

# Utilizando el análisis de ciclo de vida para el manejo sostenible de los residuos sólidos en Bogotá

*\*Daniel Gómez*

Fecha de recepción: 17 de abril de 2013  
Fecha de aprobación: 2 de mayo de 2013  
Pag. 41 a 61

\* Maestría Ingeniería Ambiental, *Technical University of Denmark*, Pregrado en Ingeniería Mecánica, Universidad Nacional de Colombia.

## Resumen

Este artículo abarca dos estrategias diferentes para que una ciudad como Bogotá, logre el manejo sostenible integral de residuos sólidos. No es un estado fácil de lograr, debido a que requiere tener en consideración condiciones ambientales, sociales y económicas. El Análisis del Ciclo de Vida (ACV) funciona como una herramienta para guiar a las personas que toman decisiones hacia una solución sostenible. El ACV se utilizó para analizar el manejo de los residuos sólidos en Bogotá y se presentan dos escenarios específicos: la destrucción térmica del biogás del relleno sanitario y la introducción de un nuevo esquema de reciclaje basado en la separación desde la fuente.

Los resultados del análisis realizado por Gómez (2004), muestran que aunque el potencial de calentamiento global se debe al impacto del biogás emitido, la toxicidad persistente es ocasionada en mayor grado, por la perspectiva de la sostenibilidad. Para el caso del esquema de reciclaje, los resultados muestran que los recuperadores o recicladores, necesitan participar activamente en el nuevo esquema, con el fin de reducir los posibles impactos y mejorar la aceptación social del proyecto.

## Palabras clave

Gestión integral de residuos sólidos  
Análisis de Ciclo de Vida  
Análisis ambiental de residuos sólidos  
manejo de residuos sólidos

## **Abstract**

*This article looks upon two different strategies for a city like Bogotá to achieve Sustainable integrated solid waste management. This is not an easy state to achieve, since it requires taking into consideration environmental, social and economical conditions. Life Cycle Assessment (LCA) works as a tool for decision-makers to guide them to a sustainable solution. LCA was used to analyse solid waste management in Bogotá and two specific scenarios are presented, landfill gas flaring and the introduction of a new recycling scheme based on source separation. The results of the assessment done by Gomez (2004) show that although the Global Warming Potential is a very important impact from the emitted gas, Persistent Toxicity is the impact with the highest relevance and importance from the sustainability point of view. In the case of the recycling scheme, the results point out that scavengers need to participate in the new scheme in order to reduce the possible impacts and improve the acceptability of the project.*

## **Keywords**

*Integrated solid waste management, Life cycle impact assessment, Environmental assessment of solid waste, Sustainable solid waste management, Solid waste management in Bogotá.*

**Using life cycle analysis for the sustainable management of solid waste in Bogota.**

# 1. Introducción

Ambientalmente hablando, existen muchas alternativas para la Gestión Integral de Residuos Sólidos (GIRS), pero, desde la perspectiva del desarrollo sostenible la lista se reduce considerablemente. De acuerdo con McDougal, et al (2001), el manejo sostenible de los residuos sólidos debe buscar el equilibrio entre los aspectos económicos, sociales y ambientales (el triple balance). Con este concepto en mente, se evidencia que muchas de las soluciones implementadas en países industrializados no necesariamente resultan sostenibles en países en vía de desarrollo (e.g. Colombia) debido a las diferencias existentes.

Mejorar la forma como los residuos son manejados, desde la perspectiva ambiental, no necesariamente implica que nuevos sistemas sean implementados, sino que se requiere mejorar los ya existentes. Por ejemplo, los impactos generados por las emisiones de biogás, pueden reducirse considerablemente con

un sistema de extracción forzada, seguido de uno de destrucción térmica, pero esa tecnología puede no ser económicamente viable o socialmente aceptada por los vecinos al relleno sanitario. La solución tecnológica para reducir los impactos ambientales debe ser entonces, sostenible social, económica y ambientalmente. El manejo de los residuos en Bogotá, puede ser mejorado sustancialmente con algunas de las prioridades que son mencionadas por Gómez (2004), como el resultado de un análisis ambiental de todo el sistema de gestión de residuos. Para ilustrar el Análisis de Ciclo de Vida (ACV) como una herramienta de la sostenibilidad, ayuda en el proceso de gestión de residuos sólidos. Es importante, anotar que las soluciones presentadas no necesariamente se acomodan para otras ciudades o países del mundo, en donde se requiere hacer el análisis incluso si las condiciones ambientales, sociales y económicas son similares.

## 2. Generalidades del ACV

**D**e acuerdo con UNEP (2005), el ACV es una herramienta para la evaluación sistemática de un producto o sistema de servicio a lo largo de todas las etapas de su ciclo de vida. Provee un instrumento adecuado para el soporte de las decisiones ambientales y ha mostrado ser valioso para documentar las consideraciones ambientales que requieren ser parte del proceso de toma de decisiones hacia la sostenibilidad. La metodología de análisis de ciclo de vida, se encuentra definida en el estándar ISO en la serie 14040.

El estudio realizado por Gómez (2004), estableció los límites del ACV dentro de la gestión integral de residuos sólidos para Bogotá, de acuerdo a lo establecido en el Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos y el Plan Maestro de Residuos Sólidos, en 1999. Adicionalmente, para poder determinar los impactos ambientales, se estableció como unidad de referencia, una tonelada de residuos sólidos generados. En este sentido, se encuentra que los impactos ambientales están

determinados por tonelada de residuo generado.

### 2.1 Análisis de impactos ambientales

Diferentes impactos pueden ser analizados con el ACV y quien lo aplica, debe decidir frente a la metodología e información disponible para poder determinar cuáles se van a analizar. Para el propósito de este artículo, se tomaron en cuenta los siguientes impactos como parte del ACV, de acuerdo con las definiciones dadas por Wenzel, et al, (2001).

#### 2.1.1 Potencial de calentamiento global

Consiste en el calentamiento natural de la atmósfera causado por la absorción de radiación infrarroja causada por la emisión antrópica de gases de efecto invernadero. Para poder cuantificar este impacto, se mide la contribución equivalente en cantidades de dióxido de carbono ( $-\text{CO}_2$ ).

### 2.1.2 Acidificación

Cuando se emiten a la atmósfera compuestos acidificantes, especialmente dióxido de azufre, óxidos de nitrógeno y amoníaco pueden reaccionar con fuentes de iones de hidrógeno (H+) y generar una disminución del pH. La fuente antrópica más significativa de acidificación son los procesos de combustión para la producción de energía eléctrica y calor además de los medios de transporte. Este potencial de impacto, se expresa en cantidades equivalentes de dióxido de azufre.

### 2.1.3 Formación de ozono fotoquímico

La formación de ozono en la tropósfera ataca los compuestos orgánicos en plantas, animales y materiales; a la vez, incrementa la frecuencia de problemas respiratorios durante periodos de *Smog* fotoquímico. Se produce cuando se liberan compuestos orgánicos volátiles a la atmósfera y se oxidan en la presencia de óxidos de nitrógeno (NOx) bajo la influencia de la luz ultravioleta del sol. El impacto se cuantifica en unidades equivalentes de etileno.

### 2.1.4 Eutrofización

Es un impacto sobre los ecosistemas, producido por sustancias que contienen nitrógeno o fósforo. La disponibilidad de uno de estos nutrientes limita el crecimiento en un ecosistema. Se cuantifica usando el nitrógeno o el fósforo como unidades de referencia.

### 2.1.5 Toxicidad humana

La exposición de los seres humanos a sustancias tóxicas estimula el impacto de toxicidad humana. Si la concentración de las sustancias es lo suficientemente alta, los efectos tóxicos pueden ocurrir de inmediato. Puede ser aguda o crónica de acuerdo con los efectos que ocasiona. El potencial correspondiente se mide con respecto al volumen de aire, agua o suelo en el cuál se diluye la emisión de tal forma que no exista efecto toxicológico alguno.

### 2.1.6 Ecotoxicidad

Corresponde a las emisiones que afectan la función y estructura de los ecosistemas. Afecta principalmente, el ambiente a una escala local o

regional. Al igual que la toxicidad humana, el potencial se cuantifica de acuerdo con el volumen de aire, agua o suelo requeridos para diluir la emisión de tal forma que no exista efecto toxicológico alguno.

### 2.1.7 Toxicidad persistente

Esta representa una categoría normalizada que corresponde a los potenciales de impacto de ecotoxicidad y toxicidad humana en una escala regional.



### 3. Gestión de residuos en Bogotá

**B**ogotá ha sido el líder en la gestión de residuos en Colombia. Desde 1987, comenzó con la disposición de los residuos en un relleno sanitario y otorgó la recolección y el transporte de los mismos a empresas concesionarias privadas.

Estas dos acciones, han ofrecido grandes mejoras en el manejo de los residuos para la ciudad, pero fueron acompañados por la decisión de cerrar la vieja estación de transferencia que funcionaba de instalación para la separación de residuos. Hoy en día, la ciudad produce cerca de nueve mil toneladas de residuos por día (Suna Hisca, 2009), de los cuáles unas seis mil toneladas, se disponen en el relleno sanitario y cerca del 21%, son reciclados de manera informal, antes de que los residuos sean recolectados para transportarse al relleno sanitario. Los residuos, restantes se componen de escombros, que no se suelen disponer en el relleno sanitario.

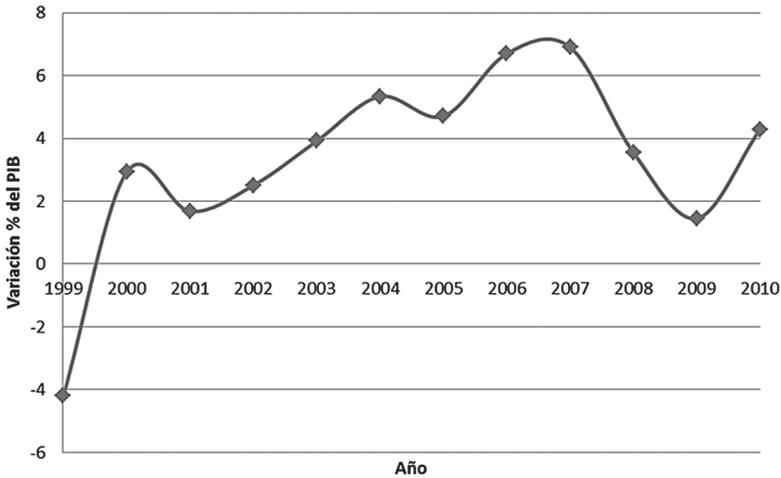
Hasta el año 2006, el relleno sanitario Doña Juana se componía de siete zonas diferentes donde los residuos se depositaron durante cerca de 20 años (Gómez, 2004). No se permite la entrada de recuperadores dentro del relleno y desde 2002 se cuenta con una planta de tratamiento de lixiviados. El biogás no era quemado para su aprovechamiento o destruido térmicamente, sin embargo, hoy en día se desarrolla uno de los proyectos de Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) en el marco del protocolo de Kioto con el biogás del relleno (UNFCCC, 2011).

En 2003, las autoridades locales, en cabeza de la ahora Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos, iniciaron el programa Distrital de Reciclaje en la ciudad, pero a lo largo de los años han encontrado diversos problemas con los recuperadores o recicladores. Uno de ellos es de tipo legal y ya existe una sentencia de la Corte Constitucional (Sentencia C-724 de 2003) que favorece la inclusión social de

los recicladores de oficio, obligando al Gobierno local los tenga en cuenta en futuras licitaciones del servicio de aseo. El Programa Distrital de Reciclaje se inició durante el primer trimestre de 2006, a pesar de haber tenido muchos inconvenientes con los recicladores no

fueron resueltos. En adición a esto, recientes estudios muestran que las condiciones económicas de la ciudad cambiaron (ver figura 1) y esto hizo que la disponibilidad de material potencialmente reciclable variara.

**Figura 1. Variación porcentual del PIB para Colombia desde 1999 hasta 2010**



**Fuente.** Fondo Monetario Internacional, (2011).

Ahora, las autoridades locales requieren tomar decisiones en estos dos temas (gestión de biogás del relleno sanitario y el sistema de reciclaje), con el fin de mejorar el sistema de gestión de residuos sólidos en la ciudad, teniendo en cuenta los aspectos de sostenibilidad. Algunos de los resultados del ACV del sistema actual y las posibles alternativas y tecnologías para mejorarlo,

dados por Gómez (2004), muestran los impactos sociales y ambientales que estas decisiones pueden tener. Los resultados se presentan aquí, como estudios de caso y de esta forma, pueden ayudar a que otras ciudades del mundo implementen herramientas de sostenibilidad (como el ACV) para tomar las decisiones que permitan mejorar el desempeño en la GIRS.

## 4. Destrucción térmica de biogás como un mecanismo de desarrollo limpio

Hacia el año 2001, la UAESP inició labores de buscar una empresa interesada en desarrollar un proyecto de aprovechamiento del biogás del relleno sanitario. Los primeros resultados evidenciaron que el proyecto no era viable económicamente, por lo que requeriría un financiamiento adicional del Distrito para garantizar su sostenibilidad. Uno de los elementos que no hacían viable económicamente el proyecto estaba dado por los bajos costos de generación eléctrica en el país y por el alto porcentaje de energía hidroeléctrica que se produce. Esta condición, hacía que solo se pudiera pensar en la destrucción térmica del biogás, sin hacer generación eléctrica. Un estudio realizado por la Universidad Nacional (2004), mostraba que para hacer viable el proyecto, los inversionistas necesitaban recibir financiación del Gobierno local o de una agencia de cooperación internacional de algún país firmante del protocolo de Kioto.

Después de febrero de 2005, una vez fue ratificado dicho protocolo, los mecanismos de desarrollo limpio, comenzaron a ponerse en operación; el proyecto obtuvo una mayor importancia y finalmente se encontró cómo hacerlo viable y sostenible. La UAESP desarrolló los términos de referencia para el proyecto MDL y lo otorgó a finales del año 2008, una concesión a 21 años. Si el proyecto es visto sólo con la visión de los proyectos MDL, muchos de sus impactos contaminantes (toxicidad y ecotoxicidad) se dejan de un lado, ya que el objetivo principal es mitigar los impactos de los gases de efecto invernadero considerados en el protocolo.

El biogás se compone principalmente, de metano y dióxido de carbono, ambos gases de efecto invernadero. De acuerdo con Eklund et ál. (1998), la composición de metano puede oscilar entre el 45% hasta el 55% en volumen; por su parte, el volumen

de dióxido de carbono resulta complementario al porcentaje de metano. Otros compuestos químicos como el benceno están presentes también en el biogás. Estudios realizados por Christensen et al, (1996), EPA (1998) y Eklund et al, (1998), han mostrado que se genera una gran variedad de compuestos orgánicos y otras sustancias tóxicas dentro del biogás, dependiendo de las características de los residuos dispuestos. Las emisiones de estas sustancias pueden ser relativamente pequeñas en concentración pero desde una perspectiva del ACV no pueden ser despreciadas.

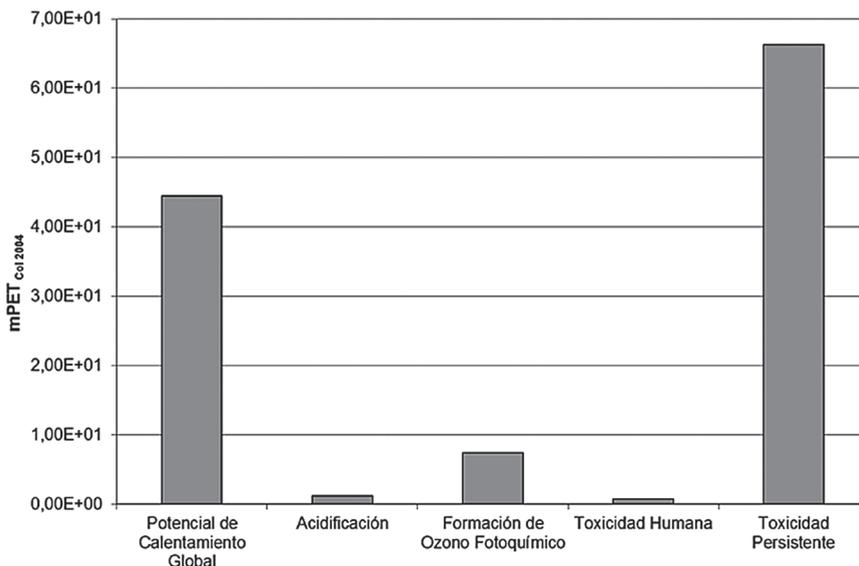
Es importante mencionar que la exposición a algunas de estas sustancias, como en el caso del benceno, puede producir cáncer. A veces, se suele pensar que por tratarse de pequeñas concentraciones en volumen no afectan la salud humana, desconociendo que la exposición es de forma continua y se pueden dar procesos de bioacumulación de dichas sustancias tóxicas. Es importante mencionar que, dentro de los efectos que pueden producir la exposición continua a algunos de los contaminantes presentes en el biogás está el cáncer, las mutaciones, terato-

génesis y las enfermedades respiratorias agudas.

El estudio realizado por Gómez (2004) mostró que los mayores impactos ambientales dados por el biogás en Bogotá, se relacionan con la toxicidad de los compuestos orgánicos diferentes al metano. Aunque el potencial de calentamiento global del biogás es alto, no se presenta como el mayor de los impactos (figura 2). Como se mencionó anteriormente, la categoría de toxicidad persistente es la que muestra el mayor impacto ambiental dado por el biogás del relleno sanitario. Este impacto refleja que aunque la concentración de las sustancias tóxicas presentes en el biogás es pequeña, comparado con el volumen de metano, estas tienen un efecto mayor sobre el medio ambiente.

Los impactos mostrados, están referidos a la cantidad de biogás producido por tonelada de residuos sólidos dispuesta en el relleno sanitario. Los resultados también fueron ponderados y hacen referencia a las emisiones equivalentes por persona, dado un marco de referencia para Colombia en el año 2004 (figura 2).

**Figura 2. Impactos ambientales del biogás**



**Fuente.** Gómez (2004).

Este resultado muestra que, desde una perspectiva global, el impacto del potencial de calentamiento global es lo más importante para el proyecto del biogás. Sin embargo, desde una perspectiva local, la toxicidad persistente es lo más relevante y debe tener la mayor prioridad para su mitigación. Técnicamente hablando, un proyecto que utilice el biogás para cualquier fin energético (incluida la destrucción térmica) debe incluir la destrucción de la mayoría de las sustancias peligrosas. Sin embargo, la tecnología ofrece algunas limitantes y puede ocasionar otros impactos ambientales al reducir algunos otros (*Trade-Offs*).

Esto significa, que algunas de las sustancias tóxicas, se oxidarán para producir algunas otras que pueden tener el mismo o un impacto mayor.

Cuando el biogás es destruido térmicamente utilizando tecnologías con eficiencias superiores al 60% y 98% para la destrucción, el potencial de impacto de calentamiento global se reduce cerca del 57% debido a que el metano (con un factor de calentamiento global equivalente de 25) se transforma en dióxido de carbono (con un factor de calentamiento global equivalente de 1) y en vapor de agua que a pesar de ser un gas de efecto invernadero no se cuantifica

para efectos de este impacto. La toxicidad persistente se reduce también en cerca del 60%, pero la eficiencia depende del tipo de tecnología a utilizar (i.e. la destrucción térmica de baja temperatura puede ocasionar la formación de dioxinas). La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA) ha encontrado que algunas tecnologías sólo destruyen cerca del 80% de las sustancias peligrosas presentes en el biogás y mucho de ello se atribuye al funcionamiento de los mecanismos de control del sistema de destrucción térmica. Sin embargo, hay que reconocer que dicha destrucción es una mejor opción que la ventilación natural del biogás a la atmósfera.

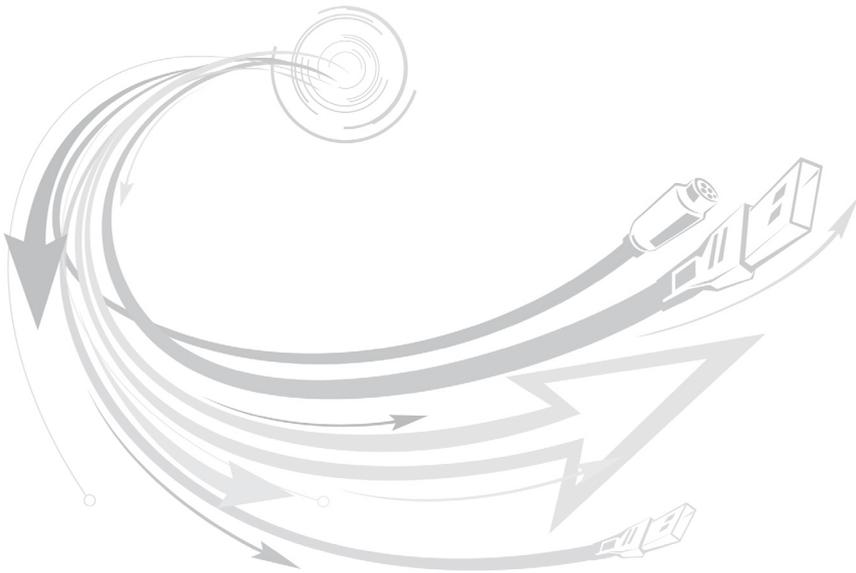
En el mercado actual de certificados de reducción de emisiones, en el marco del protocolo de Kioto, el precio por tonelada equivalente de CO<sub>2</sub> oscila entre cinco y diez Euros, habiendo estado en precios cercanos a los 28 Euros. El proyecto de destrucción térmica del biogás del relleno sanitario Doña Juana tiene contemplada la destrucción anual de 827,384 toneladas de CO equivalentes 4,14 millones de Euros (UAESP, 2010). El proyecto comenzó a emitir los certificados de reducción de emisiones sólo hasta septiembre de 2009 y hasta el 30

de junio de 2011 se han certificado 1.069.993 toneladas de CO<sub>2</sub> equivalentes por este proyecto (UNFCCC, 2011). Por cada tonelada de CO<sub>2</sub> equivalente, el Distrito espera recibir cerca de COL 8400 (UEASP,2010) y adicionalmente recibirá una participación de los ingresos percibidos por la venta de energía eléctrica generada con el biogás, para invertirlos en programas sociales dirigidos a las personas que viven en las poblaciones aledañas al relleno sanitario Doña Juana.

A pesar que la inversión social no está limitada a reparar los daños ocasionados por los impactos ambientales del relleno sanitario, se debería hacer un gran esfuerzo en disminuir los impactos hacia la salud de las personas dados por las emisiones de sustancias peligrosas y de esta forma, reducir el riesgo de aparición de enfermedades crónicas, que son las que se evidencian como de mayor impacto en el ACV realizado. Una posible solución sería la de trasladar a la comunidad aledaña al relleno sanitario (cerca de 2500 personas) hacia terrenos fuera del área de influencia de este, aunque no disminuiría el impacto potencial que tienen algunas sustancias peligrosas que se emiten en el relleno cuyo radio de acción es de cerca de 10 kilómetros.

Proyectos similares de MDL en Brasil y América Central, han establecido en sus documentos de diseño del proyecto que aunque el fin de este es reducir las emisiones de metano, los demás impactos ambientales requieren de la misma atención (UNFCCC, 2012). Para el gobierno local, esta concesión es una oportunidad para mitigar gran parte de los impactos ambientales

ocasionados por el relleno sanitario al implementar mayores controles, especialmente para controlar la emisión de sustancias peligrosas. Esta acción, podría ser vista como un ejemplo a seguir de otras ciudades en el mundo, que están estableciendo proyectos MDL para el manejo y destrucción del biogás de los rellenos sanitarios.



## 5. Impactos de la recuperación

La recuperación de materiales, mal llamada actividad de reciclaje, se ha realizado de manera informal durante más de 50 años en la ciudad por los recicladores de oficio o recuperadores. Hay más de 11.000 recicladores y cerca de 20.000 personas que dependen directamente de esta actividad para el aprovechamiento, comercialización y posterior recuperación de materias primas a través de actividades industriales de reciclaje (UAESP, 2012). Gran parte se desarrolla aún, a partir de la ruptura de bolsas de la basura en la calle, a pesar que algunas personas en la ciudad realizan la separación desde la fuente y dejan el material potencialmente reciclable a un lado para que pueda ser aprovechado por los recuperadores, o recogida por la ruta de recolección selectiva, si esta opera en ese sector de la Ciudad. Los recicladores de oficio recuperan cerca de 1.200 toneladas de materiales entre los hogares y las industrias bogotanas (Suna Hisca, 2009).

En el año 2002, la Ciudad decidió aventurarse instalando un sistema de reciclaje integrado a la gestión integral de residuos sólidos que había estado operando sin mayores contratiempos en la última década. La decisión de la UAESP, era la de dar en concesión toda la gestión de los residuos, incluyendo el nuevo esquema de reciclaje en las seis zonas en las que se encuentra dividida la ciudad para tal fin. Para el cubrimiento quedaron seleccionadas cuatro empresas, las cuales, se comprometieron inicialmente en recoger el material reciclable una vez por semana y los residuos ordinarios dos veces. Sin embargo, esto no se puso en marcha y finalmente, se mantuvieron las tres frecuencias de recolección semanal de los residuos ordinarios; se implementó una ruta especial para los residuos ordinarios, la cuál se inició de manera tímida y hoy tan sólo ofrece un cubrimiento del 33% a los usuarios del servicio de aseo en la Ciudad (Suna Hisca, 2009).

Un grupo de recicladores de oficio organizados (Asociación de Recicladores de Bogotá-ARB que asociaba cerca de 2600 recicladores) participaron en la licitación del año 2003, pero fue descalificada. Los líderes de la asociación consideraron que las razones expuestas para su descalificación eran injustas e instauraron una acción de tutela que fue fallada a su favor (Sentencia C-724 de 2003). La decisión de la Corte Constitucional hace que el gobierno de la Ciudad deba incluir a los recicladores de oficio en las próximas licitaciones de componentes del servicio público de aseo, incluyendo el esquema de reciclaje. Esta decisión se dio un poco tarde, días después de la firma de los contratos de la concesión de aseo en septiembre de 2003.

Durante el periodo comprendido entre los años 2003 y 2012, la administración distrital ha estado en diversas ocasiones negociando, con los recicladores de oficio, alternativas para mejorar el componente de recolección selectiva, de los residuos potencialmente reciclables de la gestión integral de residuos sólidos en la Ciudad. La negociación con los recicladores no ha sido fácil para la UAESP, hasta el punto que han hecho suspender dos licitaciones del servicio de aseo y en la última de estas, lograron que la Corte

Constitucional la dejara sin efecto, por considerar que no existen garantías para la inclusión social de los recicladores de oficio frente a las empresas de aseo que quedarían responsables del servicio público de recolección, barrido y limpieza.

Es importante mencionar que la administración distrital, en el proceso de implementar un esquema de reciclaje para la ciudad, ha pasado por el intento de construir cuatro parques de reciclaje, de los cuáles sólo se ha podido implementar uno a manera de planta piloto a pesar de ser hoy en día llamado como el Centro de Reciclaje La Alquería, donde tan sólo se reciben menos de ocho toneladas al día de residuos potencialmente reciclables y se rechaza cerca del 40% de los mismos (Suna Hisca, 2009). Este sitio, se ha convertido en una oportunidad para vincular laboralmente, de manera formal, a un pequeño grupo de recicladores de oficio, los cuales separan manualmente los residuos potencialmente reciclables que se recogen en las rutas de recolección selectiva para su posterior comercialización.

Los concesionarios de aseo a lo largo del periodo de la concesión, manifestaron su preocupación acerca de la operación del esquema de reciclaje, en el cuál estas son

responsables de la recolección y transporte hasta el Centro de Reciclaje La Alquería. A pesar que la Ciudad debería en este momento contar con una cobertura del 100% de las rutas de recolección selectiva, tan sólo alcanzó un 33% de la misma, aunque las cifras de material alcanzado no corresponden a las que se esperaban, que deberían estar por el orden de las 200 toneladas al día (Suna Hisca, 2009).

Sólo una cosa parece estar clara y es que el reciclaje de oficio informal necesita desaparecer debido a que

es una actividad riesgosa y anti-higiénica (tabla 1). Sin embargo, los recicladores de oficio no pueden ser apartados del esquema del reciclaje que la Ciudad necesita con urgencia (Suna Hisca, 2009). Para que dicho esquema sea sostenible, un gran número de estos debe dejar de romper bolsas o hurgar canecas para dedicarse a otras profesiones relacionadas con la cadena del reciclaje, pero preferiblemente al nivel de la transformación de los materiales y así poder dar valor agregado a los materiales que se recogen.

**Tabla 1. Enfermedades de los recicladores y su frecuencia en 1993**

Enfermedad	# de casos	Frecuencia
Infección respiratoria aguda	321	18%
Infección respiratoria crónica (asmática)	287	16%
Diarrea y parásitos intestinales	199	11%
Problemas ginecobstétricos	190	10%
Desórdenes prenatales	187	10%
Heridas y traumas	148	8%
Enfermedades de la piel	142	8%
Otras	140	8%
Desórdenes osteo-musculares	110	6%
Desórdenes oftalmológicos	83	5%
<b>TOTAL</b>	<b>1807</b>	<b>100%</b>

**Fuente.** Acurio et al. (1997).

En el estudio realizado en el 2004 (Gómez, 2004), se hizo un análisis de los posibles impactos ambientales que traería la prohibición de

la actividad informal del reciclaje y sus resultados muestran que dichos impactos, tienden a incrementarse entre un 3% y un 8% (ver figura

3). Las categorías de impacto donde se experimenta el incremento, son aquellas relacionadas con las emisiones de los vehículos recolectores, ya que se esperaría que incrementarían las distancias recorridas necesarias para recolectar una tonelada de material reciclable. Esto se asume como un escenario posible, donde los recicladores seguirán ejerciendo su labor debido a que no encuentran alternativas para obtener ingresos.

Esta parte del análisis, sólo contempla impactos ambientales y pone en evidencia la necesidad de evaluar los impactos sociales y económicos. Socialmente hablando, prohibir el reciclaje informal, o no incluir a los recicladores de oficio en un esquema formal de reciclaje puede implicar un incremento en el desempleo o el empleo formal y ocasionar un incremento en los anillos de miseria alrededor de la ciudad, donde cerca del 49% de la población de Bogotá tiene un ingreso inferior a los dos dólares al día.

Adicionalmente, dicha prohibición puede ocasionar retaliaciones por parte de los recicladores de oficio contra los empleados de las empresas de aseo o los empleados de las instituciones distritales implicadas (principalmente UAESP). Por otra parte, algunas ONG y fundaciones

que dependen del reciclaje, también pueden verse afectadas por la implementación de un esquema de reciclaje en la Ciudad. Desde el punto de vista económico, la implementación de un sistema de reciclaje puede ocasionar pérdidas sustanciales a la Ciudad. Algunos recicladores continuarán con el ejercicio informal de su actividad y podrán afectar el flujo de caja esperado del proyecto.

Aunque los profesionales que realizan ACV, continúan en el proceso de validar un método para cuantificar los impactos sociales como los expuestos aquí, en este estudio es importante mencionarlos dada la condición socioeconómica de los recicladores de oficio en un esquema de reciclaje para la Ciudad. Gómez (2004), propone el uso de unos factores de evaluación de acuerdo con la aceptación social, donde una baja aceptación del proyecto podría mostrar un incremento de los posibles impactos hasta en un 320%. La utilización de estos factores puede mostrar los posibles impactos esperados y las consecuencias sobre los mismos de acuerdo con la aceptación social del esquema o sistema elegido, y según lo expuesto anteriormente.

Es importante resaltar que, el sistema de Gestión Integral de Residuos

sólidos de Bogotá tiene un alto potencial de mejora que no sólo está dado por el biogás y el esquema del reciclaje, sino que existen factores como el transporte, la separación desde la fuente y el sistema de

tratamiento de lixiviados que tienen también impactos significativos que se podrían mitigar e incluso generar impactos positivos desde una perspectiva de sostenibilidad (Gómez, 2004).



## 6. Conclusiones

A lcanzar una Gestión Integral de Residuos Sólidos sostenible no es una tarea fácil, pero el proceso de toma de decisiones para diseñar un sistema que lo sea, debe estar soportado en herramientas como el ACV que son muy útiles en el desarrollo del proceso. Desde una perspectiva del ACV, el biogás no sólo es una emisión que tiene el potencial de ocasionar el impacto de calentamiento global, sino que además, contiene sustancias peligrosas que pueden causar cáncer, mutaciones y problemas respiratorios agudos. Un proyecto MDL no debería sólo concentrar sus esfuerzos en transformar el metano en emisiones de dióxido de carbono, sino que debería tener en cuenta los demás posibles impactos ambientales asociados al proyecto.

La ciudad de Bogotá necesita implementar un esquema de reciclaje (basado en la separación desde la fuente) en un futuro cercano. Como lo muestran los resultados del Análisis de Ciclo de Vida, este nuevo esquema debe aprovechar la

invaluable experiencia que aportan los recicladores de oficio. La labor de los recicladores, de romper bolsas en la calle, debe desaparecer; pero esto no significa que los recicladores deban ser sacados de sus actividades profesionales. Si esto sucede puede tener consecuencias ambientales, sociales y económicas extremadamente negativas, algunas de ellas no calificadas en los resultados mostrados en el ACV con la metodología aplicada.

Por otra parte, la destrucción térmica del biogás y la estrategia social para un esquema de reciclaje, son algunos ejemplos de cómo el ACV funciona como una herramienta del desarrollo sostenible para la GIRS. Esta herramienta, permite evaluar diferentes escenarios de la gestión integral, ponderar los impactos para poder evaluarlos en una escala equivalente, para finalmente, tomar decisiones que permitan disminuir los impactos ambientales totales en el sistema de gestión.

## 7. Referencias

- Acurio et al. (1997). Diagnóstico de la Situación del Manejo de Residuos Sólidos Municipales en América Latina y el Caribe, Washington D.C. Disponible en: <http://www.cepis.ops-oms.org/acrobat/diagnost.pdf>
- Christensen, T.H. et al. (1996). Landfilling of waste: biogas. E&FN SPON. Londres, Reino Unido.
- Eklund, B. et al. (1998). Characterization of Landfill Gas Composition at the Fresh Kills Municipal Solid Waste Landfill. Environmental Science & Technology. 32 (15), 2233-2237. Austin, TX. USA.
- EPA. (1997). Environmental Protection Agency (EPA). Research Triangle Park, NC.,USA.
- Gómez, D. (2004). Environmental Assessment of Waste Management Systems in Bogotá, (Tesis inédita de maestría) Department of Environment and Resources, Technical University of Denmark.
- McDougall, F. et al. (2001). Integrated Solid Waste Management: A Life Cycle Inventory, Second Edition, Blackwell Science.
- Suna Hisca. (2009). Diseño, en su primera etapa, de un modelo con alternativas de aprovechamiento de los residuos sólidos reciclables en el Distrito Capital. Corporación Suna Hisca para la Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos.
- UAESP. (2010). Plan de Gestión Social para la recuperación territorial, social, ambiental y económica del área de influencia directa del relleno sanitario Doña Juana 2009-2013. Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos y Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo Regional. Bogotá.

UAESP. (2012). Aportes para la Construcción de la Política Basura Cero Bogotá Humana. Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos.

UNEP. (2005). Life Cycle Assessment. Environmental Management Tools. United Nations Environmental Programme (UNEP). Disponible en: <http://www.uneptie.org/pc/pc/tools/lca.htm>

UNFCCC. (2011). Project 2554: Doña Juana landfill gas-to-energy Project. United Nations Framework Convention on Climate Change. Disponible en: <http://cdm.unfccc.int/Projects/DB/TUEV-SUED1241446939.84/view>

UNFCCC. (2012). Registered projects. <http://cdm.unfccc.int/Projects/registered.html>

Universidad Nacional de Colombia. (2004). Informe del Convenio Especial de Cooperación de Ciencia y Tecnología N° 08 – por medio del cual se realizó el establecimiento de un acuerdo de cooperación académica, científica, tecnológica y de fortalecimiento en la prestación de servicios mutuos entre las dos entidades, tendiente a obtener la selección de la mejor propuesta técnica y económica para el diseño, construcción y operación de un sistema para el aprovechamiento del biogás proveniente del Relleno Sanitario Doña Juana del Distrito Capital, aplicando el Mecanismo de Desarrollo Limpio – MDL – Bogotá.

Wenzel, H. et al. (2001). Environmental Assessment of Products, Volume 1: Methodology, tools and case studies in product development. Kluwer Academic Publishers.