apreciar en esta figura, las concentraciones de este contaminante son significativamente mayores (los intervalos de confianza no se traslapan) en los momentos en los que las oficinas presentan algún tipo de ocupación.

Figura 9. Media e intervalo de confianza del 95% para las concentraciones de PM2.5 (ug/m³) en oficinas por lugar de estudio (discriminadas por ocupación de la oficina).



Como conclusión de este estudio se estableció que en todos los espacios evaluados (viviendas, oficinas y colegios) se encontraron casos particulares en los que las condiciones de calidad del aire interior eran deficientes. De los ambientes caracterizados, de manera general, el interior de viviendas representa el lugar en donde se observaron las mayores concentraciones de los contaminantes. Esta condición se debe, principalmente, al uso de algún tipo de combustible en labores de cocción de alimentos o para calefacción del hogar. Específicamente, en un número importante de los experimentos realizados en las viviendas, las concentraciones de PM2.5 estuvieron por encima de los valores recomendados por la OMS. Este resultado es de gran importancia, dado el alto porcentaje de tiempo que una persona promedio pasa en dicho espacio.

PREGUNTAS ORIENTADORAS

- ♦ ¿Qué elementos de Ingeniería deben ser usados en el momento de caracterizar la calidad del aire al interior de un recinto cerrado?
- ♦ ¿Qué variables deben ser incluidas en el análisis del fenómeno de calidad del aire en interiores?
- ♦ ¿Qué conclusión se podría generar a partir de los casos de estudio presentados en este documento y relacionados con el estado de la problemática de calidad del aire en espacios interiores en Colombia?
- ♦ ¿Qué recomendaciones de Ingeniería daría usted para mejorar la calidad del aire en un espacio intramural?

CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES

A través de la presentación de este caso de estudio se quiere contextualizar el fenómeno de contaminación del aire como problemática ambiental relevante en nuestro país. A pesar de los proyectos presentados y de las contundentes conclusiones obtenidas, el diagnóstico frente a esta problemática, es aún limitado en Colombia y solamente con la continuación de estudios técnicos para determinar la exposición a concentraciones de contaminantes atmosféricos en espacios cerrados, se desarrollará, seguramente, un nuevo y mejor conocimiento de esta materia y se garantizará el contar con evidencia técnica que fundamente la implementación de mejores políticas ambientales con un impacto en salud pública, importante.

La problemática de contaminación intramural tiene también implicaciones significativas en lo que se refiere a códigos y políticas de construcción de vivienda en el país (en especial para el caso de vivienda de interés social). En particular, para Colombia urge involucrar conceptos de vivienda saludable que permitan mejorar no solo las condiciones de habitabilidad, sino también de salubridad en estos espacios. Lo anterior se puede lograr, por ejemplo, a través de requerimientos más estrictos para dimensiones mínimas de espacios al interior de las viviendas y de requerimientos mínimos de presencia de ventanas o puertas y de otros elementos que favorezcan la ventilación al interior de estas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Banco Mundial (BN) (2007). Prioridades Ambientales para la Reducción de la Pobreza en Colombia: un análisis ambiental del país para Colombia. Versión en español: Editorial Mayol.

Kim, J. J. Ambient Air Pollution: health hazards to children". Pediatrics. Vol. 114, 2004. pp. 1699-1707.

Organización Panamericana de la Salud (OPS) (2005). Evaluación de los Efectos de la Contaminación del Aire en la Salud de América Latina y el Caribe. Disponible en: <http://www.bvsde.paho.org/bvsea/fulltext/contaminacion/indice.pdf>

Organización Mundial de la Salud (OMS) (2007). Energía Doméstica y Salud: combustibles para una vida mejor. http://www.who.int/indoorair/publications/fuelforlife_es.pdf Schwartz, J. (2004). Air Pollution and Children's Health. Pediatrics. Vol. 113, 1037-1043.

Universidad de los Andes (UNIANDES) (2008). Caracterización de la Exposición a Contaminantes Atmosféricos en Ambientes Interiores Relacionados con el Uso de Gasodomésticos. Disponible en: <http://ingenieria.uniandes.edu.co/grupos/sur/images/Informes/contaminacioninterioresgasodomeesticos.pdf>

Universidad de los Andes (UNIANDES) y Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT) (2008). Fundamentos de Contaminación del Aire: conceptos generales, definiciones y política ambiental. Disponible en: <http://web2006.minambiente.gov.co:8091/Default.aspx>

Universidad de los Andes (UNIANDES) y Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT) (2010). Caracterización de la Exposición a Contaminantes Atmosféricos en Ambientes Intramurales.

World Health Organization (WHO) (2005). Air Quality Guidelines Global Update. Disponible en: http://whqlibdoc.who.int/hq/2006/WHO_SDE_PHE_OEH_06.02_eng.pdf

CASO 2.

MICROGENERACIÓN DE ACEITES USADOS Y GESTIÓN DE RESIDUOS PELIGROSOS

Autor: Ing. MSc. José Alejandro Martínez S.
Docente Facultad de Posgrados, Universidad EAN
Grupo de Investigación en Gestión Ambiental
Correo electrónico: jamartinez@ean.edu.co

INTRODUCCIÓN

Los residuos generados por el desarrollo de actividades industriales, agrícolas, de servicios y aun domésticas, constituyen un tema ambiental de especial importancia debido a que las cantidades y volúmenes, en el marco de una sociedad que crece y se desarrolla, cada vez son mayores y presentan nuevos retos; el desarrollo de nuevos procesos, nuevos materiales o nuevas sustancias cada día traen beneficios a la sociedad, pero a su vez, implican un trabajo mayor y es garantizar que al final del ciclo de vida del producto, esos materiales, ahora convertidos en residuos, no impacten el medio ambiente de forma negativa.

Los residuos peligrosos – Respel, considerados así debido a sus características físico químicas que les confieren propiedades de corrosividad, explosividad, toxicidad, inflamabilidad, patogeneicidad o radiactividad, tienen también la misma tendencia expuesta; por ello, el reconocimiento de lo que se genera (caracterización) y de cuanto se genera (cuantificación) es vital para el desarrollo de una adecuada gestión; la falta de diagnósticos sobre la generación de Respel, la ausencia de mecanismos de control por parte de las autoridades ambientales, la deficiencia en prácticas operacionales empresariales, el inadecuado manejo (almacenamiento, transporte, tratamiento y/o disposición final), entre otros, son elementos que agravan la situación y hacen que el riesgo para el ambiente, para los seres vivos y para nosotros los humanos, sea mayor por cuenta de la exposición.

Con la entrada en vigor de la normativa ambiental en Colombia para la gestión de residuos peligrosos en el año 2005, surge la necesidad de realizar la gestión integral de los Respel con la participación de cada uno de los actores identificados en la cadena, con el fin de generar alternativas de solución respecto a la problemática de la industria. Sin embargo, la realidad en cuanto al manejo y gestión ambiental de los residuos peligrosos en el país es de difícil desarrollo para casos como los de los pequeños generadores de aceites usados, entre los que se ubican establecimientos como lubricentros, talleres y centros de reparación. Dichos establecimientos presentan falencias frente al manejo de los residuos peligrosos y en especial de los aceites usados, lo que genera una grave afectación de los recursos naturales, sociales y económicos de la ciudad.

OBJETIVO PEDAGÓGICO

Presentar las características de un sistema de microgeneración de residuos peligrosos (aceite usado) y las directrices para su gestión.

DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE LA EMPRESA

De acuerdo con el Informe de gestión del año 2008 de la Autoridad Ambiental de Villavicencio y la Corporación para el Desarrollo del Área de Manejo Especial La Macarena (CORMACARENA), se identificaron 144 empresas generadoras de aceite usado en el departamento del Meta, ubicadas principalmente en el municipio de Villavicencio.

Según la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos -EPA, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y otras autoridades ambientales, para la década de los 90's, el aceite de motor se reutilizaba o se desechaba de tal forma que ni protegían el ambiente ni preservaban su valor como recurso; el riesgo asociado a la forma de manejo de cualquier Respel (exposición) y a la peligrosidad del mismo depende de tres grandes factores, que aplican en este caso para el aceite usado, tal y como se presenta en la Figura 1:

Figura 1 – Gestión del riesgo en el manejo de residuos peligrosos



Fuente: Martínez S. José A. Memorias de curso “Gestión Integral de Residuos Sólidos”. Costa Rica, 2012

Los aceites son considerados potencialmente peligrosos para el ambiente debido a su persistencia y su habilidad para esparcirse en grandes áreas de suelo y del agua, formando una película que no permite el ingreso de oxígeno, lo que produce rápidamente una significativa degradación de la calidad del ambiente. En el caso de los aceites usados existe el riesgo adicional de la liberación de los contaminantes tóxicos presentes, como es el caso de los metales pesados.

El vertido de aceite en el terreno, además de contaminar el suelo, puede infiltrarse y contaminar el agua subterránea, escurrir o ser arrastrado por el agua de lluvia y contaminar los cursos de aguas. Las afectaciones en el ambiente se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1 . Afectación del aceite lubricante usado sobre los componentes ambientales

COMPONENTE	AFECTACIÓN
AIRE	De acuerdo con las condiciones ambientales, las sustancias volátiles pueden entrar directamente al aire y dispersarse sin ningún control, o iniciar un proceso más complejo de precipitación y absorción en el suelo. Se debe controlar la temperatura, la presión de vapor y la diferencia de concentración existentes entre la fase líquida y la gaseosa.
AGUA	El aceite usado y los elementos contenedores de este interactúan con los medios atmosféricos (por volatilización, evaporación o fotólisis) y subterráneos (por hidrólisis, adsorción, sedimentación, precipitación y disolución). La vida acuática se afecta directamente, debido a que las sustancias se depositan, concentran y acumulan en el subsuelo y contaminan la flora que sirve de alimento a estos animales.
SUELO	Las diferentes descargas se absorben, filtran y lixivian hacia estratos inferiores del suelo o a las aguas subterráneas. El recorrido del aceite lubricante usado en el suelo revierte gran importancia, puesto que este es fuente de alimento y agua para la fauna, la flora y consecuentemente el ser humano.

Fuente. Adaptado de ACERCAR, 2004

Del análisis realizado sobre una muestra de la población total de empresas en el departamento del Meta, se pudo obtener la siguiente información general que sirve como base del diagnóstico:

- ♦ El 63% de la muestra son talleres; de ellos, predominan por su gran importancia, la atención mecánica de las motos, seguido por las servitecas con el 32%; las estaciones de servicio a pesar de su importancia y número, tienen en muy pocas oportunidades zonas de lubricación ya que su labor principal es la venta de combustible o gas natural vehicular, y por esta condición, para el caso de estudio, no son una fuente principal de generación de aceite usado.
- ♦ El 95% de la muestra maneja aceite lubricante automotor y el restante 5% maneja, junto con el aceite automotor, otros aceites como los hidráulicos.
- ♦ El 52% de la muestra tiene un aproximado de generación inferior a 30 galones por mes, lo que denota que la generación pequeña y la microgeneración es la tendencia en estos establecimientos.
- ♦ El 68% de la población analizada utiliza como tanque de almacenamiento elementos de plástico y un 32%, metálico; en su gran mayoría los recipientes se encuentran en malas condiciones.
- ♦ El 100% de la muestra analizada entra en contacto directo, sin ningún tipo de elementos de protección personal, con el aceite usado, revelando la afectación sobre la salud humana a la cual están expuestos a diario.
- ♦ Un 79% de la muestra revela que no conoce las normas de seguridad, lo que evidencia un desconocimiento de los manuales, las leyes y demás normas que están relacionados con la gestión del aceite usado.

Además de lo anterior, se presenta una situación que requiere manejo y atención: lo más preocupante es que un 63% de la muestra entrega el aceite usado a recolectores informales, en su gran mayoría, personas sin los elementos y condiciones necesarias para un transporte y aprovechamiento adecuado de este; por otra parte, no se maneja una trazabilidad para el manejo y posterior aprovechamiento del aceite, lo que genera incertidumbre en su gestión.

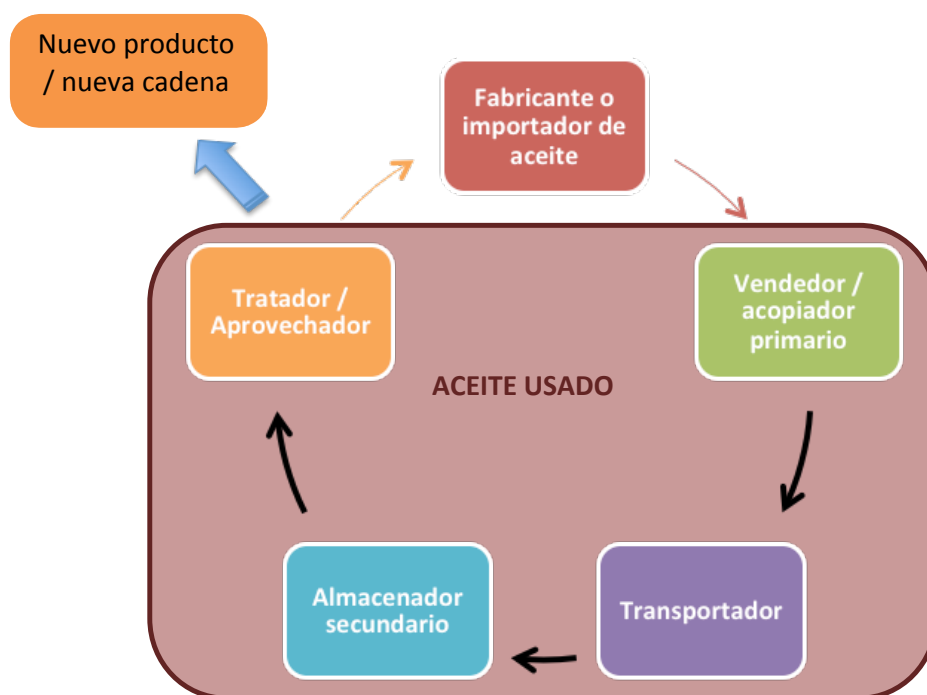
PREGUNTAS ORIENTADORAS

- ♦ ¿Cuáles son los actores involucrados bajo el concepto de la Política Nacional de Producción y Consumo Sostenible?
- ♦ ¿Cuáles son las etapas que debería tener el sistema de gestión de aceites usados para microgeneradores?
- ♦ ¿Cómo valorizar de una forma adecuada los aceites usados recolectados?

PLANES DE ACCION PROPUESTOS

En la identificación de los actores, es indispensable realizar un análisis bajo la metodología de ciclo de vida del producto, puesto que este permite identificar tanto las oportunidades como los riesgos de un producto o tecnología nueva, desde la materia prima hasta el proceso de desecho (u opciones de aprovechamiento). Desde esta perspectiva, es sencillo poder identificar los actores, como se muestra en la figura 2.

Figura 2. Actores en la cadena de manejo del aceite usado



Fuente. El autor, 2012

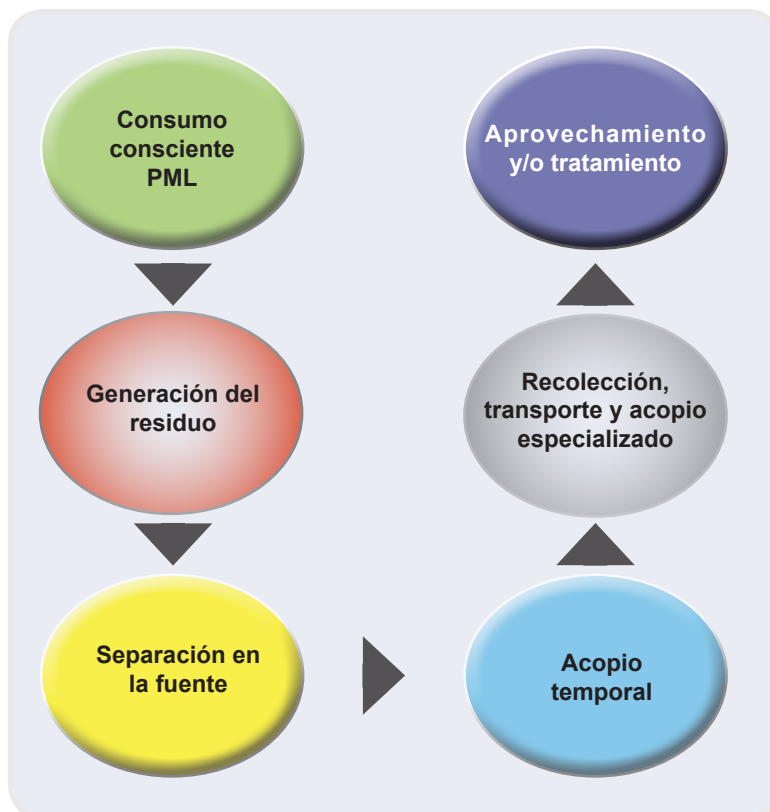
Sin embargo, las responsabilidades de cada uno de los actores son diferentes, y el papel que cumplen los generadores debe ser tenido en cuenta en el marco de un análisis completo de la situación de microgeneración de aceites usados.

Las etapas de manejo para los aceites usados no se diferencian en gran medida de las etapas que tiene cualquier manejo de residuos peligrosos a nivel de su gestión; no obstante, es necesario fortalecer las medidas de gestión interna (acopiadores primarios) garantizando un manejo adecuado de los mismos, conforme con medidas básicas de salud ocupacional y seguridad industrial.

Así mismo, la separación en la fuente o almacenamiento correcto del aceite automotor usado (y las medidas tendientes a evitar su mezcla con otros fluidos producidos durante el mantenimiento de los vehículos) es una actividad importante que garantiza el tratamiento y aprovechamiento de este y la calidad del producto final. De otra parte, se deben tomar medidas en la gestión externa, que garanticen que el camino hacia el aprovechamiento o la disposición final sea el adecuado, así como la trazabilidad del

aceite, hasta llegar a un nuevo producto o a su tratamiento y disposición final. Como elemento orientador, se presenta la Figura 3:

Figura 3. Actores en la cadena de manejo del aceite usado



Fuente. Martínez S. José A. Memorias de “Curso Básico de Ingeniería Ambiental”. Especialización en Gestión de Residuos Sólidos, Universidad EAN, 2012

Para la valorización del aceite usado es importante usar métodos y tecnologías que minimicen el impacto ambiental negativo y que permitan obtener un producto aprovechable que alargue el ciclo de vida del aceite lubricante. El aceite lubricante usado normalmente puede aprovecharse así:

- ♦ Como combustible para uso industrial (para lo cual se deben retirar la humedad, los sólidos y algunos compuestos suspendidos que dan características de acidez al futuro combustible).
- ♦ Como insumo en la fabricación de plastificantes, fluidos para temple e inmunización de maderas.
- ♦ Como insumo para la producción de nuevos lubricantes (convirtiéndose nuevamente en una base lubricante).

También es necesario tener en cuenta que deberán manejarse como residuos peligrosos los lodos generados por el procesamiento, cumpliendo con todas las normas establecidas para este tipo de residuo, incluyendo la solicitud de licencia ambiental para el tratamiento/aprovechamiento de residuos peligrosos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACERCAR Unidad de Asistencia Técnica Ambiental para Pequeña y Mediana Empresa -ACERCAR. (2004). Oportunidades de producción más limpia en el sector de servicio automotor. Bogotá.

Aldana, C.; Jimenez L. (2011). Estudio de la factibilidad comercial para el montaje de una planta de tratamiento de aceite usado en el municipio de Villavicencio. Proyecto de grado para optar al título de Ingeniería Ambiental. Universidad EAN..

Corporación para el Desarrollo del Área de Manejo Especial La Macarena – CORMACARENA.(2008). Informe de gestión del año 2008. Villavicencio, Meta.

Martínez S. J. (2012). Memorias de curso “Gestión Integral de Residuos Sólidos”. San José de Costa Rica: Universidad EAN

Martínez S. J. (2012). Memorias de “Curso Básico de Ingeniería Ambiental. Especialización en Gestión de Residuos Sólidos, Universidad EAN..

MINISTERIO DE AMBIENTE VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. (2006), Manual Técnico para el Manejo de Aceites Lubricantes Usados, 28 p.

MINISTERIO DE AMBIENTE VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. (2005). Política Ambiental para la Gestión Integral de Residuos o Desechos peligrosos, 18P

Revisiones en Internet

<http://www.epa.gov>, Manejando Aceite Usado Consejos para Empresas Pequeñas, Noviembre de 1996. Revisado en Abril de 2011.

CASO 3.

MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS -RSO- DERIVADOS DEL CORTE DE ZONAS VERDES EN EL NORTE DE BOGOTÁ D.C., COLOMBIA

Marco Tulio Espinosa López
maespinosa@udca.edu.co

William Fernando Castrillón Cardona
wfcastrillon@yahoo.com

INTRODUCCIÓN

En Colombia, se producen aproximadamente 11 millones de toneladas anuales de residuos sólidos, con un contenido superior al 60% de orgánicos. Dichos residuos generan deterioro del medio ambiente, contaminación del agua, contaminación atmosférica, bolsas de metano con riesgos de explosión y gases de efecto invernadero; económicamente implican costos de recolección, transporte y disposición final, que son cada vez mayores.

En este caso se presentan cuatro alternativas biotecnológicas para el tratamiento de residuos sólidos provenientes de la poda de las zonas verdes de Bogotá. Se estudió el efecto de los biotratamientos y un sistema convencional de compostación, sobre el pH, temperatura, humedad, peso y relación C/N. Se determinó que existían diferencias significativas entre tratamientos y se encontró que el uso de microorganismos de la casa SISVITA dio los mejores resultados. La materia orgánica se transformó en compost y se cumplió con todos los requerimientos de la Norma Técnica Colombiana 5167/004, en cuanto a características de humedad, pH, y relación C/N.

La palabra compost tiene su origen del latín “componer o juntar”; por lo tanto, se define de manera general, como la reunión de restos orgánicos que sufren una transformación a través de la oxidación biológica secuencial que convierte materia orgánica heterogénea en un producto homogéneo (Avendaño, 2003).

OBJETIVO PEDAGÓGICO

Dar a conocer alternativas viables para el aprovechamiento y la valorización de los residuos sólidos orgánicos, con el fin de disminuir las cantidades a disponer en el relleno sanitario.

DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

La Guía Técnica Colombiana, GTC 53-7/2000 ICONTEC, para el Aprovechamiento de Residuos Orgánicos no Peligrosos brinda pautas para el manejo adecuado y el aprovechamiento de estos residuos, con el propósito de que dejen de ser una carga para la sociedad, y se vuelvan un recurso de importante valor económico y productivo, convertidos en compost, lombricompost, gas metano o alimento animal.

En Bogotá, los residuos vegetales, producto del corte y poda del césped de zonas verdes por ciclos de 30 a 45 días, constituyen 3.220 toneladas. Sin embargo, no se generan alternativas para el aprovechamiento de este tipo de residuos orgánicos.

En este trabajo se analizaron cuatro tratamientos biotecnológicos para transformar residuos provenientes del corte de césped de zonas verdes, en compost y se midieron varios parámetros para determinar su calidad.

Se define como línea base de la investigación el informe de Ruiz J. de la Universidad Nacional para la Unidad Ejecutiva de Servicios Públicos UESP, sobre los ensayos de laboratorio realizados al césped cortado en zonas públicas de Bogotá D.C, en el 2004, cuyos resultados concluyen que esas fracciones ***“son materiales aptos para la producción de compost”***.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los tratamientos fueron:

Tratamiento 1 Bioterre Sisvita Bitechologic S.A. Líquido

Tratamiento 2 Sistema convencional sin adición de microorganismos

Tratamiento 3 Biooma Compost Biooma S.A. Polvo mojable

Tratamiento 4 Mides 100 Agrobiológicos Londoño Líquido

La actividad de los microorganismos comprometida en el compostaje está dirigida a la síntesis de protoplasma, el cual contiene 50% C, 5% N y 0.25 a 1% P con base en materia seca (Alexander, 1977). Los microorganismos, en general, utilizan 30 partes de carbono por cada parte de nitrógeno (Waskman, 1938 citado por Mathur, 1991).

Los parámetros más importantes para evaluar la calidad del compost se pueden dividir en: físicos, químicos, órgano-biológicos y patógenos.

Los parámetros físicos son:

- a. Tamaño de partícula tamizado por 16.4 y mm
- b. Densidad aparente masa/volumen
- c. Material inerte separación manual
- d. Humedad pérdida de masa a $70 \pm 5^\circ\text{C}$
- e. Conductividad eléctrica

Los parámetros químicos son:

- a. Carbono orgánico
- b. Nitrógeno total
- c. Metales pesados totales
- d. pH

Como sustrato se usó el pasto kikuyo, *Pennisetum clandestinum*. El kikuyo es una gramínea robusta e invasora, con hojas de un color verde, que se extienden por el rizoma. Tiene un ciclo de vida perenne; altitudinalmente se distribuye desde los 1.350 a los 3.100 msnm; su contenido de humedad está por el orden del 85% a los 30 días y del 83% a los 45 días (Ramírez, 2002).

Se tomaron, aleatoriamente, 10 muestras provenientes de zonas verdes del campus de la UDCA, (Tabla 1). No se encontraron diferencias significativas en la relación de los contenidos de carbono y nitrógeno entre las muestras (el intervalo estuvo entre 10.3 y 13.3 no siendo mayor la diferencia en valor absoluto a dos puntos, valor sugerido por la teoría disponible); (Sztern, 1999), por tanto, es válido seleccionar como sustratos, los residuos de corte de jardines y zonas verdes de la UDCA.

Tabla 1. Relación C/N para diferentes muestras de kikuyo *Pennisetum clandestinum*

MUESTRA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Promedio
C/N	11.7	10.3	12.1	11.7	12.2	10.4	9.7	13.3	11.9	12.3	11.56

El trabajo se realizó en las instalaciones de la UDCA, sede El Remanso, Bogotá, a 2.650 m.s.n.m, en un galpón para porcicultura. En el sitio, la temperatura promedio anual es de 14°C, con una precipitación promedio anual de 730 m.m, y una humedad relativa de 77%.

Para cada uno de los cuatro biotratamientos se generaron tres réplicas; los datos registrados en las gráficas corresponden a los promedios obtenidos de los biotratamientos y sus réplicas. Semanalmente, se realizó un volteo mecánico con pala a los tratamientos 1, 2, 3 y 4; para cada uno se tenían elementos de trabajo independientes con el fin de prevenir la contaminación cruzada. Esto se hizo para favorecer la aireación.

Dada la variación lenta y gradual del pH, durante el proceso experimental, se infiere una adecuada aireación para la degradación aeróbica de la materia orgánica (Cariello, 2007) y, por tanto, se espera una calidad adecuada del producto final en lo que a este parámetro se refiere.

El análisis de varianza de los datos de pH para los cuatro tratamientos aeróbicos sugiere que no existen diferencias significativas. En cuanto a la relación carbono/nitrógeno, todos los datos sugieren que esta se encuentra por debajo de lo establecido en la teoría y referencias encontradas, que debe ser de 25:1 (25 partes de carbono por 1 de nitrógeno, Sztern, D. 1999).

Es necesario anotar que no se observó lixiviación y que las casas comerciales aseguran que sus productos tienen, entre otras virtudes, la disminución en la producción de lixiviados. La variación de humedad de los tratamientos se observa en la figura 2.

Figura 1. Variación del pH de cada uno de los cuatro tratamientos en cuatro fechas de muestreo

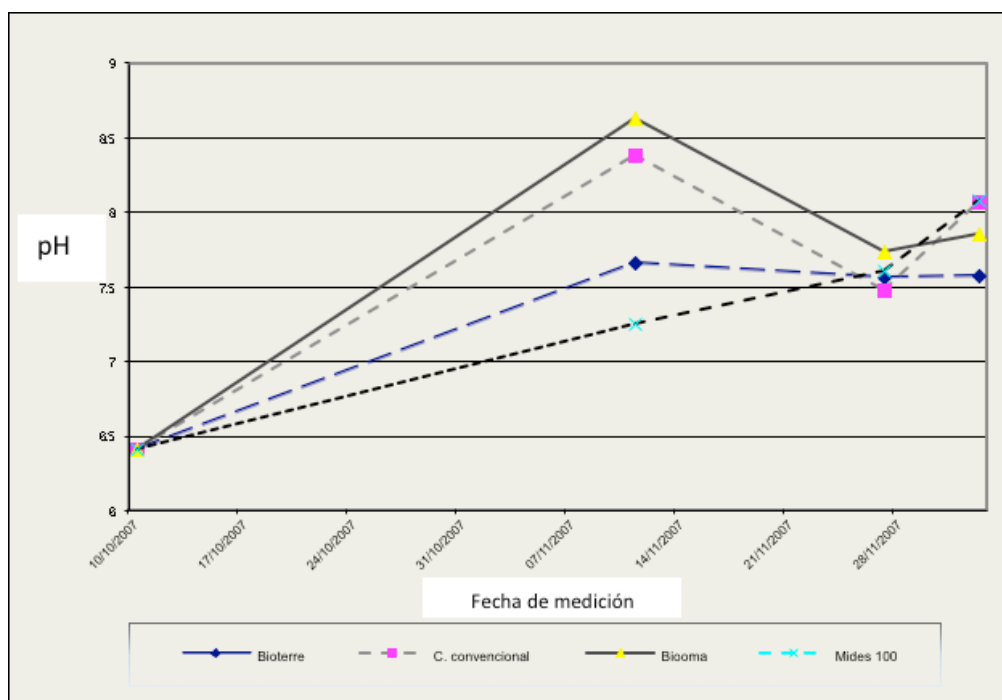


Figura 2. Variación del porcentaje de humedad de los cuatro tratamientos en cuatro fechas de muestreo

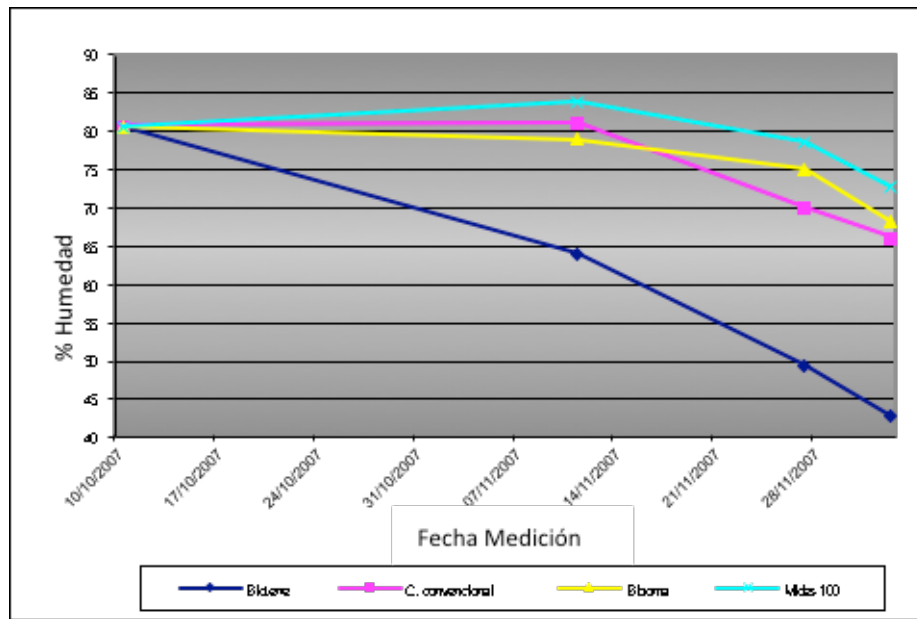


Figura 3. Variación de la temperatura en grados centígrados de los cuatro tratamientos en siete fechas de muestreo

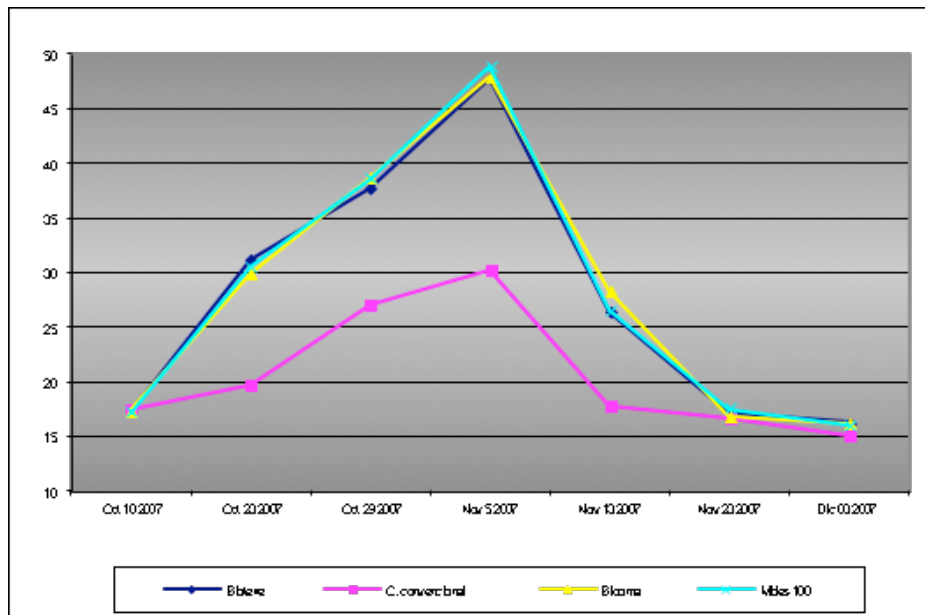
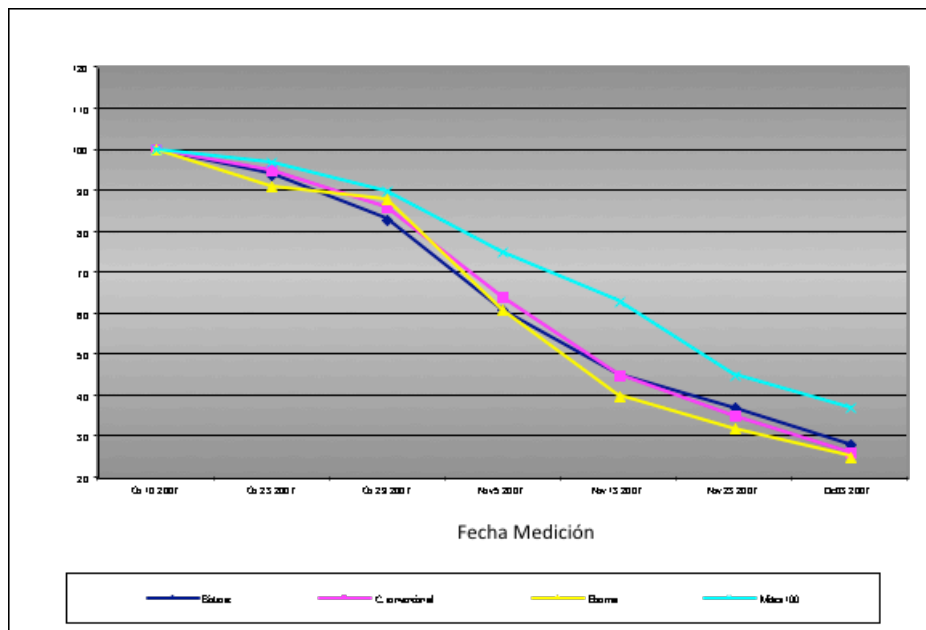


Figura 4. Variación del peso en kilogramos de los cuatro tratamientos en siete fechas de muestreo



PREGUNTAS ORIENTADORAS

- ♦ ¿Cuáles son los objetivos de la política nacional colombiana para la gestión integral de los residuos sólidos?
- ♦ ¿Cuál es el componente de mayor peso específico de los RSU?
- ♦ ¿Qué alternativas se pueden implementar para el manejo y la gestión de la fracción orgánica putrescible de los RSU en Colombia?
- ♦ ¿Qué papel puede desempeñar la biotecnología en esta situación problemática?

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La conversión de nitrógeno orgánico a inorgánico, se hace a través de rutas de nitrificación expresadas en el ciclo biogeoquímico del nitrógeno, siendo este paso uno de los principales procesos aeróbicos que ocurren con facilidad a pH neutros y en presencia de un sustrato con suficiente humedad, aumentando la tasa de nitrificación por la presencia de materia orgánica rica en proteínas (Madigan, et al, 2001).

La relación C/N de la masa, es un factor importante por controlar para obtener una degradación adecuada; en el proceso de compostaje, es importante evitar valores altos de esta relación ya que impiden que se desarrolle una actividad microbiana extensa, retrasando el proceso.

El análisis de la relación C/N para los cuatro tratamientos aeróbicos indica que no existen diferencias significativas entre estos, pero que la relación inicial no es la mejor para hacer más eficiente el proceso. Reportes de la literatura establecen mezclas de sustratos que favorecen la cantidad de carbono presente o que pueden ser fuentes de nitrógeno, y, por lo tanto, permiten mejorar el sustrato para el proceso de compostación; este conocimiento brinda la posibilidad de balancear mezclas de residuos para hacer el proceso más eficiente en términos de tiempo.

En relación con el porcentaje de humedad, se partió de un sustrato con el 80.7% ; a medida que transcurría el tiempo, dicho porcentaje iba disminuyendo, lo cual implica que el peso también disminuye; esta pérdida de peso, de acuerdo con la literatura, se debe a la producción de compuestos como bióxido de carbono y evaporación de agua; la humedad óptima en la primera fase del compostaje, debe oscilar entre el 40 y 60% del peso total. La temperatura en el proceso de compostación es un buen indicador de la actividad microbiana, lo que justifica su medición con intervalos de 15 días.

La temperatura tiene efecto y es resultado del crecimiento bacteriano, por lo que se constituye en un parámetro útil para la medición del proceso de descomposición. El análisis de los resultados de esta variable para los cuatro tratamientos aeróbicos, concluye que existen diferencias significativas entre los tratamientos Bioterre, Biooma y Mides 100 frente al tratamiento convencional, el cual, apenas sobrepasó los 30 °C. En relación con el pH, se alcanzan valores neutros o ligeramente alcalinos y el rango obtenido se encontró entre 7.5 y 8.

Referente a las características físicas, el compost obtenido de cada uno de los tratamientos, mantiene la calidad adecuada para el compost maduro. No obstante, es importante aclarar que el compost obtenido de los tratamientos Sisvita Bioterre, Biooma y Mides 100 presentó textura granulosa, color café oscuro, apariencia y olor semejante a la tierra, evidencias de madurez.

El tratamiento del compostaje convencional presenta parte de las fibras sin descomponer, provenientes del sustrato, comprobando una degradación incompleta de la materia orgánica.

Con estos resultados, es posible afirmar que los tratamientos biotecnológicos empleados en la presente investigación favorecen la transformación de la materia orgánica hacia un compost maduro, en contraste con los resultados obtenidos a través de un proceso de compostaje convencional.

De acuerdo con la hipótesis planteada se puede concluir que entre los tratamientos, hay diferencias significativas, si se comparan las variables, temperatura, humedad y peso, lo que evidencia que los biotratamientos favorecen el incremento de la temperatura, así como un ambiente apropiado para el desarrollo de las poblaciones bacterianas, aumentando la tasa de descomposición; para el tratamiento prebiótico Bioterre Sisvita, la variación de humedad es significativa, respecto a la de los otros tratamientos, llegando a niveles de humedad óptimos para la calidad del producto final.

Es necesario, para el proceso de compostación del pasto kikuyo, elevar los contenidos de carbono, ya que los residuos de corte presentan un alto contenido de nitrógeno, comparado con otros sustratos, y hace que la relación C/N sea baja; para ello, se pueden utilizar mezclas con otros sustratos, como: aserrín, estiércol de caballo, virutas de la madera o periódico. Los diferentes biotratamientos ofrecen resultados favorables para los procesos de transformación del sustrato en compost, aunque el tratamiento Bioterre Sisivita, es el que más se aproxima en calidad a la norma NTC 5167, para las variables estudiadas.

De conformidad con los resultados, se deduce que es positiva la incorporación de microorganismos en el proceso de compostaje en el pasto Kikuyo, pues se obtiene un producto compost de calidad, dentro de los parámetros de la norma y en un menor tiempo que el del método tradicional.

CASO 4.

PANORAMA DEL MANEJO DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN (RCD) Y SU APROVECHAMIENTO

Autor: Ing. MSc. José Alejandro Martínez S.
Docente Facultad de Posgrados, Universidad EAN
Grupo de Investigación en Gestión Ambiental
Correo electrónico: jamartinez@ean.edu.co

INTRODUCCIÓN

No existe duda alguna de que el ser humano es generador del gran y progresivo deterioro del planeta Tierra. El continuo crecimiento demográfico, hace que la demanda de recursos naturales sea cada vez mayor, y que necesitemos más asentamientos donde vivir; es decir, se están ocupando áreas más extensas, con grandes construcciones y vías para una adecuada movilidad de la población. Con el crecimiento demográfico, surge la continua necesidad de edificaciones que satisfagan las necesidades básicas y de esparcimiento y recreación de los seres humanos, tales como hospitales, centros educativos, vías de transporte, vivienda, centros comerciales.

De igual forma, así como hemos venido construyendo, también hemos venido destruyendo. Todas estas construcciones generan desechos, a los cuales no se les está dando una apropiada disposición final: esto conlleva un aumento en la contaminación de los ecosistemas, alterando seriamente, no solo el hábitat de especies animales y vegetales, sino también el nuestro.

A partir de esta reflexión, se pretende mostrar la problemática resultante de la mala disposición de residuos de la construcción y de la demolición, y sus consecuencias negativas, tanto de carácter social, como ambiental para la comunidad; así mismo, se plantea la necesidad de realizar un análisis de la situación actual de la región y cómo esta afecta a sus habitantes y al ambiente, y a partir de guías y soluciones de países con más experiencia en esta problemática, encontrar la forma de construir una solución integral que se ajuste a las circunstancias del país.

OBJETIVO PEDAGÓGICO

Presentar la problemática alrededor del manejo de los residuos de construcción y demolición, con miras a plantear propuestas para su gestión y manejo.

DESCRIPCION DEL PROCESO DE LA EMPRESA

Se consideran residuos de construcción y demolición (RCD) aquellos que se generan en el entorno urbano y no se encuentran dentro de los comúnmente conocidos como Residuos Sólidos Urbanos (residuos domiciliarios y comerciales, fundamentalmente), ya que su composición es cuantitativa y cualitativamente distinta.

Se trata de residuos, básicamente inertes, constituidos por tierras y áridos mezclados, piedras, restos de hormigón, restos de pavimentos asfálticos, materiales refractarios, ladrillos, cristal, plásticos, yesos, ferro mallas, maderas y, en general, todos los desechos que se producen por el movimiento de tierras y construcción de edificaciones nuevas y obras de infraestructura, así como los generados por la demolición o reparación de edificaciones antiguas.

El término de residuo de la construcción es muy amplio y dentro del mismo cabe diferenciar claramente tres subgrupos:

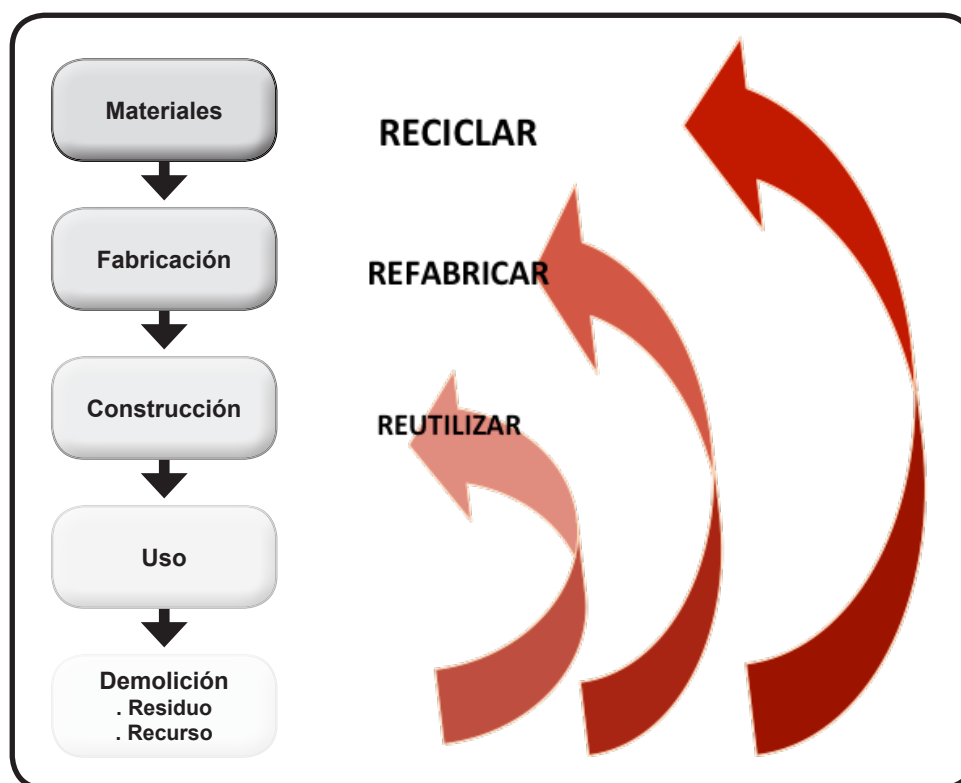
- ◆ Residuos procedentes de la demolición, ya sea de edificios, obras públicas, carreteras, etc.
- ◆ Residuos de excavaciones y movimientos de tierra, básicamente arcillas, tierras, arenas, etc. que resultan sobrantes a la hora de ejecutar la obra.
- ◆ Residuos mixtos que se generan durante la construcción:
 - . Restos de concreto.
 - . Restos de ladrillo y mortero de pega.
 - . Restos de material cerámico.
 - . Restos de tuberías plásticas.
 - . Madera.
 - . Empaques de materiales.

En la demolición de obras antiguas o que han sufrido daños irreparables por causas externas, se generan, obviamente, cantidades de residuos que suelen ser más variados. Por ejemplo, a los anteriores, se les suman también restos de manto asfáltico, tejas de arcilla cocida, aluminio y morteros de revoque. Estos residuos son más difíciles de tratar, que los producidos en la construcción nueva, porque al no contar con programas de recuperación de escombros, no se demuele selectivamente, sino que se vierten a un mismo sitio, contaminando los susceptibles de ser aprovechados y disminuyendo así la posibilidad de su reciclaje o reutilización.

La industria de la construcción y demolición es el sector que más volumen de residuos genera, siendo responsable de la producción de más de 1 tonelada de residuos por habitante y año; se necesitan más de 2 toneladas de materias primas por cada m² de vivienda que se construye. La cantidad de energía asociada a la fabricación de los materiales que componen una vivienda puede ascender, aproximadamente, a un tercio del consumo energético de una familia durante un periodo de 50 años (Castell, 2000).

La siguiente figura resume el ciclo de vida de una obra de construcción:

Figura 1. Ciclo de Vida de una Construcción



Fuente. El Autor, 2012.

IMPACTOS ASOCIADOS AL MANEJO DE LOS RCDs

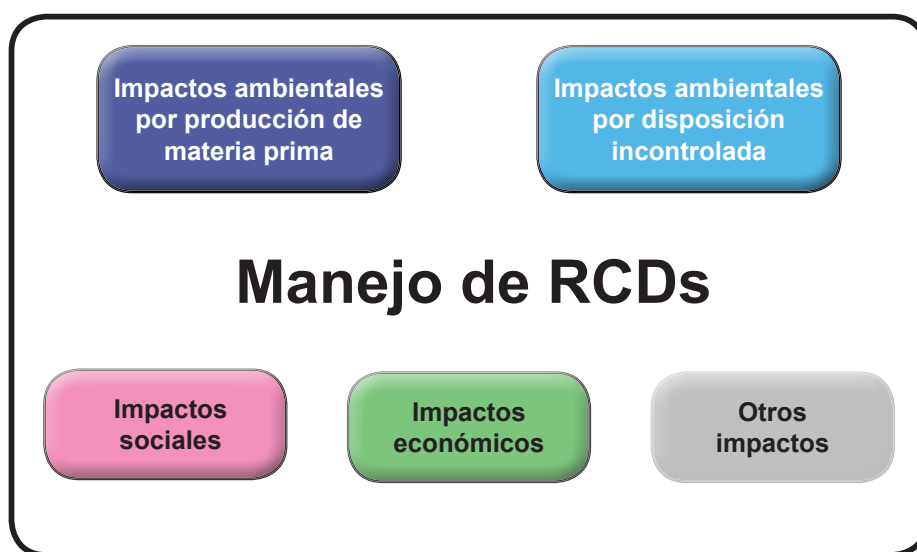
Los residuos de las obras de construcción pueden tener diferentes orígenes: la propia puesta en obra, el transporte interno desde la zona de acopio hasta el lugar específico para su aplicación, unas condiciones de almacenaje inadecuadas, embalajes que se convierten automáticamente en residuos, la manipulación, los recortes para ajustarse a la geometría, etc.

El impacto asociado a los residuos de construcción (ver Ilustración 2) está relacionado con:

- ♦ La disposición sin control.
- ♦ Los sitios de disposición autorizados, sobre todo si en ellos no se lleva a cabo una gestión correcta.
- ♦ El transporte de los residuos a los sitios de disposición o aprovechamiento.
- ♦ La sobre-explotación de recursos naturales por la carencia de reutilización y reciclado de los RCD.

Es bien importante mencionar como, el no aprovechamiento de los RCD, aumenta la necesidad de extraer materias primas y de esta forma colaborar con todos los impactos ambientales referentes a su extracción, principalmente los áridos, los metales y maderos como fuente energética.

Figura 2 – Impactos asociados al manejo de RCD



Fuente. El Autor, 2012.

Los áridos más utilizados provienen, básicamente, de las canteras y graveras que se encuentran en el medio natural, de las montañas y de los antiguos meandros de los ríos; es decir, se extraen del suelo. Uno de los más utilizados en construcción son las arenas de río, las cuales son de origen silíceo y se obtienen por bombeo desde el lecho del río; por lo general, se comercializan en el mercado en tres tamaños, de acuerdo con su granulometría: fina, mediana y gruesa.

Existen también arenas de río de montaña, las cuales están compuestas por granulometrías variadas y se obtienen en excavaciones a cielo abierto (al igual que los metales usados en la construcción); todo esto afecta el régimen hidráulico en los ríos, los cuales son expuestos a procesos de explotación de áridos.

Todos los métodos de extracción minera producen algún grado de alteración de la superficie y de los estratos subyacentes, así como de los acuíferos. Los impactos de la exploración y pre desarrollo, usualmente, son de corta duración e incluyen:

- ♦ Alteración superficial causada por los caminos de acceso, hoyos y fosas de prueba, y preparación del sitio.
- ♦ Polvo arrojado a la atmósfera, proveniente del tráfico, la perforación, excavación.
- ♦ El ruido y emisiones de la operación de los equipos diesel.
- ♦ Alteración del suelo y de la vegetación, ríos, humedales, recursos culturales o históricos y acuíferos de agua freática.
- ♦ Conflictos con los otros usos de la tierra.

Los sistemas de producción industrializada y los avances en tecnologías y en los sistemas de transporte han conseguido bajar los precios de los materiales de construcción hasta tal punto, que en muchas ocasiones los excedentes de las obras no se aprovechan, sino que se convierten directamente en residuos destinados a disposición final.

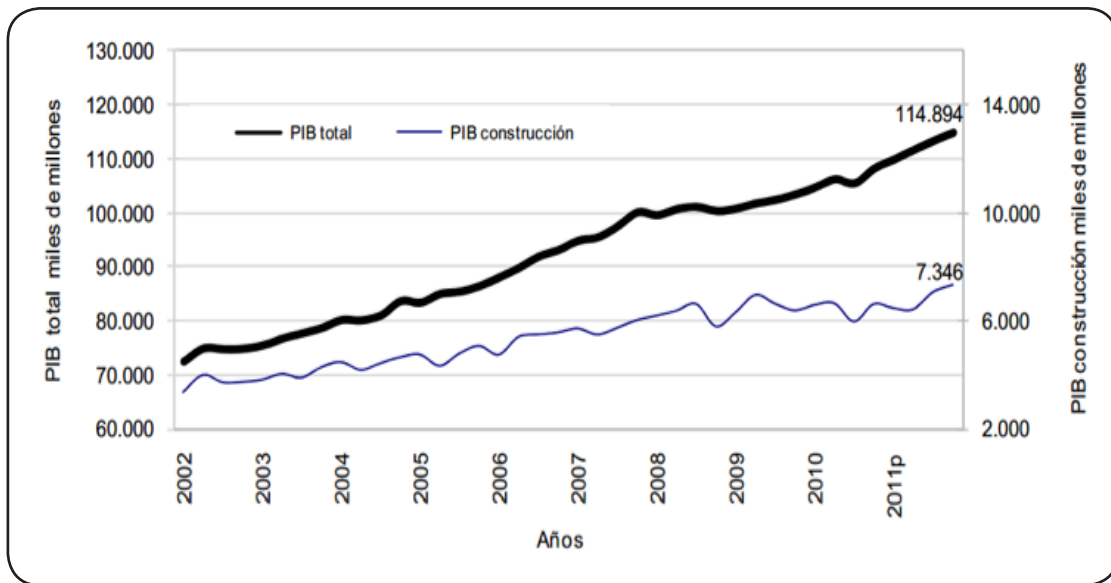
Actualmente, se está fomentando la producción de materiales de nueva generación, con mayores prestaciones, que requieren de un elevado consumo de recursos y de energía, y tienen el inconveniente de emitir una mayor cantidad de contaminantes a la atmósfera, al agua y al suelo.

GENERACIÓN DE RCD EN COLOMBIA

Los residuos de la construcción y la demolición son en gran parte los causantes de los residuos sólidos urbanos (y por ende, nacionales) debido a que las inversiones de obras civiles y más específicamente de las obras inmobiliarias, están en crecimiento proporcional, al crecimiento demográfico para poder suplir las necesidades básicas de vivienda, salud y vías de transporte, etc.

En la siguiente figura se presenta un análisis comparativo del Producto Interno Bruto (PIB) vs el PIB de la construcción en Colombia, en el que se observa cómo estos indicadores económicos tienen una tendencia en crecimiento.

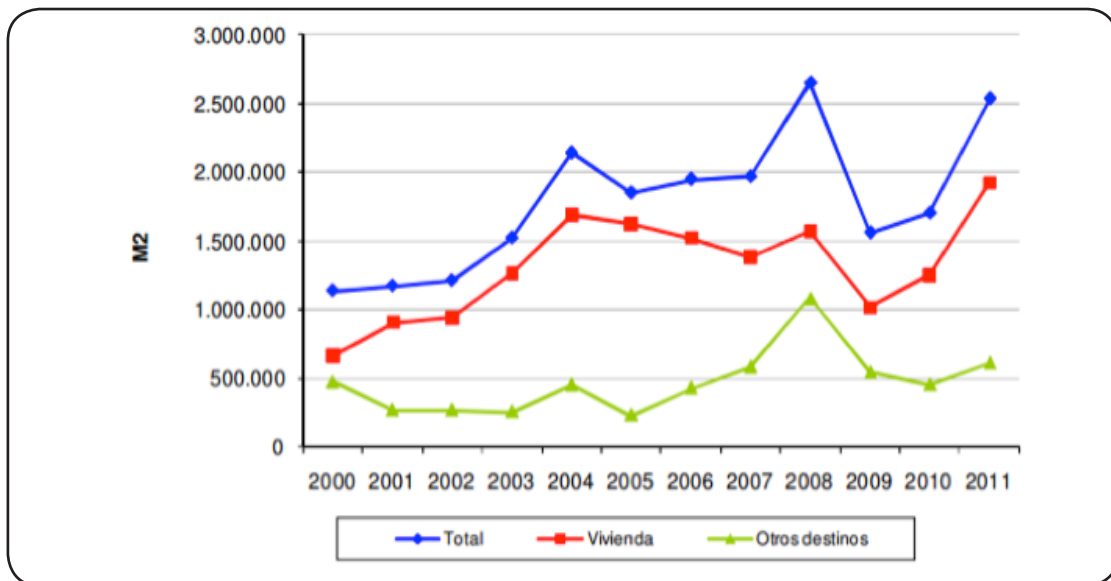
Figura 3 - PIB total vs PIB de la construcción, 2002-2011



Fuente: Montoya, Carlos. 2012. (p: proyectado)

Sólo tomando el departamento de Antioquia como ejemplo, en el siguiente gráfico, se puede apreciar un crecimiento significativo en el área aprobada en licencias de construcción para vivienda como para otro tipo de obras desde el año 2000 hasta el 2011.

Figura 4 - Área aprobada para la construcción según licencias (m²)



Fuente: Montoya, Carlos. 2012.

3. PROBLEMÁTICAS IDENTIFICADAS EN LA ACTUALIDAD

- ♦ Las ciudades capitales de Colombia enfrentan:
 - . Altos niveles de clandestinidad en la disposición final de escombros.
 - . Gran impacto en las redes de alcantarillado y drenajes urbanos.
 - . Mantenimiento de áreas verdes, parques, retiros de quebradas, separadores de vías, llenos de las zonas de inundación de ríos y quebradas.
 - . Alteración de nacimientos de agua.
 - . Conflictos sociales por contaminación y alto tránsito vehicular pesado por zonas residenciales.
 - . Poca cultura ciudadana del generador.
 - . Ambientes de conflictos, percepciones sociales de baja calidad ambiental y demanda de recursos económicos en jornadas de limpieza de “puntos críticos”.
- ♦ Sobre el componente jurídico y administrativo:
 - . Normativa dispersa, incipiente y desarticulada.
 - . Procedimientos sancionatorios ineficientes.
 - . Falta de control y seguimiento.
 - . Falta de articulación entre las entidades competentes.
- ♦ Sobre el componente técnico-operativo del manejo de RCD:
 - . Se requiere actualización tecnológica.
 - . Se requieren estudios de factibilidad actualizados.
 - . Se requiere fortalecimiento institucional asociado a la unificación de criterios técnicos y cualificación técnica especializada.
- ♦ Existe ausencia de caracterización, según potencialidades logísticas inadecuadas:
 - . Largos tramos a sitios autorizados.
 - . Carencia de infraestructura.
 - . Sistemas de transporte informales.
 - . Formas de operación inadecuada.
 - . Disposición final no tecnificada.
- ♦ Sobre el componente socio cultural que afecta (o apoya) el manejo adecuado de RCD:
 - . Bajo nivel de formación e información en la ciudadanía en general.
 - . Informalidad, especialmente en el transporte selectivo,
 - . Ausencia de control social.
 - . No hay oferta de servicio clara y eficiente para el pequeño y mediano generador.
- ♦ Sobre el componente financiero comercial para el manejo de RCD:
 - . Existe una dinámica económica que prevalece sobre las opciones tecnológicas.
 - . Desconocimiento del mercado de subproductos del aprovechamiento de escombros.
 - . La mezcla con otros residuos y el arrojo clandestino están asociados a la pérdida del valor potencial de aprovechamiento.

PREGUNTAS ORIENTADORAS

- ♦ ¿Cuáles serían las etapas que se podrían plantear para un manejo integral de RCD en Colombia?
- ♦ ¿Cómo se podrían vincular a los actores que hacen parte de esas etapas, al marco de la Política Nacional de Producción y Consumo Sostenible?
- ♦ ¿Qué opciones de aprovechamiento y valorización existen para el manejo de los RCD?

PLANES DE ACCIÓN PROPUESTOS

Para la identificación de las etapas de un sistema de manejo integral, se deben observar las etapas genéricas del Manejo de Residuos Sólidos (ver figura 5) y complementarlas con una revisión específica de casos exitosos que estén funcionando en otras partes del mundo, como España o México (ver en Bibliografía, documento No. 9).

Figura 5- Etapas genéricas de manejo de residuos sólidos

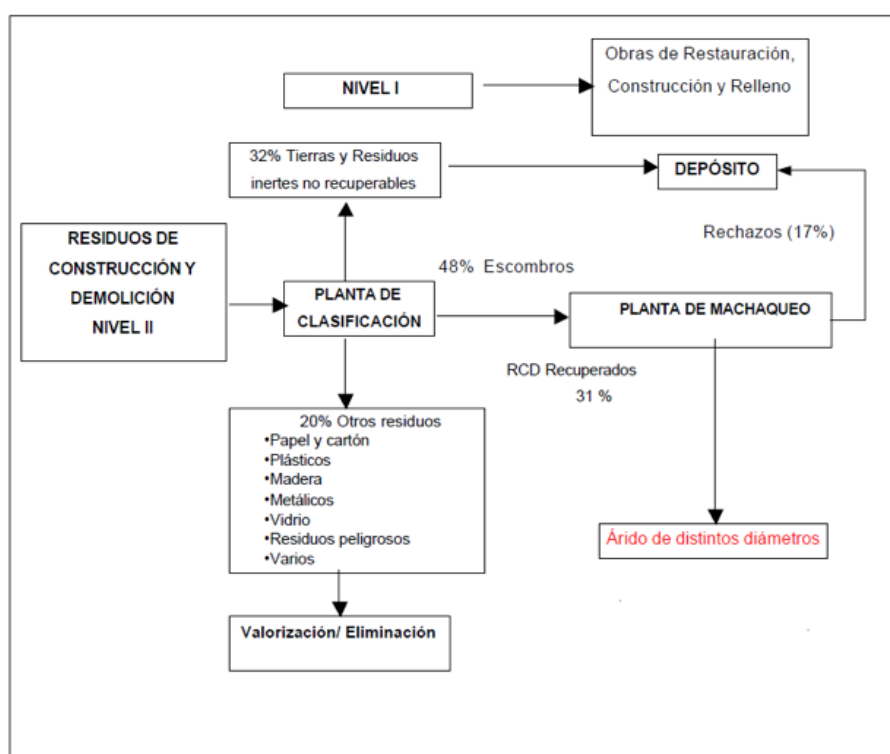


Fuente. Martínez S. José A. Memorias de “Curso Básico de Ingeniería Ambiental”. Especialización en Gestión de Residuos Sólidos, Universidad EAN, 2012

De las experiencias resaltadas en Montoya, 2012, se puede destacar:

España, para aplicar su modelo de gestión, de ante mano tiene estructuradas unas Unidades Técnicas de Gestión (UTG) con el fin de tratar y clasificar los residuos, para su posterior disposición en las respectivas plantas de tratamiento. Para llevar a cabo esto, se debe establecer un canon, tasa o precio de eliminación de RCD que incentive la reducción y el reciclaje de estos residuos, cuya cuantía sería única para todas las instalaciones integrantes de la Red Pública de gestión de RCD de la Comunidad de Madrid, y que tiene como fin financiar las actuaciones previstas en este Plan de Gestión, como se resumen en la siguiente ilustración.

Figura 6 – Diagrama de flujo del proceso de transformación

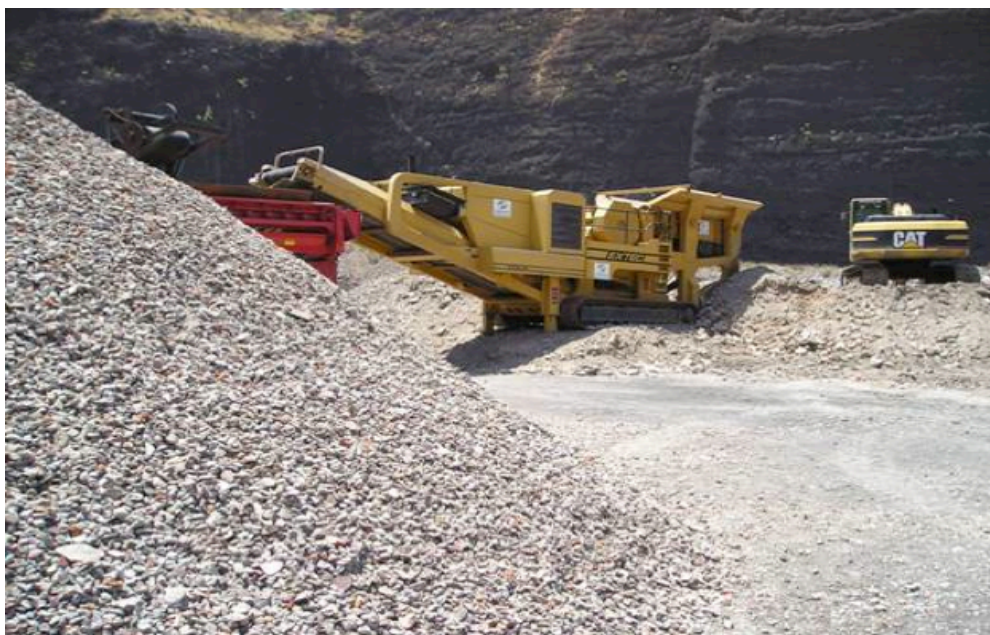


Fuente. Montoya, Carlos. 2012.

En México, el trabajo en RCD es reciente; se ha venido desarrollando desde hace menos de 15 años. Una de las empresas existentes, fundada en el año 2004, Concretos Reciclados, es 100% mexicana y está dedicada al reciclaje de los Residuos de la construcción, siguiendo los pasos de países desarrollados de la Comunidad Europea y Australia.

Concretos Reciclados utiliza tecnología de punta, como máquinas de trituración y clasificación, computarizadas y robotizadas, equipadas con motores ecológicos, para reciclar los materiales pétreos, y con una capacidad de producción de 2,000 ton diarias (ver figura 7).

Fotografía 7 - Planta Concretos Reciclados



Fuente. Montoya, Carlos. 2012.

Los materiales factibles de reciclar en dicha planta son los que provienen de demoliciones y desechos de la industria de la construcción (edificaciones, excavaciones, vialidades, urbanizaciones, caminos, etc.), enfatizando en el cuidado que se debe tener de no contaminar los productos que se van a reciclar, ya que, para poder llevar a cabo esta actividad, estos deben entregarse libres de basura, papel, madera, plástico, textiles y materiales tóxicos.

La valorización de los RCD tiene un amplio espectro, en los cuales los mercados que se pueden abastecer son, entre otros:

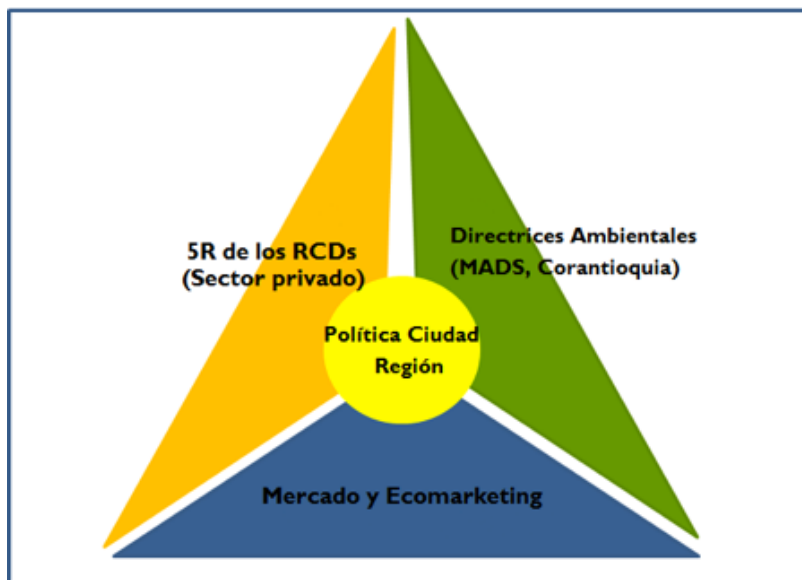
- . Bases y sub-bases para firmes de carreteras de segundo orden, urbanización, polígonos industriales y otras áreas de expansión.
- . Áridos y residuos de ladrillos para drenajes, rellenos de zanjas y firmes de caminos.
- . Áridos para procesos de fabricación de losas de concreto
- . Áridos o residuos de ladrillos para lechos de patios y azoteas.
- . Áridos para hormigón.

Además, teniendo en cuenta la valorización de los distintos elementos pertenecientes al grupo de residuos inertes, existe un mercado emergente en cuanto a:

- . Residuos de chatarra férrea.
- . Vidrio.
- . Materiales nobles de la construcción y carpintería (cercas, rejas, portones, ventanas, marcos, grifería, sanitarios, etc.).
- . Piedra labrada, fundamentalmente granito y basalto (adoquines, losas, etc.).

En todo caso, para llevar a cabo una propuesta de comercialización de un producto reciclado, es necesario hacer un análisis de las 4P empleadas en el marketing: producto, plaza, precio y promoción. De esa forma, podemos dar características de los productos resultantes y una orientación hacia un mercado determinado, bajo la relación que se presenta en la figura 8.

Figura 8 - Relación de las 5R con el Ecomarketing



Fuente. El autor, para el documento de Montoya, Carlos. 2012.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alcaldía de Bogotá. DECRETO 4741 DE 2005. [Consultado el 13 de mayo de 2012].

Desde internet: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=18718>

Alcaldía de Bogotá. DECRETO 1713 de 2002, DECRETO 2811 de 1974, DECRETO 838 DE 2005. [Consultado el 13 de mayo de 2012].

Desde internet: <http://www.bogota.gov.co/portel/libreria/php/01.27.html>

Castells, X. (2000). Reciclaje de residuos industriales Aplicación a la fabricación de materiales para la construcción. Ediciones Díaz santos S.A.

Chamorro, A (2001): "El Marketing Ecológico", [Consultado el 18 de marzo de 2012].

Desde internet: <http://www.5campus.org/leccion/ecomarketing>

Corporación Autónoma Regional De Antioquia (Corantioquia). Gestión De Residuos Sólidos En La Jurisdicción De Corantioquia (Girs). [Consultado el 18 de abril de 2012].

Desde internet: <http://www.corantioquia.gov.co/docs/LOGROS/GIRS.htm>

Gil, G. (2003). La Planeación y Gestión de los Residuos Sólidos Urbanos en el Contexto Metropolitano Estudio de Caso - Valle de Aburrá, Medellín.

Martínez Sepúlveda, J. (2012). Apuntes "Introducción a la Gestión de Residuos Sólidos". Especialización en Gestión de Residuos Sólidos. Universidad EAN.

Ministerio del Medio Ambiente. (1997). Política Ambiental para la Gestión Integral de Residuos o Desechos Peligrosos. Santa Fé de Bogotá. [Consultado el 20 de marzo de 2012].

Desde internet: http://www.secretariadeambiente.gov.co/sda/libreria/pdf/residuos/publicacion_politica.pdf

Montoya Giraldo, C.(2012). Gestión integral de residuos generados por obras de construcción en el valle de aburra- -valorización de escombros-. Proyecto de grado para optar al título de Administración de empresas. Universidad EAN.

Organización Panamericana de la Salud, Biblioteca virtual de desarrollo sostenible y salud ambiental. [Consultado el 15 de marzo de 2012].

Desde internet: www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd48/valoriza-residuos.pdf

Secretaria internacional IDEASS, BRAVO, 2010. Reciclado y reutilizo de Residuos de Construcción y Demolición, una herramienta para el desarrollo económico local. [Consultado el 11 de junio de 2012].

Desde internet: <http://www.ideassonline.org/public/pdf/RCDDocumentEsp.pdf>

Sepúlveda (2011). Hacia una política de la gestión sostenible de los residuos de Construcción y Demolición en Colombia. XIII Congreso Nacional y IV internacional de servicios públicos y TIC, Medellín, Colombia.

Universidad Nacional de Colombia, Biblioteca Virtual, Repositorio Institucional. Construcción sostenible. [Consultado el 18 de marzo de 2012].

Desde internet: http://www.bdigital.unal.edu.co/3738/1/CONSTRUCCI%C3%93N_SOSTENIBLE_2011.pdf

CASO 5.

APLICACIÓN DE UN MODELO DE DISPERSIÓN PARA RESOLVER UNA PROBLEMÁTICA DE CALIDAD DEL AIRE EN LA ZONA MINERA DE CESAR, COLOMBIA

Autor: Daniel Fernando Prato

Universidad EAN - Grupo de Investigación en Gestión Ambiental

Correo electrónico: dprato_1@correo.ean.edu.co

INTRODUCCIÓN

Hoy por hoy, la preocupación latente por el medio ambiente y los efectos que puede generar la contaminación sobre este y sobre la salud humana, se ha convertido en un tema de interés en Colombia. Por esta razón, se han tomado acciones para proteger la salud de la población y los recursos naturales estableciendo los límites permisibles de contaminación de determinada actividad, con el fin de poder controlar sus niveles.

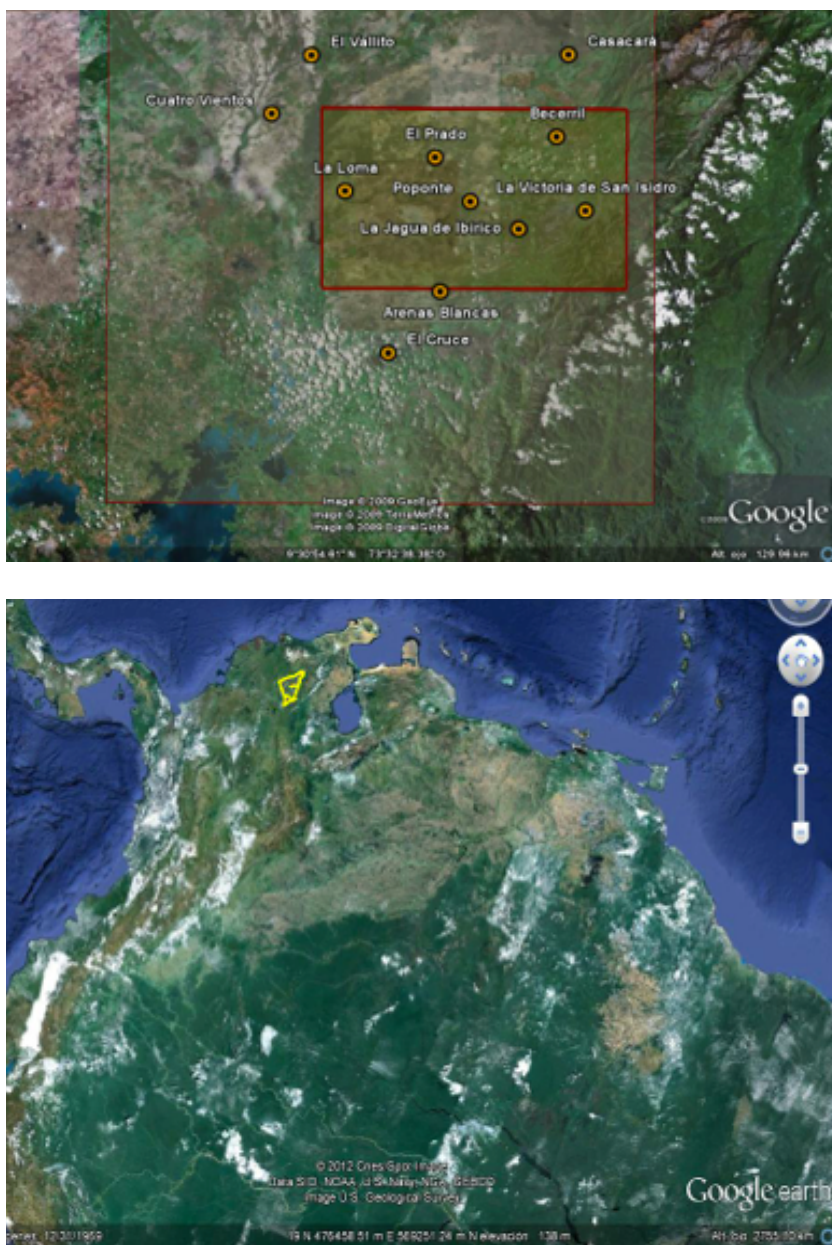
La calidad del aire es una de las mayores preocupaciones en materia de salud y sus efectos sobre el medio ambiente, razón por la cual, se han creado tanto normas de emisión como de concentración, para los distintos contaminantes atmosféricos.

Por ende, para que nuevos proyectos tengan la aprobación de la autoridad ambiental, para iniciar la operación, es de vital importancia conocer si su puesta en práctica alterará de manera positiva o negativa el lugar donde se va a ejecutar y en caso de que sobrepase los límites, tener claramente definidas las acciones de mitigación y control para reducir el impacto de la actividad a los grupos de interés.

Los modelos de dispersión para modelar la calidad del aire se han convertido, en el mundo, en una herramienta muy utilizada por las autoridades ambientales, con propósitos regulatorios en los diferentes tipos de actividades en las que se requiere monitorear la concentración de material particulado sobre una población determinada. En este estudio de caso se aplica la metodología de un modelo de dispersión de material particulado en la zona minera del Cesar, para determinar los niveles de concentración y sedimentación de las emisiones generadas por las operaciones en la zona minera.

Dicha zona está ubicada en la región Norte de Colombia y es considerada como una de las zonas mineras a cielo abierto más grandes del mundo, con una producción aproximada de 70 Mton/año. En la Figura 1 se muestra, en la parte superior, la ubicación de la zona de explotación y en la parte inferior, la ubicación de las minas que operan en la región.

Figura 1. Ubicación de la zona de explotación minera del departamento del Cesar, Colombia.



Fuente. Google Earth

La minería de carbón a cielo abierto es una de las actividades que más contribuyen a la generación de material particulado, seguido de la metalurgia, producción de energía y explotación y manipulación de materiales granulares.

Las políticas enfocadas a la prevención de impactos son de hecho, las más económicas y con las que se obtienen mejores resultados tanto sociales, como ambientales. Dado el gran impacto económico que representa la minería a cielo abierto en Colombia, la autoridad ambiental ha optado por utilizar modelos de calidad de aire, con el fin de encaminar acciones hacia el cuidado y protección de los ciudadanos y, al mismo tiempo, impulsar el desarrollo económico de la región.

OBJETIVO PEDAGÓGICO

Aplicar una herramienta que permita evaluar la calidad del aire en la zona minera del Cesar, Colombia por medio de modelación de dispersión de material particulado.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ♦ Conocer los diferentes tipos de herramientas que hay en materia de modelación de calidad del aire.
- ♦ Aplicar una metodología para modelar la calidad del aire en la zona minera del Cesar, Colombia.

DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

La contaminación atmosférica producida por actividades antropogénicas da origen a enfermedades respiratorias como la silicosis. Según estudios realizados por Pope y colaboradores, como parte del II Estudio para la Prevención del Cáncer (Cohen A, Pope, 1995), existe una relación entre la contaminación atmosférica (para este caso en partículas que contienen sílice libre) y las enfermedades cardiovasculares y el cáncer pulmonar.

De otra parte, se presenta deterioro de los ecosistemas y reducción de la visibilidad en la zona de trabajo (Wheeler et al., 2000; NIOSH, 2005), lo que aumenta el riesgo de accidentes, tales como sedimentación de material particulado sobre el suelo y detrimento de la calidad de aguas superficiales.

Entre las actividades que más contribuyen a la generación de material particulado, de acuerdo con la clasificación en fuentes fijas de emisión, se encuentran la minería y obra civil, metalurgia, producción de energía y la explotación y manipulación de materiales granulares.

En la zona minera del Cesar operan siete empresas cuya producción anual, como se mencionó anteriormente, supera las 70 millones de toneladas (Tabla 1).

Mantener estos niveles de producción tiene un impacto ambiental sobre las zonas aledañas a la región y es allí donde viene la importancia de modelar la dispersión del material particulado en la zona, para determinar si los niveles de concentración están sobre los límites permisibles por la autoridad ambiental colombiana.

Tabla 1. Producción anual de las empresas que operan en la región

<i>Mina</i>	<i>Empresa</i>	<i>Producción 2009</i> Ton / año	<i>Producción 2010</i> Ton / año
Descanso	Drummond LTD	1.8148E+06	7.4554E+06
Mina La Francia	Compañía Carbones del Cesar S.A.	1.0438E+06	1.5000E+06
Mina Calenturitas	C.I. Prodeco S.A.	5.9984E+06	7.1024E+06
Mina Cerrolargo	Norcarbón S.A.	6.0000E+05	6.0000E+05
Proyecto La Jagua	Carbones de la Jagua – CDJ	4.7230E+06	2.5000E+06
La Loma	Drummond LTD Empresa de carbones del cesar y la guajira S.A. Emcarbón.	1.8940E+07 1.6000E+06	1.9528E+07 1.6000E+06

Fuente. CIMA, 2009.

MODELOS DE CALIDAD DEL AIRE

Los modelos de calidad del aire usan técnicas matemáticas y numéricas para simular los procesos físicos y químicos que afectan a los contaminantes en su dispersión y transformación en la atmósfera. Para describir la dispersión de contaminantes atmosféricos alrededor de una fuente de emisión es necesario involucrar en la modelación los siguientes fenómenos físicos que ocurren en forma simultánea:

- . El movimiento de fluidos gaseosos de varias especies y de partículas suspendidas, de densidad variable y en régimen turbulento.
- . La transferencia de calor que ocurre al interior del fluido.
- . La transferencia de masa que ocurre a la salida de la fuente, en la atmósfera y en los receptores.
- . Los procesos de formación y destrucción de especies que ocurren al interior del fluido.
- . Las reacciones químicas que ocurren al interior del fluido bajo la presencia de factores externos como radiación solar y humedad.

Se deben tener en cuenta como parámetros de entrada, las siguientes condiciones:

- . Meteorología del lugar.
- . La emisión másica de cada especie.
- . La geografía del lugar y el uso del suelo.

Las ecuaciones que describen estos fenómenos son bien conocidas y se mencionan en la Tabla 2. Allí se muestra que estas son ecuaciones íntegro-diferenciales no lineales que se deben resolver en forma simultánea para cada aplicación específica.

Dada la complejidad de estas ecuaciones, aún no se conocen soluciones analíticas para el caso de dispersión de contaminantes. Como alternativa, se ha optado por acudir a soluciones heurísticas y/o simplificadas como las sintetizadas en la Tabla 3. Estas soluciones proveen información referente a un aspecto específico del fenómeno de dispersión de contaminantes alrededor de la fuente de emisión. Sin embargo, todas ellas son aproximaciones con supuestos, algunas veces poco aceptables.

Tabla 2. Ecuaciones que describen los fenómenos físicos que ocurren en la dispersión de contaminantes atmosféricos

Aspecto que modela	Ecuación
Conservación de masa y de especies	$\frac{\partial Y_i \rho}{\partial t} + \nabla \cdot \rho Y_i (v + V_i) = \omega_i$
Conservación de momentum	$\frac{d}{dt} (mV)_{\text{sys}} = \sum F = \frac{d}{dt} \left(\int_V \rho dV \right) + \int_{CS} V \rho (V_r \cdot n) dA$
Primera ley de la termodinámica	$\rho \frac{Dh_s}{Dt} - \frac{\partial p}{\partial t} = \frac{\partial (u_j \tau_{ji})}{\partial x_j} + \dot{Q} - \nabla \cdot q + \rho \sum_{k=1}^N Y_k f_k (u + V_k)$
Reacciones químicas	$\omega_i = W_i \sum_{k=1}^M (v''_{i,k} - v'_{i,k}) B_k T^{\alpha_k} \exp - \frac{E_{ak}}{R_U T} \prod_{j=1}^N \left(\frac{X_j p}{R_U T} \right)^{v'_{j,k}}$

Dada la complejidad de estas ecuaciones, aún no se conocen soluciones analíticas para el caso de dispersión de contaminantes. Como alternativa, se ha optado por acudir a soluciones heurísticas y/o simplificadas como las sintetizadas en la Tabla 3. Estas soluciones proveen información referente a un aspecto específico del fenómeno de dispersión de contaminantes alrededor de la fuente de emisión. Sin embargo, todas ellas son aproximaciones con supuestos, algunas veces poco aceptables.

Tabla 3. Alternativas de modelación de la calidad del aire

Modelo	Descripción	Ventajas	Desventajas
Modelos Fotoquímicos	Para cada celda de simulación asume que la emisión se difunde uniformemente en el espacio disponible y ocurren las reacciones químicas pertinentes.	Apropiado para gran número de fuentes como complejos industriales y ciudades.	Requieren de gran capacidad de cómputo.
Estadísticos	Redes neuronales: asocian el efecto de las condiciones meteorológicas y emisión de contaminantes a la concentración de contaminantes en puntos alejados de la fuente de emisión.	Sintetizan datos históricos.	Necesita de patrones de comportamiento,
	Modelos de Monte Carlo: Modelan nucleación, coalescencia, coagulación y condensación de partículas.	Han sido validados experimentalmente.	Poco conocidos.
	Modelo de receptores: Asocian la concentración y composición de la contaminación de un receptor con una fuente.	Proveen evidencia acerca del impacto de una fuente sobre los receptores.	Son cualitativos. Aplican cuando cada una de las fuentes emite sustancias con características diferentes.
Físicos o experimentales	Modelos a escala en túnel de viento	Se ajustan a la realidad	Costosos
Simulación numérica	Computational fluid dynamics –CFD: resuelve numéricamente las ecuaciones que describen el movimiento de los fluidos	Son los más exactos.	Requieren de gran capacidad de cómputo. No apropiados para modelar a distancias mayores de 1 Km.
Modelos gaussianos	Estado estable .	Han tenido amplia aceptación por su simplicidad.	Poco exactos. Problemas con condiciones de viento menores a 1 m/s.
	Avanzados.	Incluyen en forma dinámica las características climatológicas y geográficas.	Requieren gran cantidad de información de entrada.

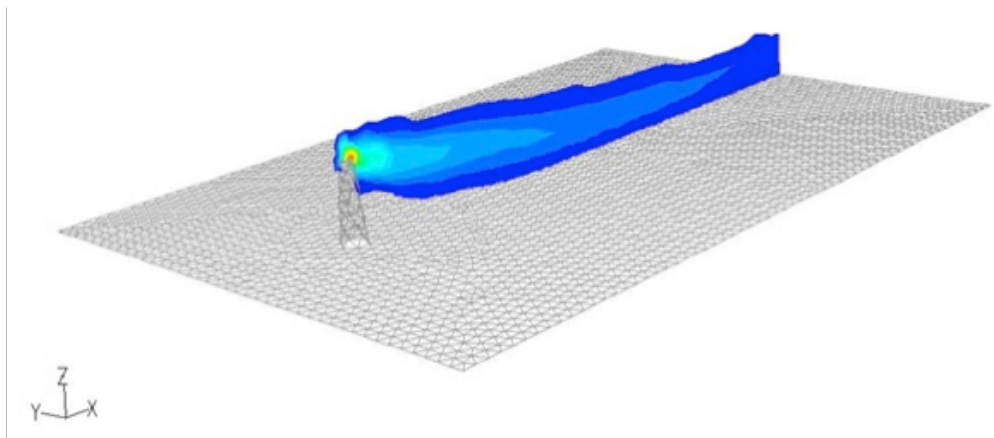
SIMULACIÓN NUMÉRICA

La dinámica de fluidos computacional (CFD), por sus siglas en inglés, es la ciencia que predice el flujo de fluidos, transferencia de masa y calor, reacciones químicas, mediante una solución numérica de las ecuaciones que gobiernan el fenómeno físico y químico, resolviendo las ecuaciones fundamentales de:

- . Conservación de masa.
- . Conservación de momento.
- . Conservación de energía.

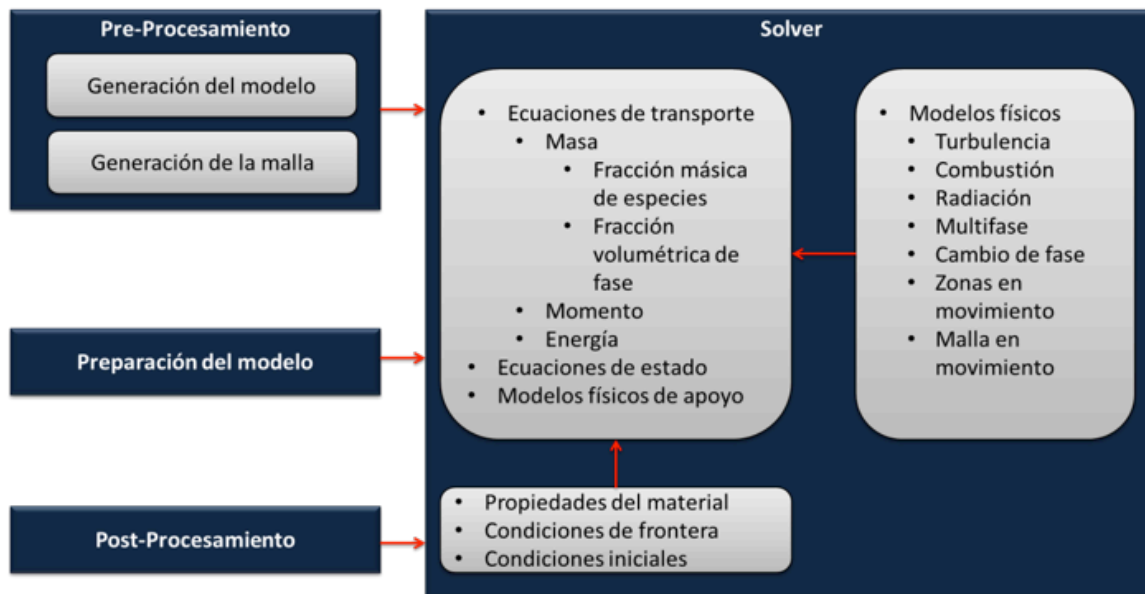
Por tanto, constituye la alternativa que provee resultados más exactos. Tiene el potencial de incorporar reacciones químicas y el efecto de las variables climatológicas. Sin embargo, las aplicaciones típicas de esta herramienta no incluyen estas dos últimas opciones. Requiere gran capacidad de cómputo y de personal especializado. Es apropiada para problemas de tamaño físico reducidos, aunque es posible aumentar el tamaño del área de trabajo, usando técnicas como análisis dimensional o modelos a escala. La Figura 2 ilustra el tipo de resultados que se pueden obtener con esta herramienta.

Figura 2. Resultados de simular numéricamente la dispersión de CO_2 alrededor de una chimenea usando ANSYS. Se muestra la concentración de CO_2 obtenida para un plano vertical que pasa por el centro de la chimenea y está alineado con la dirección del viento



A continuación se ilustra una de las metodologías más usadas, para la solución de problemas que involucran CFD.

Figura 3. Descripción general de una metodología CFD

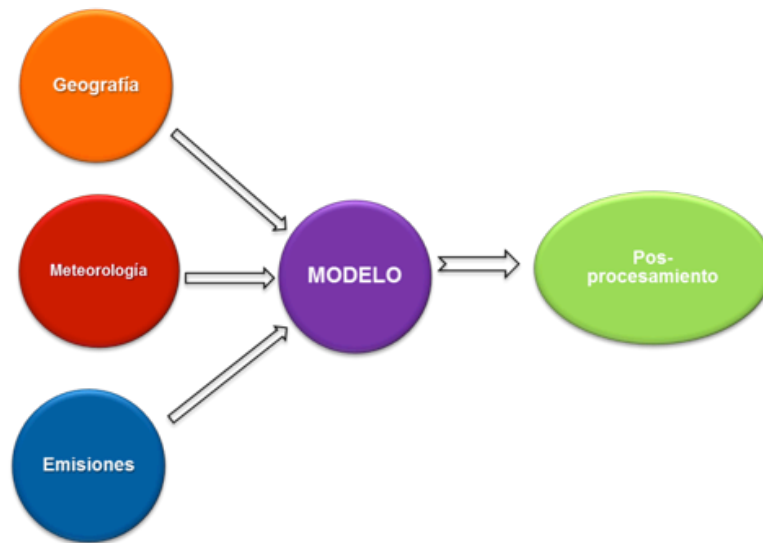


Para obtener resultados confiables con el modelo, el análisis CFD está definido por una serie de pasos que permitirán el uso adecuado de la herramienta y, por consiguiente, la consecución de buenos resultados; dichos pasos están organizados de la siguiente manera:

- ♦ Identificación del problema y pre-procesamiento.
 - . Definir los objetivos del modelado.
 - . Identificar el volumen por estudiar.
 - . Diseñar y crear la malla.
- ♦ Ejecución del solver.
 - . Definir el modelo numérico.
 - . Solucionar y monitorear la solución.
- ♦ Posprocesamiento.
 - . Examinar los resultados.
 - . Poner a consideración revisiones del modelo.

Para la ejecución de este proyecto, se utilizó la metodología mostrada en la Figura 4, que recibe como entradas tres grandes grupos: geografía, meteorología y emisiones.

Figura 4. Metodología CFD para la solución del modelo de la calidad del aire

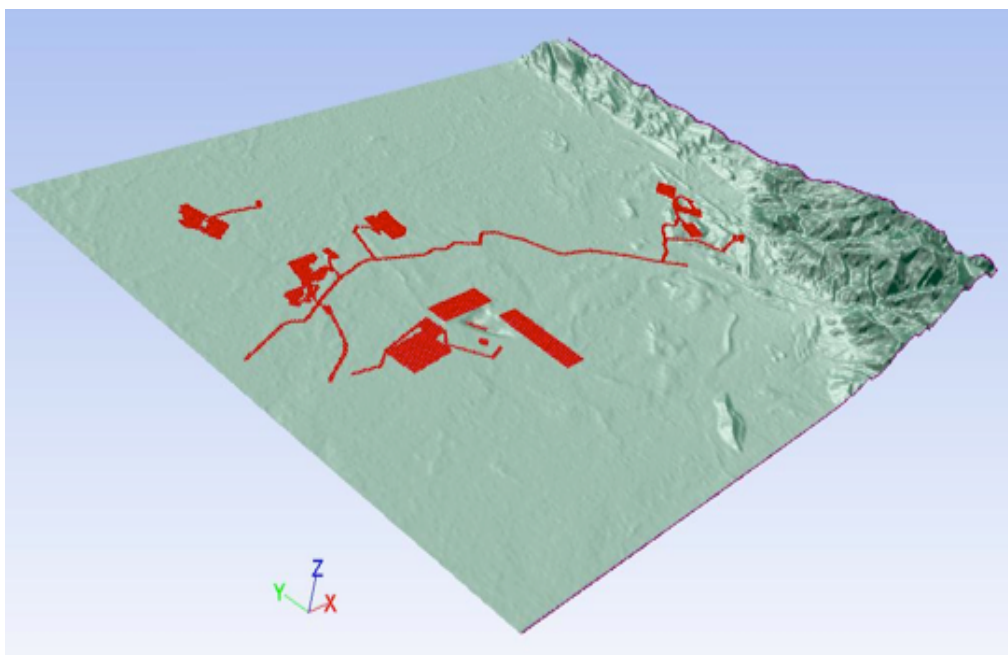


MODELACIÓN

A partir de los parámetros mostrados en la Figura 4, se procede a hacer las simulaciones para estimar la concentración del material particulado en la región minera.

Para tener una idea de la región modelada, se presenta la siguiente figura donde se puede apreciar la ubicación de cada una de las minas en el terreno real.

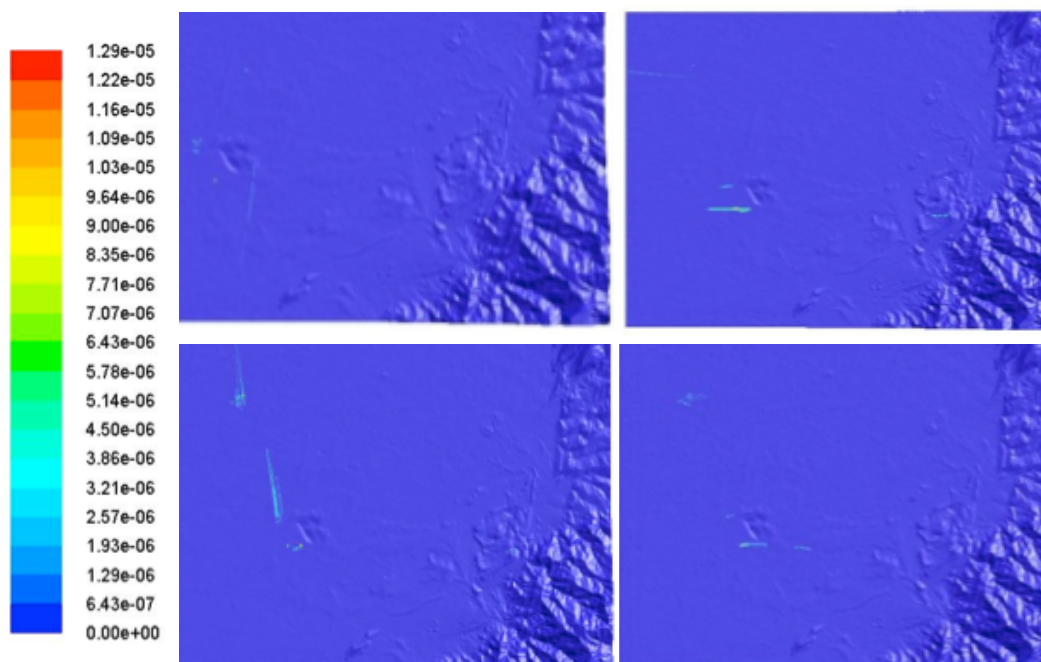
Figura 5. Área de modelación



Después de ingresar la información de entrada al modelo, se procede a hacer el posprocesamiento de la información obtenida; en total, se realizaron treinta y seis simulaciones en dieciséis de las treinta y dos direcciones que tiene la rosa de los vientos.

A continuación se muestran las gráficas de concentración en las direcciones norte, sur, oriente y occidente, de las alturas de capa de mezcla más altas por cada dirección:

Figura 6. Concentración en dirección Norte (superior izquierda), Sur (inferior izquierda), Oriente (Superior derecha), Occidente (inferior derecha).



Como se puede observar en la Figura 6, los mayores índices de concentración se encuentran en zonas muy cercanas a las minas.

PREGUNTAS ORIENTADORAS

- ♦ ¿Qué es un modelo de dispersión y para qué se utiliza?
- ♦ ¿Qué tan confiables pueden ser los resultados arrojados por los modelos de dispersión y cuál es su mayor fuente de incertidumbre?
- ♦ Si usted tuviera que implementar medidas de mitigación y control para reducir la concentración de las emisiones que está generando su actividad, ¿qué acciones plantearía?

CONCLUSIONES

Existen varias herramientas que se utilizan a la hora de modelar la calidad del aire. Escoger una de ellas depende de la información, infraestructura tecnológica y personal capacitado para cada uno de los casos presentados.

Se evaluó la posibilidad del uso de una herramienta de CDF para resolver una problemática, como la contaminación del aire, y gracias a ello, se han logrado definir políticas de prevención y control que mitigan los impactos generados por la actividad de la industria en la zona.

El desarrollo de este proyecto permitió avanzar en la definición de una metodología para el uso de CFD en modelación de calidad del aire.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Cohen A, Pope III C. (1995). Lung cancer and air pollution. Environmental health perspectives , 103 (8), 219-224.

Sinha, S., Banerjee, S.P., (1997). Characterization of haul road in Indian open cast iron ore mine. Atmospheric Environment 31, 2809 et 2814.

Chakraborty, M.K., et al., (2002). Determination of the emission rate from various opencast mining operations. Environmental Modeling & Software 17, 467e480

Dr. John F. Wendt, (2009). Computational fluid dynamics an introduction. Von Karmán Institute.)

Rafael Ballesteros Tajadura, et al., (2003) Técnicas numéricas en mecánica de fluidos. Universidad de Oviedo, 2003.

Wheeler, A.J., Williams, I., Beaumont, R.A., Manilton, R.S., 2000. Characterization of particulate matter Sampled during a study of Children's Personal exposure to airborne particulate matter in a UK urban Environment. Environmental Monitoring and Assessment 65, 69e77.

Eloy Vilchis, (2010). Estudio exploratorio del uso de CFD para modelar la dispersión y deposición de material particulado en zonas mineras a cielo abierto. Centro de Investigación en Mecatrónica Automotriz. Tecnológico de Monterrey. Eduardo Monroy Cárdenas No. 2000. Código Postal 50110. Toluca. México.

CASO 6.

DEGRADACIÓN DE LA TIAMULINA FUMARATO HIDROGENADA PRESENTE EN AGUAS RESIDUALES GENERADA POR EL PROCESO DE FABRICACIÓN DEL MICOMIX

Autor: Diana Angélica Varela Martínez.
Universidad EAN - Facultad de Ingeniería
Departamento de Ciencias Básicas
Correo Electrónico: davarela@correo.ean.edu.co

INTRODUCCIÓN

El hombre ha utilizado el agua, no solo para su consumo, sino con el paso del tiempo, para su actividad y para su confort, convirtiendo las aguas usadas en vehículos de desecho. Es la acción y el efecto de introducir materiales o formas de energía, o inducir condiciones en el agua, de modo directo o indirecto, lo que implica una alteración perjudicial de su calidad, en relación con los usos o con su función ecológica (Martínez. C, 2011). Los laboratorios farmacéuticos veterinarios han desarrollado diferentes productos para la ayuda y el bienestar de los animales, fabricando y comercializando medicamentos de excelente calidad.

Uno de estos productos, se conoce comercialmente como, Micomix (el cual es usado en cerdos para el tratamiento de infecciones) cuyo principio activo es la, Tiamulina Fumarato Hidrogenada. Esta molécula afecta de manera importante las algas, siendo estas, base de la cadena alimenticia. El uso de este producto en la industria farmacéutica se ha venido incrementando y esto genera preocupaciones debido a que aumentó la demanda, pero aún no se tiene un proceso de control para el vertimiento de las aguas residuales.

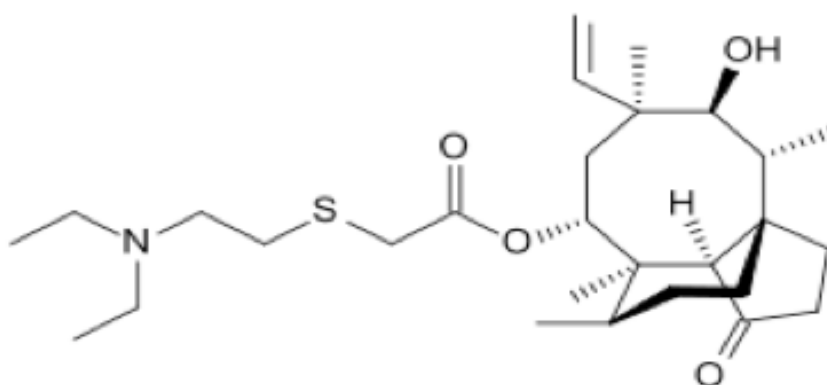
OBJETIVO PEDAGÓGICO

Presentar un método para la degradación de la Tiamulina Fumarato Hidrogenada en el agua residual generada por el proceso de fabricación de MICOMIX.

DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN PROBLEMA

Pharma – VET S.A es un laboratorio que trabaja en la innovación y la producción de estos medicamentos; uno de los productos más conocido es el MICOMIX, el cual está indicado para el tratamiento de infección en cerdos y aves utilizando como principio activo la Tiamulina Fumarato Hidrogenada.

Figura 1: Estructura Molecular de Tiamulina Fumarato



Fuente. Autor

La Tiamulina Fumarato Hidrogenada es un antibiótico diterpeno semisintético derivado de la pleuromulina. La Tiamulina está disponible en el comercio para empleo oral, como la sal fumarato hidrógeno. Se presenta como polvo cristalino amarillo, con olor débil pero característico. Aproximadamente 60 mg de la droga es soluble en 1 mL de agua.

La Tiamulina Fumarato Hidrogenada hoy en día es considerada tóxica con valores de Dosis Letal DL50 de 40mg/L, y la reproducción de algas se ve afectada con concentraciones desde 5mg/L. (Santos H.M.L.M. Lúcia, Araújo A .N. 2010).

El uso de la Tiamulina Fumarato Hidrogenada en la Industria farmacéutica, hoy en día, es común, pero, de igual manera, los procesos industriales generan aguas de desecho. Esta molécula causa un impacto ambiental el cual ya ha sido objeto de estudio y se ha comprobado que en concentraciones de 5mg/L afecta el ciclo normal de la base de la cadena alimenticia.

La Tiamulina está clasificada como un diterpeno. Los terpenos se encuentran en la naturaleza, en plantas y también lo producen los microorganismos.

Se utiliza principalmente como antibiótico para infecciones de vías respiratorias, tracto genitourinario, gastrointestinal, de la piel y tejido blando.

Este antibiótico ha tenido una gran acogida en el comercio, lo que ha hecho que en Pharma- VET” S.A se aumente su producción; sin embargo, genera una problemática con respecto al tratamiento de vertimientos residuales del proceso de fabricación del producto, teniendo en cuenta que actualmente son vertidas al alcantarillado sin ningún tratamiento, generando un fuerte impacto ambiental.

Es importante citar que la Tiamulina tiene efectos negativos sobre las algas, microorganismos acuáticos y base de la cadena alimenticia, lo que genera un fuerte impacto para el medio ambiente. Así mismo, Al analizar las aguas residuales por métodos Instrumentales de “Pharma- VET” S.A, se encontró alta concentración de la Tiamulina Fumarato, por lo cual se hace necesario la degradación del compuesto, a través de un tipo de tratamiento fisicoquímico, como es el método Fenton.

En 1894, H. J. H. Fenton descubrió que muchos compuestos orgánicos podían ser fácilmente oxidados en medio ácido (pH: 3-4) utilizando un catalizador soluble de hierro y peróxido de hidrógeno, sin necesidad de presiones o temperaturas elevadas ni complicados equipos.

El proceso Fenton clásico es un proceso de oxidación avanzada (POA) en el que se utilizan como reactivos, peróxido de hidrógeno y sulfato de hierro (II), en un reactor simple y no presurizado, normalmente de tipo discontinuo. La descomposición del peróxido en presencia de hierro genera especies reactivas del oxígeno, Reactive Oxygen Species (ROS), que degradan la materia orgánica y son desinfectantes, por lo que mejoran la calidad del agua tratada.

Una de las ventajas del Fenton frente a otros POAs es que los reactivos empleados son seguros y fáciles de manejar, relativamente económicos, y no suponen una amenaza para el medioambiente, puesto que el peróxido se descompone fácilmente en agua y el oxígeno y el hierro no tienen ningún efecto adverso. (Pignatello et al., 2006).

En las condiciones adecuadas, los contaminantes orgánicos pueden ser eficazmente degradados mediante el proceso Fenton. (Martínez et al., 2001), ya sea debido a:

- . Un cambio en la estructura de los compuestos orgánicos que facilite un posible tratamiento biológico posterior.
- . Una oxidación parcial de los contaminantes que reduzca la toxicidad del efluente.
- . Una oxidación total de los compuestos orgánicos en sustancias inocuas que haga posible la descarga segura del efluente, sin necesidad de un tratamiento posterior.

Existe una gran variedad de compuestos orgánicos que pueden ser degradados mediante el proceso Fenton. Algunos, como el benceno o el fenol, se oxidan con relativa facilidad, mientras que otros, como el ácido acético, son más refractarios. Además, puede haber situaciones en las que se produzcan compuestos no deseados.

Por ejemplo, la descomposición de algunos alcoholes puede dar lugar a acetona, un compuesto totalmente refractario a la oxidación, por lo que se requiere de la realización de ensayos y análisis antes, durante y después del tratamiento. En muchos casos, un sustrato orgánico aparentemente refractario al tratamiento, puede ser oxidado, modificando las condiciones de temperatura, pH o concentración de catalizador.

La eficiencia del proceso Fenton depende de múltiples factores: dosis y relación de reactivos, pH, concentración y características de materia inorgánica y orgánica, temperatura, concentración de oxígeno disuelto, condiciones de luz ambiental.

Con el objetivo de evitar algunos de los problemas detectados que conlleva la aplicación del proceso Fenton clásico, se han propuesto y estudiado distintas modificaciones de este a lo largo de los años. Por ejemplo, el proceso “Fenton-like” y el proceso Foto-Fenton (Pignatello et al., 2006).

Debido al impacto ambiental, es necesario plantear una solución; el proceso de Fenton trata la carga contaminante orgánica e inorgánica con el reactivo de Fenton que es la combinación de Peróxido de Hidrógeno y Sulfato de Hierro, a presión atmosférica ambiente y temperatura de 20 a 40°C en medio ácido. El agente responsable de la oxidación es el radical hidroxilo - OH, el cual es un reactivo extremo. Se forma por la descomposición catalítica del peróxido de hidrógeno en un medio ácido.



La mayor ventaja del reactivo de Fenton radica en que sus componentes son fáciles de manipular y son ambientalmente benignos y económicos, por lo que el proceso de Fenton ha sido considerado más viable que otros métodos de tratamiento (Solmaz et al. 2006).

Se tomaron las muestras correspondientes y se realizaron los respectivos análisis antes de realizar el proceso Foto-Fento. Los datos se muestran en la Tabla 1.

Tabla1: Resultados de parámetros antes del tratamiento Foto-Fenton

Parámetro	Lote 1	Lote 2	Lote 3
Cloro Libre	15 ppm	15 ppm	15ppm
Formaldehido	0 ppm	0 ppm	0 ppm
Dureza	90 ppm	75 ppm	91 ppm
pH	8.5	8.1	7.8
DQO	362 mgO ₂ /L	348 mgO ₂ /L	370 mgO ₂ /L
DBO ₅ (pull)	29,6 mg/mL		
Identificación de Tiamulina Fumarato Hidrogenada	Cumple	Cumple	Cumple

Fuente. autor

Luego de realizar el proceso Foto-Fenton, se reportaron los resultados relacionados en la Tabla 2:

Tabla 2: Resultados de parámetros después del tratamiento Foto-Fenton

Parámetro	Lote 1	Lote 2	Lote 3
Cloro Libre	0 ppm	0,25 ppm	0 ppm
Formaldehído	0 ppm	0 ppm	0 ppm
Dureza	18 ppm	10 ppm	20 ppm
pH	6.5	6.3	5.6
DQO	274 mgO ₂ /L	289 mgO ₂ /L	289 mgO ₂ /L
DBO ₅ (pull)	3,9 mg/mL		
Identificación de Tiamulina Fumarato Hidrogenada	No Cumple	No Cumple	No Cumple

Fuente. autor

Se evidencia que se presenta una disminución significativa en la Demanda Química de Oxígeno (DQO), observando el resultado promedio de los 3 lotes antes del proceso Foto-Fenton. Ambientalmente, la DQO es una medida aproximada del contenido total de materia orgánica en la muestra, lo que demuestra que el proceso oxidó parte de la materia orgánica presente en esta y, por ello, se dio la disminución en la DQO. Esto indica que el proceso mejoró la calidad de agua tratada.

Al aplicar el Método Fenton a las aguas residuales de “Pharma- VET” S.A, se estableció que el compuesto fue oxidado en estructuras más pequeñas, comprobado en análisis instrumental; así se verifica la eficiencia del método y se da una de las posibles soluciones a esta problemática ambiental.

PREGUNTAS ORIENTADORAS

- ♦ Proponga un método diferente de análisis para evidenciar la presencia de la Tiamulina Fumarato Hidrogenada. Explique.
- ♦ De acuerdo con la estructura molecular de la Tiamulina Fumarato Hidrogenada identifique:
 - . Grupos Funcionales Orgánicos
 - . Fórmula Molecular
 - . Cadenas Alifáticas
 - . Cadenas Aromáticas

- ♦ Proponga un método para evitar la contaminación de aguas residuales producidas por las diferentes actividades industriales.
- ♦ Realice una gráfica en donde se muestren los resultados de la Tabla 1 con los resultados de la Tabla 2. Construya 4 conclusiones.
- ♦ Resalte 3 ventajas del proceso Foto-Fenton.

RECOMENDACIONES

Se sugiere evaluar este proceso con toda el agua residual que genera “Pharma- VET”, para poder determinar si es un proceso viable para todas las aguas residuales que genera la empresa o solo para el proceso de la fabricación de MICOMIX.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Martínez, C., (2011). Tratamiento Químico de contaminantes Orgánicos: El proceso Fenton.

Pignatello, (2006). Emerging contaminants in wastewater. Trends in Analytical Chemistry.

Santos H.M.L.M. , Lucia, Araujo . A.N. (2010). Ecotoxicological aspects related to the presence of pharmaceuticals in the aquatic environment.

Solmaz et al, (2006). Determinación de la dosis óptima del reactivo de Fenton en un tratamiento de lixiviado por Fenton – Adsorción. Rev. Int. Ambie. 26 (3).

Vicar Farmacéutica S.A.,. (2011), Ficha técnica del producto MICOMIX. Bogotá D.C.

CASO 7.

GESTIÓN AMBIENTAL Y RESPONSABILIDAD SOCIAL EN CADENAS DE COMIDA RÁPIDA

INTRODUCCIÓN

Una empresa, de comidas rápidas saludables, dedicada principalmente a la elaboración y venta de sándwiches, ensaladas y comida para picar fresca (sin conservantes ni preservativos), ubicada en el Reino Unido, se ha concentrado, desde su fundación en 1986, en el manejo adecuado de los residuos generados.

Para una empresa que elabora diariamente sus productos y retira de sus estantes aquellos que han perdido su frescura, los residuos resultan ser un problema constante. Sin embargo, la empresa encontró una solución para su problema desde una perspectiva de la sostenibilidad, integrando la Responsabilidad Social Empresarial y la Gestión Ambiental. Por una parte, dona diariamente la comida que ha perdido su condición de fresca a organizaciones que se dedican a atender a habitantes de la calle. Cabe resaltar que la comida podría continuar en sus estantes y comercializarse al día siguiente, pero la política de la empresa es comercializar comida fresca para garantizar la calidad y los nutrientes de la misma. De igual forma, debido a que la empresa se encarga de recoger la comida descartada para garantizar que el producto llegue a las organizaciones y no se vaya a comercializar, utiliza vehículos eléctricos que contribuyen con la reducción de la huella de carbono de la empresa.

OBJETIVO PEDAGÓGICO

Conocer cómo una empresa de restaurantes puede ser sostenible, exitosa y socialmente responsable.

DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN DE ESTUDIO

En Europa, la legislación existente sobre la gestión integral de los residuos sólidos, busca la reducción de generación de los mismos, el desvío de los residuos biodegradables de los rellenos sanitarios y la disminución, en número, de rellenos sanitarios (EEA, 2009). Adicionalmente, los países europeos buscan la reducción de la emisión de gases efecto invernadero, tanto en el manejo de los residuos (EEA, 2009), como en el sector transporte (EC, 2012). Con este panorama y considerando que la estructura de las tarifas del servicio público de aseo busca penalizar a aquellos usuarios que generan grandes cantidades de residuos o que no los reciclan, las empresas se ven avocadas a generar soluciones diferentes y que a la vez contribuyan con un desempeño ambiental adecuado y con una responsabilidad social empresarial propositiva.

Una empresa de comidas rápidas en el Reino Unido, fundada en 1986, que cuenta hoy en día con 180 tiendas, 4.000 empleados y con ventas de más de 180 millones de Euros al año (The Natural Step, 2008), desde que se estableció, ha buscado reducir sus impactos ambientales, entre ellos, los relacionados con el manejo de los residuos sólidos. Es importante anotar, que bajo los principios corporativos de la empresa, se pueden generar más residuos que negocios similares debido a que siempre se ofrece un producto fresco, lo que implica que un sándwich que se prepara en la mañana y no se vende no es apto para ofrecerse en la tienda al día siguiente. En otras palabras, los productos de corta duración que no son vendidos en el día, se desechan al finalizar las operaciones de las tiendas.

Los fundadores de la empresa, conscientes de la legislación europea sobre los residuos sólidos orgánicos y buscando generar una contribución social, dentro del marco de la responsabilidad social empresarial, empezaron a buscar soluciones para el problema del manejo de sus residuos y a disminuir la huella de carbono. En el año 2005, la empresa le solicitó a *The Natural Step*, una empresa suiza líder en sostenibilidad estratégica, que le colaborara en la definición del futuro sostenible y en la realización de los primeros pasos estratégicos hacia ello (The Natural Step, 2008).

Dentro de las estrategias definidas, la empresa organizó una fundación sin ánimo de lucro que se encarga de recoger la comida fresca sobrante de los restaurantes y donarla a organizaciones de caridad para brindarla a habitantes de la calle o a personas de bajos recursos, en lugar de arrojarlas a la basura. Cabe mencionar, que la empresa no entrega productos en descomposición o desechos de la preparación; entrega los mismos productos que ofrece en su tienda antes de que pierdan la frescura, elemento que identifican como el valor agregado de sus productos. Con esta estrategia la empresa evita que 250 toneladas de residuos se vayan a los rellenos sanitarios cada año y a la vez provee comida a las personas que lo necesitan.

Con el manejo de los productos sobrantes, la empresa logró que sus residuos orgánicos sólo representaran el 2,8% del total de residuos, que comparado con el 30% de los residuos generados en el Reino Unido es un buen indicador (Foodservice Footprint, 2008). Vale la pena mencionar que la empresa está trabajando para alcanzar la meta de cero residuos enviados al relleno sanitario para el año 2012, por lo que está pensando en una estrategia de compostaje para los residuos generados en la preparación de alimentos en las cocinas de las tiendas.

Antes de iniciar la estrategia de donar la comida, la empresa de restaurantes también permitía que sus empleados pudieran llevar parte de la comida que no hubiera sido vendida. Luego de implementar la donación de comida, aún continúa brindando esta oportunidad a sus empleados permitiendo que puedan aprovechar los productos frescos que ellos mismos han contribuido a preparar y comercializar.

Debido a que la recolección y transporte de los productos sobrantes les ocasionaba un incremento en la huella de carbono, por las emisiones de los motores de combustión interna de sus camiones, decidieron adquirir una flota de vehículos eléctricos, de mayor eficiencia energética que la de los vehículos de combustión interna y es como hoy recogen la comida que donan, de más del 90% de sus tiendas (Ecoexpertnews, 2010).

La empresa, comprometida con su causa y para poder sostener el funcionamiento de sus vehículos y del programa de caridad de la fundación, requiere el equivalente a 570 millones de pesos al año, los cuales financia utilizando cerca de 300 pesos de las utilidades de uno de sus productos más vendidos y populares, el baguete de atún, sin incrementar el precio al consumidor (Foodservice Footprint, 2008). Los vehículos, por su parte, permiten que la empresa evite la generación de 3 toneladas de CO₂ equivalentes cada año, que se producirían si utilizaran sus vehículos diesel para esta operación. Adicionalmente, los vehículos se cargan en horas de bajo consumo energético, además considerada una tarifa verde; evitan la generación de 11 toneladas de CO₂ equivalentes al año, sin contar que reducen también las emisiones de ruido y material particulado (The Natural Step, 2008).

Además de estas dos iniciativas, la empresa también ha implementado otras estrategias encaminadas a reducir la cantidad de material en el empaque de sus productos, el consumo de electricidad en sus tiendas, y el consumo de agua en los baños de las tiendas, promoviendo la reducción de consumo de papel, aumentando la cantidad de empaques reciclables entre sus productos y reduciendo el número de bolsas plásticas entregadas a sus clientes, aplicando la simple estrategia de preguntar si desean o no una bolsa plástica. Adicionalmente, las frutas y verduras que utilizan para la preparación de sus productos son transportadas en barco o en camión, evitando al máximo los transportes aéreos. También buscan consumir productos locales cuando se encuentran en cosecha para ayudar a disminuir la huella de carbono de sus productos (The Natural Step, 2008).

Por otra parte, la empresa sólo comercializa productos frescos, libres de preservativos y conservantes, buscando generar impactos positivos sobre la salud de sus consumidores

y sobre el medio ambiente en las zonas donde se cultivan. El café que venden es de tipo orgánico, al igual que la leche y los huevos que comercializan.

PREGUNTAS ORIENTADORAS

- ♦ ¿Considera usted que empresas colombianas, en el sector de comidas, podrían implementar programas similares a los de esta empresa británica?
- ♦ ¿Qué otras soluciones le permitirían a la empresa mejorar su desempeño ambiental y responsabilidad social empresarial?
- ♦ ¿Cómo manejaría usted los demás residuos orgánicos (restos de preparación de comida) que genera la empresa para estar en consonancia con la legislación europea que busca reducir los residuos y el número de rellenos sanitarios?

CONCLUSIÓN

El caso de esta empresa de comidas rápidas es un ejemplo por seguir para muchas empresas del sector, que a diario desechan grandes cantidades de comida y de residuos. Por una parte, la comida sobrante la pueden donar a las personas que realmente la necesitan y, por otro lado, pueden buscar alternativas de separación de sus residuos de preparación de comida, para compostarlo, en lugar de enviarlo a un relleno sanitario. Si bien, parte de la decisión de los dueños de la empresa, emprender las acciones para el manejo responsable de los residuos producidos, fue generada por la presión de una legislación ambiental existente; también se dio como una respuesta enmarcada dentro de los principios corporativos de la empresa.

Por otra parte, las empresas, dentro de sus programas de responsabilidad social empresarial, pueden aprender de este caso. Por un lado, se encuentra que un programa de caridad puede funcionar siendo responsable ambientalmente y por otro, se pueden asumir los costos de dicho programa sin incrementar los precios de los productos para el consumidor.

Adicionalmente, la empresa ha emprendido un camino hacia la generación de un negocio sostenible, no quedándose solamente en una o dos iniciativas, sino que continúa trabajando para minimizar los impactos ambientales que ocasiona, como parte de su razón social. Sin lugar a dudas, es un ejemplo por seguir y se espera que en el futuro se puedan documentar otras experiencias que les sirvan a empresas del sector de comidas para disminuir sus impactos ambientales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ecoexpert News. (2010). Atul Interviews Nicki Fisher, Head of Sustainability at Pret a Manger. Obtenido de <http://www.youtube.com/watch?v=o5bZSEIDkOA>

European Comission. (2012). Road Transport: Reducing CO₂ emissions from Vehicles. Obtenido de European Comission: http://ec.europa.eu/clima/policies/transport/vehicles/index_en.htm

European Environmental Agency. (2009). Diverting Waste from Landfill. Obtenido de European Environmental Agency: http://www.eea.europa.eu/publications/diverting-waste-from-landfill-effectiveness-of-waste-management-policies-in-the-european-union/at_download/file

Food Service Footprint. (2008). Pret a Manger - Fighting Food Waste. Obtenido de Food Service Footprint: <http://www.foodservicefootprint.com/best-practice/pret-a-manger-fighting-food-waste>

Forum for the future. (2008). Streamlined Life Cycle Analysis. Obtenido de Forum for the Future: <http://www.forumforthefuture.org/project/streamlined-life-cycle-analysis/overview>

Kendall J (2011). Slow Fast Food. Obtenido de Blog de Kendall Jackson: <http://blog.kj.com/slow-fast-food/>

Pret a Manger. (2012). Sustainability. Obtenido de Pret a Manger: <http://www.pret.com/sustainability/about.htm>

Pret a Manger. (2012). Waste. Obtenido de Pret a Manger: <http://www.pet.com/sustainability/waste.htm>

The Natural Step. (2008). UK based Pret a Manger. Obtenido de The Natural Step: <http://www.thenaturalstep.org/sites/all/files/Pret%20Nov08.pdf>