

**UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
FACULTAD DE ECONOMÍA
MAESTRÍA EN ECONOMÍA DEL MEDIO AMBIENTE Y LOS RECURSOS
NATURALES - PEMAR**

**EVALUACIÓN DE LA POLÍTICA PÚBLICA SOBRE LA REGIONALIZACIÓN
DE LA DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS EN COLOMBIA**

**Tesis de grado para optar por el título de Magíster en Economía del Medio Ambiente
y los Recursos Naturales**

**Asesor:
M.Sc. JUAN CARLOS MENDIETA**

**Coasesor:
M.Sc. JORGE ALBERTO SEFAIR**

**Presentado por:
JULIO CÉSAR DEL VALLE RUEDA
Código: 200319037**

**BOGOTÁ
ENERO DE 2009**

RESUMEN

El presente estudio es una aplicación del modelo de priorización de inversiones en empresas públicas presentado por Medaglia, Hueth, Mendieta y Sefair (2006). Dicho estudio maximiza los beneficios generados por un portafolio, definiendo las fechas adecuadas de inicio de cada proyecto. Esta aplicación, es una evaluación de la política de regionalización de la disposición final de residuos sólidos, en función de la minimización de la pérdida de bienestar que un relleno sanitario ocasiona. Se analizaron posibles impactos que pueden generarse a lo largo de la vida del relleno; los económicos se definen como la pérdida de bienestar que sufriría cada uno de los usuarios, por cada año que se atrase la construcción del proyecto; los privados se definen como los costos de implementar su operación, los cuales son trasladados vía tarifas; los sociales se definen como la pérdida de bienestar, dada la disminución del valor de un predio en función de la cercanía al relleno. Se realizaron simulaciones bajo diferentes contextos, cuantificando los cambios de bienestar de los hogares, determinado las acciones que debe acometer el Gobierno frente a la regionalización.

Palabras Clave: Política Pública. Regionalización de la Disposición Final de Residuos Sólidos. Relleno Sanitario.

Clasificación JEL: H75, K23, L43, R53, R58

AGRADECIMIENTOS

El autor quiere agradecer a:

Al Ingeniero, M.Sc., *Juan Carlos Mendieta*, quien con su tutela y asesoría, contribuyó en el desarrollo de la presente propuesta.

Al Ingeniero, M.Sc., *Jorge Alberto Sefair* y al Ingeniero *Juan David Palacio* quienes con sus acertados comentarios apoyaron la construcción de los resultados presentados.

Al Doctor *Andrés Lizarazo*, Coordinador del Grupo de Residuos Sólidos del Viceministerio de Agua Potable y Saneamiento del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, por su entera disponibilidad para facilitar la información requerida y dedicar tiempo para conocer de este proyecto.

A mis colaboradores más cercanos, *Nelly Irreño, Juanita Lopera, Carolina Marín* y *Daniel Revollo*; cada uno desde su especialidad apoyó la materialización del modelo propuesto.

Finalmente a *Fair Isaac Corporation* por proveer las licencias de Xpress-MP bajo el Academic Partner Program suscrito con la Universidad de los Andes.

1. INTRODUCCIÓN

En los últimos años han venido siendo analizadas algunas de las problemáticas que enfrenta la prestación del Servicio Público de Aseo en los diferentes componentes que lo conforman, debido a que no sólo es prioritario atender la calidad del servicio prestado sino que merece especial cuidado en cuanto al impacto social que genera, ya que de no atenderse adecuadamente, el mismo tendría claros y graves efectos sobre el ambiente y la salubridad pública.

Como se expondrá más adelante, distintos análisis desarrollados por instituciones gubernamentales y gremiales permiten concluir que una de las principales amenazas que enfrenta este servicio es la inadecuada disposición final de los residuos sólidos. Ante esta problemática se hace urgente en Colombia generar política pública de manejo eficiente de residuos sólidos que tenga en cuenta los costos económicos, privados y sociales. Lo anterior se sintetiza en dos situaciones a saber: (i) El mecanismo idóneo para realizar una disposición final sostenible ambientalmente es la construcción de rellenos sanitarios, tecnología que aún no ha sido implementada en todas las regiones del país y, (ii) los rellenos en operación están ad portas de finalizar sus vidas útiles. Lo anterior debe ir acompañado de análisis económicos que permitan establecer de manera adecuada los costos que enfrentará la sociedad.

Si bien es cierto que para contrarrestar las cargas residuales de las actividades residenciales, comerciales, industriales y estatales, se podría hacer uso de tecnologías emergentes¹, no lo es menos que la capacidad de nuestra economía no hace viable su implementación. En suma, algunas de estas tecnologías no han sido probadas en nuestro medio, lo cual puede poner en riesgo la salud pública y la conservación ambiental, en detrimento de los escasos recursos con los que dispone el sector para su sostenimiento y expansión. Dichos recursos, provienen del Sistema General de Participaciones², los cuales se han destinado principalmente a subsidiar la demanda³, y de las facturas que pagan los usuarios como contraprestación del servicio. En algunas ocasiones se cuenta con recursos de la Banca

¹ Catalogadas dentro de estas actividades la producción de bioabono, plantas de tratamiento industrial de basuras, hornos incineradores de basura, entre otras.

² Acto Legislativo Número 04 de 2007 y Ley 1176 de 2007.

³ El subsidio a la demanda se refiere principalmente a otorgar subvenciones a las facturas de los usuarios de los estratos 1, 2 y 3.

Multilateral que en los últimos años se ha interesado en la financiación de proyectos en infraestructura⁴.

Así las cosas, el objetivo general del presente estudio es adelantar una evaluación a la política pública en cuanto a la regionalización de la disposición final de residuos sólidos, incluyendo varios criterios para la toma de decisiones. Tal evaluación, utilizando herramientas económicas y del campo de la investigación de operaciones, permitirá especificar un modelo para establecer el nivel de sensibilidad de diferentes escenarios para la política de manejo eficiente de residuos sólidos en Colombia, considerando el conjunto de restricciones que se enfrentan⁵.

Las preguntas que se quieren responder en este estudio son: (i) ¿Cómo es el comportamiento de los efectos de la política pública sectorial, frente a las particularidades técnicas, sociales y de política local que se afrontan? (ii) ¿La política diseñada por el Gobierno Nacional, realmente se puede constituir como una herramienta que permita realizar una primera aproximación a la solución de la problemática de la disposición final en determinadas regiones del país?

Por ende, los objetivos específicos por alcanzar son:

1. Desarrollar una aplicación al modelo multicriterio para la escogencia y selección de los momentos oportunos para el desarrollo de proyectos de empresas de servicios públicos⁶, evaluando la política pública de regionalización de la disposición final.
2. Realizar una aproximación teórica a los tiempos óptimos para el desarrollo de un relleno sanitario (frente a un portafolio de proyectos), en atención a la captura financiera de las economías de escala (derivadas a partir de la regionalización), y la minimización de los impactos económicos y sociales que se ocasionen.
3. Evaluar la política pública en un portafolio de proyectos piloto, en donde el MAVDT⁷ se encuentra incentivando la regionalización de la disposición final.

⁴ World Bank(2004, septiembre).

⁵ Es claro que la política pública implica la optimización de las fuentes financieras, maximizando la atención de los usuarios del servicio a un mínimo costo (económico, privado y social).

⁶ Medaglia, A. Hueth, D. Mendieta J. Sefair, J. (2006, Septiembre).

⁷ Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial.

El documento presenta en la siguiente sección, la realidad actual del servicio de aseo, profundizando en la disposición final y justificando la necesidad de evaluar la política sectorial. Luego, se analiza el marco teórico en función del cual se pretende desarrollar la evaluación de la política sectorial. Posteriormente, en la sección 4 se desarrolla el modelo en cumplimiento de los objetivos propuestos. Paso seguido, se presenta la línea base de la política sectorial. En la sección siguiente se explican los escenarios que se plantean para simular cambios con respecto a la línea base. En la sección 7 se efectúan las simulaciones y se analizan los resultados obtenidos en aplicación del modelo. A continuación se exponen las conclusiones. Por último, se señalan las referencias utilizadas.

2. EL SERVICIO DE ASEO EN COLOMBIA Y EVALUACIÓN DE SUS PERSPECTIVAS

En el año 1993, la Ley 99 creó el Ministerio del Medio Ambiente – MMA - (hoy MAVDT) como ente generador de la Política Pública Ambiental y la gestión integral de los recursos naturales renovables. De acuerdo con lo establecido en su principio 7, artículo 1°, se entiende que esa institución es la encargada de definir las políticas en materia de recuperación, conservación, y ordenamiento del medio ambiente. Un año más tarde, se sancionó la Ley 142 de 1994, la cual definió al servicio de aseo en su artículo 14.24⁸. El ámbito de aplicación en cuanto a las actividades que se prestan mediante este servicio es entre otras, la disposición final de los residuos sólidos. Como resultado del marco legal expuesto, el MMA expidió el Decreto 1713 de 2002, que definió dos categorías del servicio de aseo (ordinario y especial).

De manera paralela a estos avances reglamentarios, la SSPD⁹ señalaba que uno de ocho de los factores que limitan el aumento de efectividad y eficiencia de los servicios de manejo de los residuos era: “(i) *Escaso seguimiento y monitoreo a la fase de disposición final.*”¹⁰. Esta situación motivó la expedición del Decreto 838 de 2005 por parte del MAVDT, con el fin de que los municipios formularan los PGIRS¹¹, y realizaran las labores de disposición final mediante la tecnología de relleno sanitario.

⁸ “Es el servicio de recolección municipal de residuos, principalmente sólidos. También se aplicará esta ley a las actividades complementarias de transporte, tratamiento, aprovechamiento y disposición final de tales residuos.”

⁹ Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios.

¹⁰ SSPD (2003).

¹¹ Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos.

Ahora bien, mientras este marco normativo se edificó, la disposición final atravesó por una crisis, tanto que en la actualidad, uno de los problemas más graves que enfrentamos en cuanto al saneamiento es precisamente la inadecuada prestación de esa actividad; el análisis que se desarrolla a continuación soporta objetivamente esta afirmación.

De acuerdo con la SSPD (2008), en Colombia se generan aproximadamente 25.000 toneladas por día de residuos sólidos; la normatividad vigente exige que éstos se dispongan en rellenos sanitarios¹². Para el año 2003, se tenía que solamente un 33%¹³ de los sistemas utilizados para la disposición final eran rellenos. Ya para junio de 2006, y por la aplicación del artículo 84 del Decreto 1713 de 2002, la disposición inadecuada del total de municipios del país, se redujo al 30% aproximadamente¹⁴. A pesar de que el sector ha venido mejorado sus indicadores, los resultados aún no son alentadores. Basta con revisar el estudio sectorial del servicio de aseo preparado por la SSPD (2007); analizado el periodo 2002 a 2005 se puede concluir que cerca del 50% de los rellenos sanitarios en operación, se encontraban próximos a culminar su vida útil.

En suma, la expedición por parte del MAVDT de la resolución 1390 de 2005, promovió el cierre de botaderos a cielo abierto mediante la implementación de celdas transitorias para lograr su adecuada clausura; de acuerdo con la SSPD (2007), la aplicación de la norma generó que 145 botaderos a cielo abierto fueran clausurados; sin embargo, no se evidencia aumentos considerables en el número de rellenos sanitarios, lo cual incrementa los costos del servicio por las grandes distancias que se deben recorrer para acceder a este tipo de infraestructura.

Sumado a toda la problemática descrita, Las Autoridades Ambientales Regionales – AAR, entidades encargadas de asignar las licencias ambientales para la construcción de los rellenos¹⁵, han venido “*politizando*” tal actividad, lo cual ha dificultado el establecimiento de estos sistemas en algunas regiones, convirtiéndose en parte del problema y no de la solución¹⁶.

¹² La Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico – CRA, mediante la expedición de la metodología tarifaria para el servicio público de aseo, sólo reconoció esta tecnología como factible para la disposición final.

¹³ Econometría. (2004, febrero).

¹⁴ SSPD (2008).

¹⁵ Ley 99 de 1993.

¹⁶ Análisis propios realizados en la Secretaría Sectorial de la Cámara de Aseo de ANDESCO – año 2006.

Adicionalmente, El Banco Mundial manifestó que con el fin de ampliar coberturas de servicios públicos en países como el nuestro, es imprescindible una fuerte inversión de capital privado, el cual aseguraría el apoyo de la Banca Multilateral¹⁷. Atendiendo esta observación, es claro que una vinculación privada mayor, se promueve mediante una clara optimización de los recursos que financian el servicio.

El panorama que se ha puesto de manifiesto, hizo que la política sectorial se enfocara en la generación de condiciones necesarias para incrementar la oferta de rellenos regionalizados. En consecuencia, el MAVDT en el marco del VIII Congreso de Servicios Públicos Domiciliarios¹⁸ lanzó la siguiente política en torno a la disposición final de residuos sólidos; “Apoyar la implementación de la política integral para la gestión de residuos sólidos: a. Asignación prioritaria de recursos para apoyar la disposición final regionalizada.”¹⁹. Es de resaltar que esta política concuerda con la normativa vigente²⁰, la que se materializó mediante la expedición del documento CONPES 3530 del 23 de junio de 2008.

En desarrollo de dicha política, el MAVDT conjuntamente con el FONADE²¹ contrataron un estudio²² cuyo objetivo principal fue “la implementación y puesta en marcha de un esquema regional de disposición final a partir de una región piloto”²³. Posteriormente, en febrero del presente año, el MAVDT presentó una propuesta al Banco Mundial²⁴, definiendo un portafolio de proyectos piloto, en donde se considera oportuna la regionalización²⁵.

En conclusión, la evaluación de la política de regionalización de la disposición final, es necesaria para analizar los efectos de su implementación²⁶ frente a ciertas particularidades

¹⁷ World Bank (2004, septiembre).

¹⁸ Evento organizado por la SSPD y ANDESCO los días 28, 29 y 30 de junio de 2006 en la Ciudad de Cartagena de Indias.

¹⁹ Tomado de: Memorias VIII Congreso de Servicios Públicos Domiciliarios. (2006, 29 de junio). La excelencia en el Servicio de la SSPD y ANDESCO. Presentación Panel Sectorial Aseo. Proyecto de documento CONPES para la prestación del servicio público domiciliario de aseo. Intervención de la Dra. Leyla Rojas Molano, Directora de Agua Potable, Saneamiento Básico y Ambiental- MAVDT.

²⁰ Artículo 85 del Decreto 1713 de 2002.

²¹ Fondo Financiero de Proyectos de Desarrollo.

²² Consorcio Plataforma Ambiental- Cundinamarca.

²³ Mediante este estudio, fue posible establecer diferentes escenarios para la regionalización en Boyacá.

²⁴ Propuesta de Portafolio de Proyectos de Rellenos Sanitarios en Colombia.

²⁵ El objeto de esta propuesta es la solicitud de apoyo por parte de la Banca Multilateral, a la financiación de estudios de factibilidad, que le permitan al país la asignación óptima de recursos, para el desarrollo de proyectos de saneamiento básico (incluyendo la disposición final regionalizada como política pública).

²⁶ En concordancia con los tiempos definidos por el Gobierno para acometerlos y atendiendo las restricciones que de orden privado y social se enfrenten.

que pueden enfrentar los proyectos a desarrollar, para proponer ajustes en el proceso adelantado y superar la problemática descrita.

3. MARCO TEÓRICO

Fruto de la revisión bibliográfica adelantada, se encontró que existe un sinnúmero de modelos de optimización de rutas y ubicación de rellenos sanitarios soportadas en metodologías matemáticas; autores como List y Mirtchandani (1991), suman a su modelo diversas situaciones adversas para realizar las actividades de recolección y disposición, con el objeto de replantear tanto las rutas como la ubicación de los sitios de disposición.

Por otro lado, en cuanto la implementación de la tecnología de relleno sanitario, se pudo constatar a partir de Jenkins, Maguire & Morgan (2004), Highfill, McAsey & Michael (2004), Rydin, (1998) y Maqsood, Huang & Zeng (2004), que predominan estudios frente a la medición de los impactos de la regulación económica y ambiental (por ejemplo el establecimiento de compensaciones económicas para las zonas hospederas de residuos sólidos o imposición de multas por incumplimiento de la reglamentación vigente). Adicionalmente, frente al tema en comento, se desarrollan análisis en cuanto el desarrollo de rellenos sanitarios en las zonas de influencia donde se concentran ciertas industrias (Blair & Hite, 2005 y Sasao, 2004).

Así las cosas, en el numeral 1 de la presente sección se revisan diferentes políticas para la administración y gestión de los residuos sólidos. En el numeral 2, se presenta el modelo teórico escogido en desarrollo de la presente propuesta, complementado por los elementos que se atenderán para la construcción del modelo empírico, que se aplica para el estudio de caso acerca de la implementación de la Política Pública de regionalización para la disposición final en Colombia.

3.1 Políticas para la Administración y Gestión de los Residuos Sólidos

De acuerdo con Kinnaman y Fullerton (1999), la estrategia para la gestión de los residuos sólidos en la segunda mitad de los años setenta era la utilización de rellenos locales. Posteriormente, las actividades de reciclaje y/o aprovechamiento se vuelven populares en Europa, dadas las subvenciones estatales que se otorgaron en esta región.

Dicha tendencia se fue adoptando durante los ochenta y noventa en Norte América y Japón, donde el común denominador para la gestión de los residuos era la disminución del material a disponer, dadas las actividades de reincorporación de aprovechables a las cadenas productivas. En suma, debido a la disminución de residuos, se comienza a preferir recorrer mayores distancias para disponerlos en sitios que atienden dos o más localidades.

Para la década de los noventa, algunos estudios hacen uso de la teoría de impuestos Pigouviana; Dobbs (1991)²⁷ estableció costos sociales relacionados con las externalidades que generan las actividades de aprovechamiento (subsidios), versus los costos atados a las externalidades provocadas por disponer residuos. Este tipo de análisis comienza a generar una cultura de aprovechamiento, y se profundiza en los beneficios derivados de incorporar dentro de los mercados, esta clase de materiales. Lo anterior, adicionado a la adopción de instrumentos de comando y control²⁸, promueven las actividades de aprovechamiento en Norte América y Europa²⁹. Sin embargo, en Estados Unidos no se ha logrado promover la regionalización de la disposición final a lo largo del país, y a que se encuentra prohibido el traslado de residuos interestatalmente. Bajo este entendido, la regionalización de la disposición final se ha dado al interior de cada estado.

En conclusión, el estado actual en los países desarrollados es promover la disminución de los residuos, fortaleciendo el reciclaje. A propósito, Lah (2002) realiza una revisión sobre las alternativas para gestionar la disposición final mediante un análisis costo-beneficio, señalando que la EPA³⁰ considera en orden de preferencia: (i) Programas de reducción de residuos sólidos; (ii) reciclaje, incluyendo el compostaje; (iii) incineración para la recuperación energética y (iv) disposición de residuos en rellenos sanitarios.

Cuando se profundiza en estudios de actualidad para países en vía de desarrollo, se evidencia que en éstos se han presentado pocos acercamientos a la política de regionalización de la disposición final. De acuerdo con Andesco, Midesarrollo & Banco Mundial (2001), Lerner (2001), la Organización Panamericana de la Salud. (2003) y Econometría S.A. & la CRA (2004), se puede concluir que la regionalización se ha

²⁷ Se corrobora lo expuesto por Kinnamany Fullerton (1999).

²⁸ Kinnamany Fullerton (1999).

²⁹ Las medidas de comando y control sobre los hogares hacen obligatoria la actividad de reciclaje en cuanto un mínimo de materiales aprovechables frente al total de residuos producidos por el hogar.

³⁰ Environmental Protection Agency – Estados Unidos.

retrasado, a pesar de que la evidencia internacional demuestra que la solución a sus problemáticas es la conglomeración de los mercados. Una de las principales dificultades ha sido lograr una concertación política entre las administraciones locales, dada la tendencia general por un manejo descentralizado del servicio. Brasil, Chile, Méjico y Colombia son un claro ejemplo de la privatización y de la promoción de la regionalización de la disposición final; la privatización en la prestación del servicio a nivel latinoamericano ha propendido por un manejo regional de los rellenos sanitarios.

Sin embargo, al analizar el “*Diagnóstico Nacional sobre Aprovechamiento de Residuos Sólidos*”³¹ de Colombia; dos conclusiones del estudio son destacables: (i) “*La separación en la fuente es un aspecto que no se ha desarrollado totalmente a pesar de estar incluido en los programas de los PGIRS de la mayoría de las plantas.*”, y (ii) “*...se observa que el mercado de los productos del tratamiento es generalmente limitado a unas cuantas empresas que imponen sus condiciones de compra y requerimiento de cantidades, lo que permite concluir que las plantas de tratamiento están limitadas...*”.

Las anteriores consideraciones confirman entonces, que Colombia aún está rezagada en cuanto las políticas públicas de gestión de residuos sólidos, encontrándose aún en lo que se podría denominar como una primera fase, que consiste en la promoción de la “*disposición final regionalizada*”³².

3.2 Modelo Multiobjetivo para la Selección de los Momentos Oportunos para el Desarrollo de Proyectos de Empresas de Servicios Públicos

Sobre el tema que compete el presente estudio, muy pocos son los desarrollos disponibles que encaren una metodología para la evaluación de políticas en cuanto la regionalización de la disposición final, dadas las restricciones económicas, financieras y sociales de la población y de los Gobiernos. Sin embargo, Medaglia, Hueth , Mendieta y Sefair (2006), proponen un modelo multiobjetivo para la escogencia y selección de los momentos oportunos para el desarrollo de proyectos de empresas de servicios públicos, dado un portafolio de candidatos por emprender.

³¹ Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (2008).

³² Documento CONPES3530 (2008)

Este modelo reconoce que la selección de proyectos, frente a un portafolio propuesto, puede ser un proceso complejo, ya que simultáneamente se requiere maximizar las condiciones económicas, privadas y sociales de los agentes involucrados. Bajo este entendido, se deben satisfacer un conjunto de condiciones cronológicas en cuanto el inicio de los proyectos (fechas factibles de inicio más temprana y más tardía de cada uno de los componentes del portafolio), un presupuesto máximo disponible (variable exógena) y un flujo de caja que se deriva de cada uno de los proyectos (variable endógena). Lo anterior se puede sintetizar en: (i) No todos los proyectos se pueden iniciar el mismo periodo; (ii) cada uno de ellos tiene su propia restricción técnica, tal como las relaciones de precedencia entre proyectos y, (iii) se tienen presiones externas de carácter político.

En virtud de lo anterior, un portafolio de proyectos que adelante una empresa de servicios públicos, buscará maximizar las condiciones privadas, sociales y económicas, dándole peso específico a cada uno de los criterios mencionados³³, señalando los proyectos seleccionados con su fecha de inicio. De lo anterior resulta el desarrollo cronológico óptimo del portafolio frente a cinco (5) restricciones, dado un peso específico relacionado con cada una de las condiciones económicas, privadas y sociales, permitiendo realizar análisis de sensibilidad.

Las restricciones que son atendidas en este modelo son: (i) Cada proyecto tiene al menos una fecha de inicio; (ii) existe un número mínimo y máximo de proyectos del portafolio a desarrollar; (iii) se encuentra plenamente definida una serie de relaciones de precedencia entre los proyectos, (iv) se cuenta con un presupuesto de inversión definido y (v) el presupuesto disponible no puede ser negativo al final del periodo de análisis.

Dada la constitución de este modelo, se encontró factible su aplicación para evaluar la Política Pública en cuanto la regionalización del componente de disposición final, ya que como se mencionó, el Gobierno ha propuesto un portafolio de rellenos sanitarios regionales, que de acuerdo con la voluntad política, se irán desarrollando en los próximos años.

Ahora bien, para evaluar la política de regionalización se realiza una aplicación del modelo analizado, minimizando el agregado del total de los impactos económicos, privados y

³³ El modelo maximiza la suma de los pesos (normalizados) de cada una de las variables privadas, sociales y económicas, cuya ponderación dependerá del evaluador del portafolio, según las condiciones que se enfrenten de manera particular.

sociales relacionados³⁴, que pueda ocasionar cada uno de los rellenos del portafolio propuesto, en busca de generar el mínimo impacto posible sobre la comunidad:

$$\boxed{COST_{i,econ}; COST_{i,priv}; COST_{i,soc}} \quad (1)$$

siendo:

$$COST_{i,econ} = I_{it}^1; \text{ con } l=1. \quad COST_{i,priv} = I_{it}^2; \text{ con } l=2. \quad COST_{i,soc} = I_{it}^3; \text{ con } l=3.$$

Donde:

- l : Se refiere al criterio (impacto) que se analiza sobre el Indicador I_{it} (económico=1; privado=2; social=3).
- i : Relleno sanitario analizado; $i \in P$, como se verá en la sección 4.1.
- t : Este subíndice implica que, la totalización de los costos sobre el criterio que se está analizando de cada relleno, se realiza en términos constantes. No se tiene en cuenta entonces, los efectos del valor del dinero en el tiempo³⁵.
- I_{it}^1 : Indicador Económico; totaliza el costo económico que genera el relleno sanitario i ; se define como la pérdida de bienestar que sufriría cada uno de los usuarios del relleno i , por cada año que se atrase la construcción del proyecto, debido a que no se cuenta con la infraestructura adecuada para llevar a cabo la disposición final de sus residuos sólidos. Su cálculo se hace explícito en la sección 4.3.
- I_{it}^2 : Indicador Privado; totaliza el costo privado que genera el relleno sanitario i ; son los costos en que se incurre para poder implementar la operación durante su vida útil. Dichos costos son regulados y transferidos a los usuarios a través de las tarifas cobradas por la prestación del servicio público de aseo. Su cálculo se hace explícito en la sección 4.4.
- I_{it}^3 : Indicador Social; totaliza el costo social que genera el relleno sanitario i ; se interpreta como las des amenidades que puede enfrentar una comunidad (dentro de su área de influencia) durante la vida útil del relleno sanitario. Su cálculo se hace explícito en la sección 4.5.

³⁴ Tal y como se presenta en la sección 4.1.

³⁵ Como se verá a lo largo del presente documento, todos los valores monetarios se trabajarán con una proyección a pesos colombianos de enero de 2009.

Como se puede observar, los impactos se calculan atendiendo los costos en que incurren las comunidades afectas a cada uno de los rellenos. A continuación, en la sección 3.2.1 se explica el cálculo de la variable económica; en la sección 3.2.2 el de la variable privada; en la sección 3.2.3 el de la variable social. Las anteriores variables conformarán la construcción de los indicadores I_{it} descritos.

3.2.1 Medición del impacto económico de un relleno sanitario del orden regional. Con el objeto de contabilizar el impacto económico que genera un relleno sanitario del orden regional sobre la comunidad afectada por su construcción, se hace necesario utilizar métodos como el de valoración contingente, con el fin de inferir el valor que cada uno de los usuarios del relleno le asigna a este servicio público.

Fundamentalmente, se trataría de conocer lo que cada uno de los usuarios estaría dispuesto a pagar por el beneficio de contar con un sitio adecuado para la disposición final de sus residuos sólidos; o lo que sería lo mismo, cuánto estarían dispuestos a recibir como contraprestación por no contar con un sitio adecuado para adelantar tal actividad.

Para casos como el de Colombia, existe una metodología alterna que permite la valoración de estos impactos, dado que métodos como la valoración contingente³⁶ pueden resultar costosos y complejos, debido a la carencia de información y la dificultad de llevar a cabo la metodología en comento para cada uno de los proyectos del portafolio propuesto.

La alternativa consiste en calcular estimativos de los resultados de la aplicación de políticas (ya aplicadas), en sitios donde no se haya implementado una política similar. La herramienta es conocida como “*Transferencia de Beneficios*” (TB). De acuerdo con La “*European Commission, DG Enviroment*” (2000), si un estudio es evaluado económicamente e interpretado para una zona determinada, los estimativos de sus consecuencias económicas pueden utilizarse como un indicador de los impactos que pueden ocurrir en otra región.

³⁶ Para el caso que compete el presente estudio, debería adelantarse bajo la metodología de valoración contingente tipo referéndum, la consecución de la Disponibilidad a Pagar de cada uno de los usuarios relacionados con los siete rellenos sanitarios regionales analizados, por contar con un sitio adecuado para disponer sus residuos sólidos.

A pesar de que tal institución señala la utilidad de esta metodología, ya que se aprovecha de la información de otros estudios disponibles³⁷, no se abstiene de mencionar que pueden existir “*riesgos*” en cuanto los resultados obtenidos; es factible que las conclusiones de un estudio aplicando esta metodología, no se ajusten a las realidades y complejidades propias del sitio en análisis. No obstante, se puede concluir que esta técnica de valoración es generalmente aceptada, ya que existen situaciones en donde la construcción de información primaria resulta onerosa³⁸.

Precisamente esa es la realidad a la que nos enfrentamos; a partir de las consultas e investigaciones desarrolladas para la construcción de la presente propuesta, se encontró el estudio de Sandoval (2004), quien mide a través de la metodología de valoración contingente tipo referéndum, la disponibilidad a pagar mensual de un usuario pamplonés por una adecuada disposición final de sus residuos sólidos.

Es preciso destacar que la metodología de TB se sugiere en la Resolución 1478 de 2003 del MAVDT; su artículo primero adopta el documento técnico “*Metodologías para la Valoración Económica de Bienes, Servicios Ambientales y Recursos Naturales*”, que en el numeral 2.5 desarrolla la metodología en comento. Del documento técnico en cuestión, se puede inferir que los resultados de la TB pueden ser útiles para evaluar la adopción de políticas públicas.

En la siguiente sección se presenta en detalle la metodología de cálculo implementada a partir del estudio de Sandoval, para la valoración del impacto económico del portafolio de rellenos sanitarios regionales a evaluar.

3.2.2 Medición del impacto privado de un relleno sanitario del orden regional. En Colombia, la estructura de costos privados en los que se incurre para la prestación del servicio público de aseo, se encuentra definida mediante la metodología tarifaria definida por La Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico – CRA en su resolución 351 de 2005, tal y como se señala en los Anexos 1 y 2.

³⁷ La “*European Commission, DG Enviroment*” menciona que se pueden reducir costos en cuanto el levantamiento de información y disminuir tiempos en el desarrollo de proyectos al utilizar de manera adecuada la “*Transferencia de Beneficios*”.

³⁸ La “*European Commission, DG Enviroment*” indica que el uso de la “*Transferencia de Beneficios*” es adecuado cuando una o más de las siguientes situaciones se cumple(n): (i) Los datos de un valor ambiental específico de un proyecto determinado no existen, (ii) no hay suficientes recursos financieros y tiempo disponible y (iii) las condiciones de los proyectos objeto de estudio son idénticas o similares.

En lo que compete al presente estudio, los costos a tener en cuenta son el *CTEP* y el *CDTP*³⁹, que totalizan el costo privado que genera un determinado relleno sanitario sobre los hogares afectos a la prestación del servicio de disposición final. En síntesis, son los costos en que se incurre para poder implementar la operación del relleno durante su vida útil y que son transferidos a los usuarios a través de las tarifas cobradas por las empresas de servicios públicos de aseo a sus usuarios.

Así las cosas, la propuesta de regionalizar la disposición final de los residuos sólidos resulta factible, ya que se tienen cuantificadas las actividades de los diversos componentes del servicio, posibilitando la captura de economías de escala para optimizar los recursos tal y como lo señala la regulación vigente.

De la norma en comento, se concluye que el método para el cálculo del costo privado de la actividad de disposición final en Colombia, es hacer depender dicho costo al volumen de residuos sólidos que llega al sitio de disposición final y a la distancia de la ruta de transporte de tales residuos, desde el centro de una localidad hasta el relleno sanitario.

3.2.3 Medición del impacto social de un relleno sanitario del orden regional. Uno de los elementos determinantes para la consolidación de un relleno sanitario del orden regional es la cuantificación de los posibles impactos sociales⁴⁰ que pueda generar el sitio de disposición final sobre la comunidad.

Es así, que en la literatura correspondiente se pueden encontrar algunas técnicas para realizarla; el estudio desarrollado por Feinerman, Finkelshtain, Kan e Iddo (2004), encontró la solución a la problemática “*NIMBY*”⁴¹, mediante la ubicación de un relleno sanitario en el “*mejor*” sitio de Israel para treinta y tres localidades, maximizando la función de bienestar social, definida por el Gobierno en su plan de desarrollo.

Bajo esta premisa, derivaron una herramienta adecuada para encontrar la ubicación óptima de un relleno sanitario regional, mediante la construcción de precios hedónicos de los

³⁹ CTEP :Costo de transporte por tramo excedente. CDTP : Costo de disposición final.

⁴⁰ La evaluación ex ante de la Política Pública de regionalización de la disposición final en cuanto su componente social podría ser reconocida como las externalidades del proyecto.

⁴¹ Not in my backyard –No en mi patio de atrás. La comunidad se opone abiertamente a la ubicación de rellenos sanitarios en su zona de influencia. Para mayor información se puede consultar el Anexo 3.

hogares afectados⁴², haciendo depender el costo de los servicios ambientales⁴³ a la distancia del centro de las localidades respecto del sitio de disposición final⁴⁴. En el Anexo 3 se presenta la teoría que se podría implementar para definir una adecuada ubicación de un relleno sanitario regional, en atención a las implicaciones sociales sobre la comunidad.

Cabe señalar que en los últimos años se han venido adelantando desarrollos en la misma línea⁴⁵; autores como Eshet, Ayalon y Shechter (2006) señalan la necesidad de generar herramientas para que los administradores, modelen estrategias para una gestión adecuada de la disposición final. Su estudio busca valorar las des amenidades sociales que generan la construcción de rellenos sanitarios.

Se desprende de sus avances que la metodología de precios hedónicos permite comparaciones entre varios sistemas, ya que se pueden hacer uniformes las escalas de medida utilizadas y definir de una manera más clara la pérdida de valor del precio de la vivienda, por cada unidad de distancia en dirección al sitio de disposición final. Afirman que esta es una técnica acertada para la valoración económica de las implicaciones sociales que trae consigo el tratamiento de residuos sólidos ordinarios⁴⁶.

Por su parte, Na, Kurihara y Gion (2007) muestran que la construcción de rellenos sanitarios se ha venido dificultando debido a que el problema de su localización es cada vez más ponderado por las comunidades relacionadas, producto de la mala imagen de que gozan (NIMBY). Se concentran en buscar la ubicación óptima de un sitio de disposición final, atendiendo las implicaciones físicas de su construcción. La metodología propuesta consiste en la definición de una función de optimización para la ubicación del sitio de disposición, utilizando características geográficas y económicas de la zona, tales como la menor distancia al sitio, precios de la tierra y costos de transporte⁴⁷. A pesar de que no se

⁴² Su modelación hace necesario acceder a un gran volumen de información, de fácil adquisición cuando se cuenta con sistemas de información geográfica altamente desarrollados, el cual no es el caso de nuestro país.

⁴³ No tener el relleno sanitario dentro de su área de influencia.

⁴⁴ Se quiere cuantificar la pérdida de valor monetario de las viviendas por la cercanía a un relleno sanitario del orden regional

⁴⁵ Basándose en la construcción de precios hedónicos. Consideran que a una distancia superior a 15 km, el relleno sanitario no genera ningún tipo de impacto.

⁴⁶ También es factible encontrar en la literatura, el tratamiento que se le debe dar a los residuos sólidos peligrosos, pero su estudio incluye análisis de riesgo.

⁴⁷ Consideran que a una distancia superior a 10 km, el relleno sanitario no genera ningún tipo de impacto.

considera la regionalización⁴⁸, la investigación permite desarrollar una metodología que podría contribuir al cálculo de los impactos que produce la construcción de un relleno.

Para nuestro caso particular, y tal como se señaló en la sección 3.2.1 frente a la metodología de valoración contingente, la construcción de precios hedónicos puede resultar costosa y compleja, debido a la carencia de información y la ausencia de un uso generalizado de sistemas de información geográfica en nuestro país.

Para solventar la problemática descrita, en este caso también se implementará la metodología de TB. A partir de las consultas adelantadas, se encontró un único proyecto en Colombia, de Giraldo y Restrepo (2006), quienes miden el impacto que ocasiona un relleno sanitario⁴⁹ calculando estimativos procedentes de dos estudios: (i) “*European Commission, DG Enviroment*” (2000) y (ii) “*Departament for Enviromental Food and Rural Affairs – DEFRA*” (2004), los que valoraron los impactos que genera un relleno sanitario a una comunidad. En la siguiente sección se presenta en detalle la metodología implementada.

4. MODELO EMPÍRICO, BASES DE DATOS Y VARIABLES

En la presente sección se hace una descripción sobre el desarrollo del modelo empírico aplicable a la evaluación de la política de regionalización de la disposición final en Colombia.

A continuación, en el numeral 1 se presenta el modelo empírico aplicado; se continúa con el procedimiento implementado para la construcción de las bases de datos. En el numeral 3 se expone el cálculo de los impactos económicos que genera el portafolio de rellenos; en el numeral 4 se encuentra el cálculo de los impactos privados así como en el numeral 5 se presenta la valoración de su impacto social.

Los resultados de este modelo se constituyen en la línea base para los análisis de sensibilidad, que permiten desencadenar las conclusiones y recomendaciones a la propuesta de política pública sobre la regionalización de la disposición final de residuos sólidos.

⁴⁸ La metodología es construida para definir la ubicación del relleno sanitario de Okayama, Japón.

⁴⁹ Se realizó consulta telefónica con treinta y tres Autoridades Ambientales, encontrándose que el “*Área Metropolitana del Valle de Aburrá*” a través de Giraldo y Restrepo, es la única institución que ha realizado una aproximación al daño generado por un relleno sanitario en nuestro país.

4.1 Modelo Empírico para Evaluar la Política de Regionalización

Como se mencionó con anterioridad, para evaluar la política de regionalización se realiza una extensión al modelo multicriterio de Medaglia et al. (2006); su formulación incluye un portafolio de rellenos sanitarios regionales candidatos a ser construidos, P ; un número mínimo y máximo de rellenos a incluir en el portafolio por desarrollar, K_l y K_u respectivamente; λ_1 , λ_2 y λ_3 , corresponden a los pesos ponderados que el decisor de la política asigna previamente a los impactos económicos, privados y sociales respectivamente, teniendo en cuenta que: $0 \leq \lambda_l \leq 1$; $\sum_{l=1}^3 \lambda_l = 1$. Adicionalmente, se hace necesaria una variable binaria de control y_{it} , que toma el valor de 1, si el proyecto $i \in P$ inicia en el periodo $t \in \{t_i^-, \dots, t_i^+\}$ ⁵⁰ ó 0 de lo contrario. Ahora bien, dado que la política de regionalización ha determinado un número mínimo y máximo anual de proyectos a iniciar entre los años 2009 y 2013 para el portafolio analizado⁵¹, se definen las siguientes variables de carga mínima y máxima anual de proyectos por construir en el periodo analizado, B_t^l y B_t^u respectivamente. Así las cosas, el programa de optimización multiobjetivo será:

$$\boxed{\text{MIN} \sum_{l=1}^3 \lambda_l \sum_{i \in P} \sum_{t_i^-}^{t_i^+} I_{it}^l * y_{it}} \quad (2)^{52},$$

sujeto a:

$$\sum_{t=t_i^-}^{t=t_i^+} y_{it} \leq 1; \quad \forall i \in P; t \in \{t_i^-, \dots, t_i^+\} \quad (2.a).$$

$$K_l \leq \sum_{i \in P} \sum_{t=t_i^-}^{t=t_i^+} y_{it} \leq K_u; \quad \forall i \in P; t \in \{t_i^-, \dots, t_i^+\}; K_l, K_u \leq |P| \quad (2.b).$$

$$B_t^l \leq \sum_{i \in P} y_{it} \leq B_t^u; \quad \forall i \in P; t \in \{t_i^-, \dots, t_i^+\}; B_t^l, B_t^u \leq |P| \quad (2.c).$$

$$y_{it} \in \{1, 0\}; \quad \forall i \in P; t \in \{t_i^-, \dots, t_i^+\} \quad (2.d).$$

Como se refleja en (2), el modelo minimiza los impactos económicos, privados y sociales que ocasiona un relleno sanitario regional sobre la población afecta a su servicio. El grupo

⁵⁰ t_i^- y t_i^+ , se refieren a la fecha de inicio más temprana y a la fecha de inicio más tardía del proyecto $i \in P$, respectivamente.

⁵¹ Ver tabla 2, sección 5.

⁵² Los Indicadores " I_{it}^l ", se encuentran definidos en la fórmula (1) de la sección 3.2. Cada una de las variables que los componen, se encuentran desarrolladas en las secciones 4.3, 4.4 y 4.5.

de restricciones (2.a), señala que todo relleno debe iniciarse dentro del periodo de análisis al menos una vez. El grupo de restricciones (2.b), define el número de rellenos a desarrollar, del portafolio total de proyectos propuestos por emprender. Las restricciones (2.c), señala la carga máxima de proyectos que se pueden desarrollar en cada uno de los años que se han definido como factibles para iniciar su construcción. Finalmente, el grupo de restricciones (2.d) indican que cuando un relleno determinado se inicia en el momento t , la variable y_{it} , toma el valor de 1.

Es importante precisar que los impactos (costos) económicos, se constituyen en un incentivo para que el programa de minimización no propenda por trasladar la fecha de inicio de todos los proyectos al último año disponible (2013)⁵³, ya que este costo incluye el impacto sobre la población que no cuenta con un sitio adecuado para la disposición final.

4.2 Bases de Datos

Tal y como se expuso en la sección 2, el MAVDT definió un portafolio de proyectos, considerando veinte posibles rellenos sanitarios regionales. Sin embargo, a pesar de que esta propuesta traía consigo la determinación de los momentos en que iniciarían operación, a la fecha no se ha materializado ninguno, dado que el apoyo financiero aún se encuentra en trámite.

Bajo esta circunstancia, sumado a que al MAVDT se le ha dificultado la consecución de información sobre las particularidades de las regiones (como se puede apreciar en el Anexo 4, conjuntamente con tal institución se definieron los rellenos sanitarios en donde existe voluntad y disponibilidad de información, para poder evaluar la política pública.

Los sitios de disposición final escogidos para adelantar este proyecto fueron: (i) Sabana Larga, Atlántico, (ii) Capitanejo, Santander, (iii) Puente Nacional, Santander, (iv) Barrancabermeja, Santander, (v) El Banco, Magdalena, (vi) Puerto Tejada, Cauca y (vii) Sogamoso, Boyacá. En el Anexo 5 se presenta el portafolio de rellenos sanitarios regionales, con los correspondientes municipios que los conformarían. Adicionalmente se incorporan las fechas factibles de inicio de cada proyecto y la viabilidad política identificada, con los datos de un posible apoyo financiero de la nación durante el primer

⁵³ Dado que de no existir el impacto económico, no habría ningún incentivo para que el proyecto se desarrolle lo más pronto posible, y bajo este entendido, para minimizar la función objetivo, la concentración de la fecha de inicio de los proyectos se presentaría en los últimos años – hacia el 2013.

año de implementación de cada uno de los rellenos sanitarios regionales. Adicionalmente, se presenta el número mínimo y máximo anual de rellenos a construirse entre los años 2009 y 2013.

Finalmente, es necesario hacer mención sobre la construcción de las bases de datos que se utilizan para la determinación de las variables a las que se hace alusión en las secciones 4.3, 4.4 y 4.5, las cuales fueron recuperadas de diferentes fuentes, tal y como se relaciona a continuación:

- Para la determinación de todos los costos que involucran este estudio se hizo necesario identificar la ubicación de los sitios de disposición final factibles y los municipios relacionados, así como el momento de inicio de operaciones de éstos, suministrada por la Dirección de Gestión Empresarial del VAS⁵⁴
- Para la determinación de tales costos, fue necesario expresar dichos valores en pesos de enero de 2009, actualizándolos con el Índice de Precios al Consumidor (IPC) reportado por el DANE⁵⁵.
- Para la determinación de los costos económicos, se utilizó: (i) La Encuesta Continua de Hogares (ECH) - 2004 del DANE⁵⁶; (ii) Encuesta de Capacidad de Pago (ECP) realizada en el 2004 por la Universidad Nacional de Colombia para Bogotá; las dos anteriores para inferir los ingresos a nivel nacional, por estrato socioeconómico; (iii) información de la disponibilidad a pagar por ingreso medio de cada estrato socioeconómico del municipio de Pamplona, proveniente del estudio de Sandoval (2004) y (iv) a partir de Arrieta (2007) se calculó el número de potenciales usuarios del servicio en las regiones analizadas, utilizando el promedio de toneladas de residuos sólidos generados por usuario.
- Para la determinación de los costos privados, además de hacer uso de los costos que traen incorporados los modelos de la CRA, se hizo necesaria la consulta de la siguiente información: (i) Apoyo financiero de la nación a cada uno de los rellenos sanitarios analizados durante su primer año de vida, suministrada por la Dirección de Gestión Empresarial del VAS; (ii) toneladas diarias producidas por cada uno de los municipios que conforman los rellenos sanitarios, consultadas en el SUI de la

⁵⁴ Viceministerio de Agua Potable y Saneamiento del MAVDT.

⁵⁵ Para construir el índice de precios de octubre de 2008 a enero de 2009, se tomó la variación promedio de los tres meses anteriores a mesa estimar, para luego aplicar éste valor al índice de precios mensual.

⁵⁶ Departamento Administrativo Nacional de Estadística.

SSPD y (iii) distancia en kilómetros desde cada uno de los municipios hasta el sitio de disposición final regional, construidas a partir de diferentes mapas departamentales, disponibles en medio Digital en el IGAC⁵⁷. Sin embargo para algunos municipios se hizo necesario consultar con Gobernaciones y/o Alcaldías para obtener algunas distancias que no se encontraban disponibles en el IGAC.

- Para la determinación de los costos sociales, se hizo necesaria la consulta de los siguientes datos: (i) Área del municipio; (ii) población; (iii) número de viviendas en el municipio; las tres (3) anteriores recuperados en la página web de la ONG⁵⁸ denominada “*Municipios Colombianos*”⁵⁹; (iv) toneladas diarias producidas por cada uno de los municipios que conforman los rellenos sanitarios y (v) distancia en kilómetros desde cada uno de los municipios hasta el sitio de disposición final regional. La información señalada en los numerales (iv) y (v), es la misma que se recuperó para los costos privados.

4.3 Determinación de las Variables Económicas

El cálculo del impacto económico se realiza a partir del estudio de Sandoval, analizando lo que cada uno de los usuarios de los siete rellenos en análisis, estarían dispuestos a recibir como contraprestación por no contar con un sitio de disposición final.

Para el presente estudio, esta Disponibilidad a Pagar – DAP - se define como la pérdida de bienestar que sufriría cada uno de los usuarios de los rellenos, por cada año que se atrase la construcción del proyecto, debido a que no se cuenta con la infraestructura adecuada para llevar a cabo la disposición final de sus basuras.

Dado que para la evaluación ex ante requerida, no es factible económica y operativamente realizar algún tipo de encuesta, mediante la metodología de TB se calculará la DAP requerida, de acuerdo con lo señalado en el Anexo 7:

$$DAP_i = \sum_{j=1}^n DAP_j = COST_{i,econ} \quad (3)$$

Donde:

⁵⁷ Instituto Geográfico Agustín Codazzi.

⁵⁸ Organización No Gubernamental

⁵⁹ www.municipioscolombianos.org/fichas.

- n : Número total de municipios afectados al relleno sanitario i .
- DAP_j : Disponibilidad a Pagar de los usuarios del municipio j .
- DAP_i : Disponibilidad a Pagar de los usuarios del relleno sanitario i .
- $COST_{econ}$: Tal y como se encuentra definido en la expresión (1).

Los flujos de caja de los impactos económicos de cada uno de los rellenos sanitarios que conforman el portafolio de proyectos a ser apoyados por el MAVDT pueden ser consultadas en el Anexo 8.

4.4 Determinación de las Variables Privadas

El cálculo del impacto privado de un relleno sanitario regional, comprende la determinación de los costos en los que se incurren para poder implementar su operación. En uso de la regulación, se procede a calcular los costos CDTP y CTEP.

Entonces, los costos para valorar el impacto privado se definen como sigue:

$$(CDTP_i + CTEP_i) = \sum_{j=1}^n (CDTP_j + CTEP_j) = COST_{i,priv} \quad (4)$$

Donde:

- n : Número total de municipios afectados al relleno sanitario i .
- $CDTP_j$: Costo de disposición final promedio del municipio j .
- $CTEP_j$: Costo de transporte por tramo excedente del municipio j .
- $CDTP_i$: Costo de disposición final promedio del relleno sanitario regional i .
- $CTEP_i$: Costo de transporte por tramo excedente del relleno sanitario regional i ⁶⁰.
- $COST_{priv}$: Tal y como se encuentra definido en la expresión (1).

En el Anexo 1 se presentan los supuestos que se atienden para la construcción del $CDTP$, desagregando el flujo de caja de treinta años de operación⁶¹ de cada uno de los rellenos sanitarios; de igual forma, para el $CTEP$ ⁶² se cuenta con el Anexo 2.

Como se puede observar, en tales anexos, se tiene los flujos de caja de los costos privados de cada uno de los rellenos sanitarios. Adicionalmente, se presentan los valores $CDTP$ y $CTEP$. Los resultados mencionados pueden ser consultadas en los Anexos 6 y 9. Cabe

⁶⁰ El $CDTP_i$ y el $CTEP_i$ constituyen en las variables para la medición del impacto privado de un relleno sanitario.

⁶¹ Veinte de operación y diez de postclausura.

⁶² Únicamente Veinte años de operación, ya que durante los diez de postclausura esta actividad no se realiza.

señalar que en el Anexo 2 se compila el total del impacto privado para cada uno de los rellenos sanitarios regionales.

4.5 Determinación de las Variables Sociales

Como se mencionó, el cálculo del impacto social que ocasionan los rellenos regionales, se implementa a partir de la valoración que Giraldo y Restrepo (2006) realizan para el Valle de Aburrá (Antioquia), partiendo de los estudios de la European Commission, DG Environment y del DEFRA, analizando las posibles des amenidades que ocasiona el Relleno Sanitario “La Pradera”⁶³.

Dado el estudio de Giraldo y Restrepo, y atendiendo las consideraciones para los cálculos de los impactos sociales a tener en cuenta en el modelo empírico, se tiene que las expresiones para valorarlos, con el fin de construir la línea base serán:

$$s_i = 2.303.044,75 * Dn_i * \pi * (15^2) \quad (5)^{64}$$

$$s_i = COST_{i,soc} \quad (6)$$

Donde:

Dn_i : Densidad promedio ponderada (vivienda/km²), en el área de influencia del rellenos sanitario i . Cabe señalar que para el cálculo de este promedio, sólo se tienen en cuenta los municipios que se encuentren a una distancia del centro del casco urbano del municipio en donde se adelantaría el relleno, menor a 15km. Este supuesto se realiza teniendo en cuenta que dado que se adelanta una evaluación de política ex ante, no se cuenta con la ubicación exacta de los rellenos en análisis.

s_i : Costo total del impacto social del relleno sanitario regional i .

$COST_{i,soc}$: Tal y como se encuentra definido en la expresión (1).

Es preciso indicar que las des amenidades a que se refiere la variable “ s_i ”, hacen alusión al costo social en que se incurre por parte de una comunidad, al contar con un relleno sanitario

⁶³ Se constituyó como un relleno regional dado que recibe los residuos sólidos de varios municipios.

⁶⁴ Esta expresión viene dada en pesos colombianos del año 2006; en el Anexo 6 se realiza la proyección a pesos colombianos de enero de 2009 (\$2.553.379,09)

dentro de su área de influencia⁶⁵. Los resultados son presentados en el Anexo 10 en base al modelo matemático desarrollado en el Anexo 6.

5. DEFINICION DE LA LINEA BASE DE LA POLÍTICA PÚBLICA DE REGIONALIZACIÓN EVALUADA

A continuación, se define la línea base evaluada; a partir de ésta, se realiza la corrida del modelo empírico y los correspondientes análisis de sensibilidad desarrollados, cuyos resultados se exponen en la sección 7.

La base sobre la cual se analiza la Política Pública de residuos sólidos contempla:

- (1) El programa de minimización para la línea base, es el descrito en la fórmula (2) de la sección 4.1 y que se desarrolla en los numerales 4.3, 4.4 y 4.5.
- (2) Las características generales del portafolio de proyectos sobre el cual se realizan los análisis del presente estudio, se pueden sintetizar en las tablas siguientes.

**Tabla 1. Siete rellenos sanitarios regionales para evaluar la política sectorial
Fechas factibles de inicio - viabilidad política –apoyo financiero de la nación**

i	Nombre del Relleno	ti [*]	ti ⁺ *	Disponibilidad POT **	Aquiescencia Política**	Aporte Nación Primer Año \$ enero 2009
1	Salinasbaga	2009	2013	1	0	\$ 1.937.555.100,00
2	Capitanejo	2009	2009	1	1	\$ 216.200.000,00
3	Parate Nacional	2009	2010	1	1	\$ 240.000.000,00
4	Barrancabermeja	2011	2013	1	1	\$ 579.199.200,00
5	El Banco	2011	2011	0	1	\$ 1.676.025.000,00
6	Santander de Quilichao	2011	2012	0	1	\$ 116.000.500,00
7	Sagunawao	2009	2010	1	1	\$ 144.000.000,00

* ti⁻: Fecha factible de inicio más temprana; ti⁺: Fecha factible de inicio más tardía
** 1 significa que sí tiene; 0 significa que no tiene

Fuente: Dirección de Gestión Empresarial del Viceministerio de Agua y Saneamiento - MAVDT – 2008.

Es preciso indicar que la viabilidad política compete a dos variables definidas por el MAVDT: (i) Inclusión del Relleno Sanitario dentro del Plan de Ordenamiento Territorial – POT, que es una competencia de los Concejos Municipales y (ii) Aquiescencia Política definida como la voluntad de los alcaldes para adelantar el proyecto el territorio bajo su jurisdicción. Esta información es utilizada en para adelantar análisis de sensibilidad frente al escenario político en cada región.

(3) Por otro lado es necesario señalar que al año 2009 se le asignó $t_i=0$; a 2010, $t_i=1$; a 2011, $t_i=2$; a 2012, $t_i=3$ y a 2013, $t_i=4$.

⁶⁵ Las des amenidades como olor, ruido, degradación estética del paisaje, entre otras ocasionadas en el área de influencia del relleno, se valoran a través de una aproximación a la reducción en el valor de la propiedad en su zona de afectación.

Tabla 2. Número mínimo y máximo anual de proyectos a iniciar entre los años 2009 y 2013 de los siete rellenos sanitarios regionales para evaluar la política sectorial

Año	Número Mínimo de Rellenos Sanitarios para Iniciar Construcción	Número Máximo de Rellenos Sanitarios para Iniciar Construcción
2009	4	7
2010	1	7
2011	1	7
2012	1	7
2013	4	1

Fuente: Dirección de Gestión Empresarial del Viceministerio de Agua y Saneamiento - MAVDT - 2008.

- (4) El portafolio de proyectos en análisis, P , es de siete y se reflejan en la Tabla 1.
- (5) El número de rellenos a incluir en el portafolio por desarrollar será igual a siete⁶⁶; es decir que $K_l = K_u = 7$.
- (6) Los pesos ponderados que se asignan a los impactos económicos, privados y sociales son iguales: $\lambda_1 = \lambda_2 = \lambda_3 = 33,33\%$.
- (7) La variable $t \in \{t_i^-, \dots, t_i^+\} = \{0, \dots, 4\}$.
- (8) La línea base no contempla apoyo financiero por parte de la nación, ya que como se mencionó, aún no se ha materializado la vinculación del Banco. Los datos de la columna 5 de la Tabla 1, serán utilizados para los análisis de sensibilidad en cuanto los impactos privados.
- (9) Las variables de carga mínima y máxima anual de proyectos, B_i^l y B_i^u , se encuentran definidas para la línea base en la Tabla 2.
- (10) Para el cálculo de los impactos sociales, se aplica que a una distancia superior a 15km (se genera un área de influencia social de cada proyecto de 707 km² aprox.), no existe pérdida en el valor de los predios por la ubicación del relleno, tal y como se menciona en el Anexo 10, página 3. La decisión de tomar el valor propuesto por Feinerman, Finkelshtain, Kan e Iddo (2004) resulta de la incapacidad de definir un valor menor para la presente evaluación, dadas las restricciones presupuestales y logísticas para realizar algún tipo de ajuste como el propuesto por Giraldo y Restrepo (2006). Bajo este entendido se aplicó el mayor valor encontrado en la literatura consultada, con el objeto de atender un escenario conservador y no subvalorar este impacto.
- (11) Finalmente, de acuerdo con las consideraciones que se manifiestan en el Anexo 7, el proyecto tendrá un impacto sobre una proyección de 330.648 usuarios u hogares que dispondrán sus residuos sólidos en alguno de los rellenos analizados.

⁶⁶ Se deben construir todos los rellenos sanitarios que se definen en el portafolio inicial del MAVDT.

6. ESCENARIOS CONTEMPLADOS PARA REALIZAR ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

Para adelantar los análisis de sensibilidad pertinentes y evaluar la política pública sectorial, se plantearon cuatro contextos (privado, social, económico y de política local) frente a la línea expuesta en la sección 5, generando catorce escenarios que se evalúan matemáticamente en la sección 7.2.

6.1 Contexto privado

Dos tipos de análisis se realizan bajo este contexto: (a) Dado que las metodologías tarifarias, de acuerdo con la Ley 142 de 1994 tienen una vigencia de cinco años, y la actual estará en uso hasta el 2011⁶⁷, se propone eliminar el *CTEP*, ya que los análisis de la *CRA*⁶⁸, frente a lo que sería el nuevo marco tarifario para el servicio de aseo (2011 – 2015), llevan a pensar en exigir mayores eficiencias en los costos de disposición final⁶⁹; (b) considerar el apoyo financiero por parte de la nación, el cual se incorpora como un menor valor del *CDTP* (desde el primer año de operación, hasta que se consume completamente el aporte). La eliminación del componente social en los análisis (a) y (b), obedece a que en los resultados de la corrida de la línea base, este componente presenta un peso significativamente mayor con respecto a los otros dos.

6.2 Contexto social

Dado que el estudio de Giraldo y Restrepo (2006) ajusta el modelo del DEFRA, contemplando que el potencial máximo ambiental de un relleno sanitario se logra cuando se encuentra localizado a una distancia superior a 3,2 km, bajo este contexto se simulará que los rellenos no ocasionan pérdida en el valor de los predios. Esto significa que la ecuación (5) de la sección 4.5 se define de la siguiente manera:

$$s_i = 2.303.044,75 * Dn_i * \pi * (3,2^2) \quad (7)$$

Se aplican 3,2 km en la simulación, ya que corresponde al único valor que se encuentra definido por un estudio de esta índole en nuestro país. Adicionalmente, se elimina el componente privado en este contexto, para verificar la importancia de la estructura tarifaria en el diseño de la Política Pública sectorial. Bajo este entendido, al disminuir el impacto

⁶⁷ Resolución CRA 351 de 2005

⁶⁸ Esta referencia se realiza, habida cuenta del actual desempeño laboral del autor – Director de La CRA.

⁶⁹ Es factible que el precio techo definido para el *CDTP* puede estar incluyendo un gran porcentaje de transporte por tramo excedente.

social, se considera que los rellenos tienen una menor área de influencia (de 707km² a 32km² aprox.). Al verificar si existen cambios en el cronograma óptimo y/o pérdidas o ganancias de eficiencia con respecto a la línea base, se puede constatar la importancia y el peso del impacto privado dentro del diseño de la política, dado que el componente social es el más significativo de acuerdo con los análisis desarrollados.

6.3 Contexto económico

En la sección 4.3 se precisó que los costos económicos del presente modelo propenden por una pronta materialización de los proyectos; bajo este contexto se analiza su importancia frente a los aspectos privados y sociales, modificando los pesos ponderados de los impactos analizados, identificando sus interrelaciones y los cambios que se presentan en cuanto el desarrollo cronológico del portafolio y su pérdida o ganancia de eficiencia.

6.4 Contexto político local

A pesar de que el modelo propuesto en el presente documento no contempla de manera explícita una variable que permita realizar valoraciones en cuanto la política local, la información suministrada por el VAS contiene dos variables que señalan la voluntad política frente al desarrollo de los rellenos. Éstas son, la inclusión en el POT del municipio respectivo, el sitio en donde se va a construir el proyecto y, la aquiescencia política, la cual se refiere al apoyo que el alcalde actual del municipio en donde se pretende desarrollar el relleno sanitario, ha manifestado; ésto significa que en el año 2012 se tendrán nuevos gobiernos municipales quienes contarían con un año para decidir adelantar el proyecto (razón por la cual, se fuerza al modelo a que se inicie construcción en el 2013).

Bajo esta definición, se tiene que para los rellenos de Sabanalarga, El Banco y Santander de Quilichao, no se cuenta con total voluntad política para ser desarrollados⁷⁰. Entonces, las características de los escenarios, modificadas a partir de la línea base, se concentrarán en exigir que cada uno de los proyectos mencionados se realicen en el año 2013.

7. ANÁLISIS DE RESULTADOS DEL MODELO PROPUESTO PARA LA LÍNEA BASE Y ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

⁷⁰ Para el primero, no existe voluntad manifiesta por parte del Alcalde Municipal para desarrollar el proyecto durante su mandato y para los dos siguientes, se tiene que los Concejos municipales no han aprobado la inclusión de los sitios propuestos para construir los rellenos en sus POT.

A continuación, se presentan los resultados de la corrida del modelo empírico atendiendo la línea base definida en la sección 5. Paso seguido en la sección 7.2, se expone el análisis de los resultados y las simulaciones sobre el modelo en comento. Las respectivas corridas del modelo de minimización planteado, así como los análisis de sensibilidad se implementaron haciendo uso del programa “Xpress-MP”, las cuales se pueden consultar en el Anexo 11.

7.1 Resultados del Modelo Empírico Propuesto

Atendiendo lo esbozado en la sección 5, se tiene que las fechas de inicio óptimas para el portafolio de rellenos sanitarios bajo la línea base considerada, se presentan gráficamente de la siguiente manera:

Gráfico 1. Resultados de las fechas de inicio óptimas para el portafolio de rellenos sanitarios, bajo la línea base considerada

i	Nombre del Relleno	FECHA DE INICIO DEL PROYECTO i				
		2009	2010	2011	2012	2013
1	Saba nalarga					
2	Capitanejo					
3	Puente Nacional					
4	Barran cabermeja					
5	El Banco					
6	Santander de Quilichao					
7	Sogamoso					

Fuente: Cálculos Propios

Por otro lado, el valor total de la función objetivo optimizada, según una asignación de igual proporción a cada uno de los impactos asociados a la operación de los rellenos, se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 3. Función objetivo optimizada (ponderada) del escenario línea base

L	Criterio	Valor - \$ Año 2009	% sobre la Fun Obj Pond	Valor - \$ Año 2009 / (hogar - mes)
1	Económico	\$ 92.442.879.138	69%	\$ 777
2	Privado	\$ 17.417.414.862	13%	\$ 146
3	Social	\$ 290.906.028.205	218%	\$ 2.444
Función Objetivo Ponderada		\$ 133.588.774.868	100%	\$ 1.122

Fuente: Cálculos Propios

<p>** E: Fecha factible de inicio más temprano; ET: Fecha factible de inicio más tardía ** F1 significa que e tiene; F2 significa que no tiene</p>

7.2 Análisis de Resultados del Modelo Empírico y Simulaciones

De los resultados anteriores⁷¹, se puede inferir que:

(i) La función objetivo ponderada (optimizada) es aproximadamente 2 veces menor que el impacto social que generaría el portafolio de proyectos sobre la comunidad. Se aprecia que los impactos económicos y privados no son tan representativos como el impacto social. Lo anterior lleva a pensar de manera preliminar que el comportamiento del programa de

⁷¹ Los cálculos que complementan las corridas del modelo de minimización, pueden ser consultados en el Anexo 12.

supuso que el potencial máximo ambiental de un relleno sanitario se logra cuando se encuentra localizado a una distancia superior a 15 km; esto genera que los impactos sociales se dan sobre un área de grandes proporciones (aproximadamente 707 km^2).

(ii) De acuerdo con las fechas óptimas para iniciar la construcción de los rellenos sanitarios, se establece que dada la inclusión de los impactos económicos en el modelo, ningún proyecto se realizará durante el último año; se propició adelantar lo antes posible el portafolio, en atención a la capacidad de carga anual, además de realizar sólo un proyecto durante el 2012. Ahora bien, se evidencia que para los proyectos con una alta carga en el impacto social como Sabanalarga y Sogamoso (Anexo 10, p5.), el modelo propone adelantarlos durante los dos primeros años, debido a que sus densidades poblacionales son las más altas del portafolio; esto ocasiona que atrasos en las fechas de inicio, aumentaría de manera considerable la pérdida de bienestar del portafolio analizado, ya que las demoras incrementan también los impactos económicos, que son los segundos más representativos.

(iii) En cuanto a la política regional, se aprecia que el único proyecto que hoy no cuenta con entera voluntad política local para realizarse y, que el modelo propone iniciarse una vez se finalicen los actuales gobiernos municipales (2012) es Santander de Quilichao; según la técnica de optimización implementada, el Gobierno Nacional deberá propender por modificar la postura política local para los proyectos de El Banco y Sabanalarga, en aras de optimizar los recursos; de no lograrlo, se afectará la eficiencia alcanzada con los resultados derivados de aplicar el programa de minimización, aumentando los impactos sobre las comunidades afectas al portafolio, sobre todo en el caso de Sabanalarga dado lo expresado en el numeral anterior.

En síntesis, los resultados del gráfico 1 le señalan al ente responsable de la Política Pública, el momento óptimo para iniciar la construcción de cada uno de los proyectos, de acuerdo con las restricciones identificadas ex ante y, las acciones por emprender para generar el mayor bienestar posible a la población que usufructuará la materialización de los proyectos.

Ahora bien, la tabla 3 indica la magnitud de los impactos que sobre la población genera la materialización de esta clase de proyectos bajo las condiciones inicialmente

Ahora bien, la tabla 3 indica la magnitud de los impactos que sobre la población genera la materialización de esta clase de proyectos bajo las condiciones inicialmente planteadas por la política pública; cabe precisar que dado que la evaluación desarrollada para la línea base contempló un escenario conservador para cuantificar los impactos sociales, tal ejercicio podría estar generando su sobrevaloración, lo cual se analiza en la simulaciones planteadas para los escenarios 5 y 6, haciendo uso de los estudios de Giraldo y Restrepo (2006). Dichos autores, a partir de algunos ajustes realizados a DEFRA (2004), suponen que el potencial máximo del relleno se alcanza a una distancia superior a 3,2km; así, se reduce considerablemente el área de análisis a 32 km², es decir, aproximadamente un 95% menor a la base considerada.

7.2.1 Análisis del contexto privado. Las características de las simulaciones sobre la línea base son: **(1)** Eliminar el *CTEP*, considerando $\lambda_1 = \lambda_2 = \lambda_3 = 33,33\%$; **(2)** eliminar el *CTEP*, considerando $\lambda_1 = \lambda_2 = 0.5$ y $\lambda_3 = 0$; **(3)** eliminar del *CDTP*, el apoyo financiero de la nación (Tabla 1, sección 5) considerando $\lambda_1 = \lambda_2 = \lambda_3 = 33,33\%$ y **(4)** eliminar del *CDTP*, el apoyo financiero de la nación, considerando $\lambda_1 = \lambda_2 = 0.5$ y $\lambda_3 = 0$.

Se constató que las fechas de inicio óptimas para el portafolio de rellenos no se modifican frente a la línea base; luego, la cronología para el desarrollo de los proyectos se mantiene de acuerdo con el gráfico 1 de la sección 7.1. Para comprender los impactos analizados, se compendia la siguiente información:

Tabla 4. Análisis de eficiencia del contexto privado

ESCENARIO EN ANÁLISIS	VALOR - \$ AÑO 2009	% EFICIENCIA	Valor - \$ Año 2009 / (hogar - mes)
<i>Función Objetivo Ponderada Línea Base</i>	\$ 133.588.774.068		\$ 1.122
Función Objetivo Ponderada (Esc 1)	\$ 133.525.191.585	100%	\$ 1.122
<i>Pérdida - Ganancia Eficiencia (Esc 1)</i>	63.582.484	0%	\$ 1
Función Objetivo Ponderada (Esc 2)	\$ 54.834.773.275		\$ 461
<i>Pérdida - Ganancia Eficiencia (Esc 2)</i>	78.754.000.794	59%	\$ 662
Función Objetivo Ponderada (Esc 3)	\$ 131.952.121.449		\$ 1.109
<i>Pérdida - Ganancia Eficiencia (Esc 3)</i>	1.636.652.620	1%	\$ 14
Función Objetivo Ponderada (Esc 4)	\$ 52.175.168.071		\$ 441
<i>Pérdida - Ganancia Eficiencia (Esc 4)</i>	81.113.605.998	61%	\$ 681

Fuente: Cálculo propio

En virtud de los resultados obtenidos se concluye que:

(i) La eliminación del *CTEP* (escenarios 1 y 2) de los impactos privados, proporciona ganancia en eficiencia de la función objetivo al no considerar el impacto social de los proyectos (escenario 2), contribuyendo a mejorar el ingreso de los hogares; bajo esta

simulación, se consolida como un elemento decisivo para la definición de política pública en el portafolio de proyectos planteado.

(ii) La incorporación del apoyo financiero de la nación (escenarios 3 y 4), proporciona una ganancia en eficiencia de la función objetivo; de no considerarse los impactos sociales que genera el portafolio (escenario 4), se puede inferir que el nivel de ingresos de los hogares mejora dado que la ganancia en eficiencia es considerable.

(iii) A lo largo de la evaluación de los cuatro escenarios planteados, se evidencia que el comportamiento del programa de minimización está siendo afectado en gran medida por el impacto social que generan los proyectos, debido a que se supuso que el potencial máximo ambiental de un proyecto, se encuentra localizado a una distancia superior a 15 km; bajo esta premisa, a continuación se analiza si tal impacto se sobreestima en el presente estudio.

7.2.2 Análisis del contexto social. Frente a la línea base se estructuran las siguientes modificaciones: **(5)** Calcular el impacto social en uso de la fórmula (7) de la sección 6.2, considerando $\lambda_1=\lambda_2=\lambda_3=33,33\%$; **(6)** modificar el escenario (5), considerando $\lambda_1=\lambda_3=0.5$ y $\lambda_2=0$.

Al efectuar estas simulaciones señaladas, no se modificaron las fechas de inicio óptimas del portafolio frente a la línea base (gráfico 1). Ahora bien, para el análisis de los escenarios planteados se presenta la siguiente tabla:

Tabla 5. Función objetivo optimizada (ponderada) del escenario 5

L	Criterio	Valor - \$ Año 2009	% sobre la Fun Obj Pond	Valor - \$ Año 2009 / (hogar - mes)
1	Económico	\$ 92.442.879.138	214%	\$ 777
2	Privado	\$ 17.417.404.862	41%	\$ 105
3	Social	\$ 19.557.358.859	45%	\$ 2.444
Función Objetivo Ponderada		\$ 43.237.559.957	100%	\$ 352
Función Objetivo Ponderada Línea Base		\$ 133.588.774.068		\$ 1.122
Pérdida - Generación Eficiencia		\$ 90.451.223.115	68%	\$ 769

Fuente: Cálculos Propios

Al disminuir el potencial máximo ambiental a 3,2km, el impacto económico toma mayor relevancia y la función objetivo presenta una ganancia en eficiencia significativa. El peso del impacto privado también aumenta frente a la línea base que se presenta en la tabla 3. Cuando se analiza el escenario 6 se encuentra:

Tabla 6. Función objetivo optimizada (ponderada) del escenario 6

L	Criterio	Valor - \$ Año 2009	% sobre la Fun Obj Pond	Valor - \$ Año 2009 / (hogar - mes)
1	Económico	\$ 92.842.879.138	165%	\$ 777
2	Privado	\$ 17.417.414.862	10%	\$ -
3	Social	\$ 19.552.358.859	35%	\$ 2.444
Función Objetivo Ponderada		\$ 55.997.638.998	100%	\$ 479
Función Objetivo Ponderada Línea Base		\$ 133.588.774.068		\$ 1.122
Pérdida - Ganancia Eficiencia		\$ 77.591.155.070	58%	\$ 652

Fuente: Cálculos Propios

Cuando se elimina dentro del análisis social el componente privado, los cambios son significativos; esta simulación implica que de prestarse el servicio público de disposición final de manera gratuita durante 30 años, el aumento en el bienestar de los hogares es de aproximadamente 60%.

Por lo anterior es conveniente contrarrestar los resultados obtenidos de las simulaciones de los escenarios 2, 4 y 6, con el objeto de realizar un análisis de eficiencia entre el contexto social versus el privado.

Tabla 7. Análisis de eficiencia del contexto social versus el privado

ESCENARIO EN ANÁLISIS	VALOR - \$ AÑO 2009	% EFICIENCIA	Valor - \$ Año 2009 / (hogar - mes)
<i>Función Objetivo Ponderada Línea Base</i>	\$ 133.588.774.068		\$ 1.122
Función Objetivo Ponderada (Esc 2)	\$ 54.834.773.275		\$ 461
<i>Pérdida - Ganancia Eficiencia (Esc 2)</i>	<i>\$ 78.754.000.794</i>	<i>59%</i>	<i>\$ 662</i>
Función Objetivo Ponderada (Esc 4)	\$ 52.475.168.071		\$ 441
<i>Pérdida - Ganancia Eficiencia (Esc 4)</i>	<i>\$ 81.113.605.998</i>	<i>61%</i>	<i>\$ 681</i>
Función Objetivo Ponderada (Esc 6)	\$ 55.997.638.998		\$ 470
<i>Pérdida - Ganancia Eficiencia (Esc 6)</i>	<i>\$ 77.591.155.070</i>	<i>58%</i>	<i>\$ 652</i>

Fuente: Cálculos Propios

De la tabla 7 se deduce que si se llegara a eliminar el *CTEP* de la estructura tarifaria del servicio de aseo (escenario 2), dada una modificación de la regulación actual, o al incorporar el apoyo financiero de la nación a nuestro modelo (mediante una disminución del *CDTP* tal y como se plantea en el escenario 4), sin tener en cuenta los impactos sociales, resultarían ganancias en eficiencia de 60% aproximadamente. Esta ganancia en eficiencia es similar a no considerar impactos privados, teniendo en cuenta que los impactos sociales del relleno se causan hasta aproximadamente 32km² a la redonda (escenario 6).

Bajo este entendido, se pueden deducir que el ajuste de Giraldo y Restrepo (2006) puede ser adecuado para evaluar las condiciones de impacto de los sitios de disposición final del país, ya que se puede establecer una analogía de los impactos privados y los sociales, teniendo en cuenta que los primeros se encuentran totalmente desarrollados en términos regulatorios.

Finalmente, al revisar los resultados de los escenarios 5 y 6, se encuentra que el componente económico es altamente representativo; como se mencionó, al disminuir el potencial máximo ambiental, el impacto económico toma mayor relevancia y la función objetivo presenta una ganancia en eficiencia significativa. Este resultado puede significar que posibles sobrevaloraciones a los impactos económicos y sociales dada las debilidades que puede presentar la metodología de “*Transferencia de Beneficios*” implementada, el peso del componente privado no es magnificado en sus reales proporciones.

7.2.3 Análisis del contexto económico. El análisis aquí presentado comprende cinco modificaciones a los pesos ponderados de los impactos analizados: **(7)** Considerar $\lambda_1=1$ y $\lambda_2=\lambda_3=0$; **(8)** considerar $\lambda_1=0.8$; $\lambda_2=0$ y $\lambda_3=0.2$; **(9)** considerar $\lambda_1=0.2$; $\lambda_2=0$ y $\lambda_3=0.8$; **(10)** considerar $\lambda_1=0.8$; $\lambda_2=0.2$ y $\lambda_3=0$ y **(11)** $\lambda_1=0.2$; $\lambda_2=0.8$ y $\lambda_3=0$.

En este contexto, no se surtió modificación alguna frente a la línea base, sobre las fechas óptimas para iniciar la construcción de los rellenos; entonces, la inclusión de los impactos económicos en el modelo, motiva adelantar lo antes posible el portafolio. En la siguiente tabla se incorporan los datos necesarios para realizar los análisis de eficiencia:

Tabla 8. Análisis de eficiencia del contexto económico y social versus el privado

ESCENARIO EN ANÁLISIS	VALOR - \$ AÑO 2009	% EFICIENCIA	Valor - \$ Año 2009 / (hogar - mes)
<i>Función Objetivo Ponderada Línea Base</i>	\$ 133.588.774.068		\$ 1.122
Función Objetivo Ponderada (Esc 6)	\$ 55.997.618.998		\$ 470
<i>Pérdida - Ganancia Eficiencia (Esc 6)</i>	\$ 77.591.155.070	58%	\$ 652
Función Objetivo Ponderada (Esc 8)	\$ 132.135.508.951		\$ 1.122
<i>Pérdida - Ganancia Eficiencia (Esc 8)</i>	\$ 1.453.265.117	1%	\$ 12
Función Objetivo Ponderada (Esc 9)	\$ 251.213.998.391		\$ 2.110
<i>Pérdida - Ganancia Eficiencia (Esc 9)</i>	\$ (117.624.624.323)	-88%	\$ (988)

Fuente: Cálculos propios

Como se ha visto hasta este punto, los análisis relacionados en la tabla 8 no contemplan el impacto privado; al contraponer los escenarios 6 y 8 frente al 9, los dos primeros que asignan mayor importancia al componente económico (ponderándolo entre 0.5 y 0.8, sin tener en cuenta el impacto privado), generan una ganancia en eficiencia entre el 1% y el

60% aproximadamente; dicho intervalo no se compensa cuando se le da un peso al impacto social de 0.8%(escenario 9, sin tener en cuenta el impacto privado), lo que le implica al modelo una pérdida en eficiencia de alrededor de 90%. Esta evidencia reafirma nuevamente la existencia de una posible sobrevaloración en el componente social.

Ahora bien, al estudiar los resultados de las corridas de los escenarios 10 y 11, existe una ganancia en eficiencia de ambos escenarios que no tienen en cuenta el componente social; más para el 11 que le da mayor relevancia al impacto privado.

Tabla 9. Función objetivo optimizada (ponderada) del Escenario 10

L	Criterio	Valor - \$ Año 2009	% sobre la Fun Obj Pond	Valor - \$ Año 2009 / (hogar - mes)
1	Económico	\$ 92.442.879.138	119%	\$ 777
2	Privado	\$ 17.417.414.862	22%	\$ 146
3	Social	\$ 290.906.028.205	0%	-
Función Objetivo Ponderada		\$ 77.437.286.283	100%	\$ 652
Función Objetivo Ponderada Línea Base		\$ 133.588.774.068		\$ 1.122
Pérdida - Ganancia Eficiencia		\$ 56.258.987.786	42%	\$ 472

Fuente: Cálculos Propios

Tabla 10. Función objetivo optimizada (ponderada) del Escenario 11

L	Criterio	Valor - \$ Año 2009	% sobre la Fun Obj Pond	Valor - \$ Año 2009 / (hogar - mes)
1	Económico	\$ 92.442.879.138	285%	\$ 777
2	Privado	\$ 17.417.414.862	54%	\$ 146
3	Social	\$ 290.906.028.205	0%	-
Función Objetivo Ponderada		\$ 32.422.589.717	100%	\$ 272
Función Objetivo Ponderada Línea Base		\$ 133.588.774.068		\$ 1.122
Pérdida - Ganancia Eficiencia		\$ 101.266.266.351	76%	\$ 850

Fuente: Cálculos Propios

Se puede inferir de las tablas anteriores que el peso del impacto económico en la función objetivo ponderada, frente al peso del impacto privado es considerablemente mayor, lo cual indica también una sobrevaloración del impacto económico.

7.2.4 Análisis del contexto político local. Como se mencionó en la sección 6.4, para el presente análisis se fuerza a que cada uno de los rellenos de Sabanalarga, El Banco y Santander de Quilichao, inicien construcción en el 2013: **(12)** Modificar t , haciendo $t_1^- = 4$ y $t_1^+ = 4$, considerando $\lambda_1 = \lambda_2 = \lambda_3 = 33,33\%$; **(13)** Modificar t , haciendo $t_5^- = 4$ y $t_5^+ = 4$, considerando $\lambda_1 = \lambda_2 = \lambda_3 = 33,33\%$; **(14)** Modificar t , haciendo $t_6^- = 4$ y $t_6^+ = 4$, considerando $\lambda_1 = \lambda_2 = \lambda_3 = 33,33\%$.

En este contexto se presentan modificaciones sobre las fechas óptimas para iniciar la construcción de los rellenos, frente a la línea base.

Gráfico 2. Resultados de las fechas de inicio óptimas para el portafolio de rellenos sanitarios, bajo el escenario 12

i	Nombre del Relleno	FECHA DE INICIO DEL PROYECTO i				
		2009	2010	2011	2012	2013
1	Sabanalarga					XXXXXXX
2	Capitanejo					
3	Puente Nacional					
4	Barrancabermeja					
5	El Banco		XXXXXXX			
6	Santander de Quilichao					
7	Sogamoso					
	Marca la fecha inicial del proyecto para el escenario línea base					
XXXXXXX	Marca la fecha inicial del proyecto para el escenario 12					

Fuente: Cálculos Propios

Se tiene que el Relleno de Sabanalarga se debe iniciar en el año 2013; esta situación genera que el proyecto de El Banco se acelere un año. La implicación de este evento, es que de no completar la voluntad política en el municipio de Sabanalarga para el 2010, El MAVDT deberá enfocar sus gestiones para promover que sea incluido por parte del Concejo Municipal en El POT a más tardar durante el 2009, el sitio de disposición de El Banco.

Gráfico 3. Resultados de las fechas de inicio óptimas para el portafolio de rellenos sanitarios, bajo el escenario 13

i	Nombre del Relleno	FECHA DE INICIO DEL PROYECTO i				
		2009	2010	2011	2012	2013
1	Sabanalarga					
2	Capitanejo					
3	Puente Nacional					
4	Barrancabermeja					
5	El Banco					XXXXXXX
6	Santander de Quilichao					
7	Sogamoso					
	Marca la fecha inicial del proyecto para el escenario línea base					
XXXXXXX	Marca la fecha inicial del proyecto para el escenario 13					

Fuente: Cálculos Propios

Se tiene que el Relleno de El Banco se está obligando a iniciar en el año 2013; esta situación no genera ninguna implicación en cuanto a la cronología de la línea base definida para los otros proyectos.

Gráfico 4. Resultados de las fechas de inicio óptimas para el portafolio de rellenos sanitarios, bajo el escenario 14

/	Nombre del Relleno	FECHA DE INICIO DEL PROYECTO /				
		2009	2010	2011	2012	2013
1	Sabanalarga					
2	Capitanejo					
3	Puente Nacional					
4	Barrancabermeja				XXXXXXXX	
5	El Banco					
6	Santander de Quilichao					XXXXXXXX
7	Sogamoso					
	<i>Mover la fecha inicio del proyecto para el escenario Base Base</i>					
XXXXXXXX	<i>Mover la fecha inicio del proyecto para el escenario 14</i>					

Fuente: Cálculos Regionales

El condicionamiento de realizar Santander de Quilichao durante el próximo gobierno municipal, puede generar que se relaje la estructura cronológica del portafolio, ya que Barrancabermeja se aplaza un año.

Sin embargo, los análisis hasta aquí presentados, se deben complementar con los resultados frente a la eficiencia del portafolio. Estos se compilan en la siguiente tabla:

Tabla 11. Análisis de eficiencia del contexto político regional

ESCENARIO EN ANÁLISIS	VALOR - \$ AÑO 2009	% EFICIENCIA	Valor - \$ Año 2009 / (hogar-mes)
<i>Función Objetivo Ponderada Línea Base</i>	\$ 133.588.774.068		\$ 1.122
Función Objetivo Ponderada (Esc 12)	\$ 148.476.260.994		\$ 1.247
<i>Pérdida - Ganancia Eficiencia (Esc 12)</i>	\$ (14.887.486.926)	-11%	\$ (125)
Función Objetivo Ponderada (Esc 13)	\$ 135.447.753.593		\$ 1.138
<i>Pérdida - Ganancia Eficiencia (Esc 13)</i>	\$ (1.858.979.485)	-1%	\$ (16)
Función Objetivo Ponderada (Esc 14)	\$ 143.848.760.628		\$ 1.208
<i>Pérdida - Ganancia Eficiencia (Esc 14)</i>	\$ (10.259.986.559)	-8%	\$ (86)

Fuente: Cálculos Regionales

Los anteriores resultados implican que:

(i) Iniciar el proyecto de Sabanalarga en el año 2013, accediendo a una total voluntad política para El Banco en el año 2010, genera pérdidas de eficiencia tan sólo del 11% durante el proceso de optimización adelantado.

(ii) Dado que en la actualidad no sea posible acceder a una total voluntad política para construir El Banco, se puede esperar y alcanzarla con el próximo gobierno municipal, ya que la pérdida de eficiencia del portafolio no es significativa; en suma, las fechas óptimas del portafolio variaron sólo para el relleno en comento.

(iii) Relajar el portafolio no presenta una gran pérdida en eficiencia (similar a la simulación 12); luego, de no acometer Santander de Quilichao durante el actual gobierno municipal, puede representar un alivio a las gestiones políticas de El MAVDT, e incluso aplazar un

haciendo efectivo el desarrollo del portafolio propuesto por el Gobierno. Además, en algunos casos es factible identificar los riesgos que implica el valorar un impacto asignándole un mayor respecto a otro.

Una contribución del modelo que se hace necesario resaltar, es que ofrece la posibilidad de evaluar las afectaciones que las tendencias políticas locales, pueden generar sobre la implementación de la Política Pública y sobre las acciones de sus administradores, tal y como se refleja en la sección 7.2.4.

Sin embargo, no se puede desconocer que el modelo propuesto resulta altamente sensible a la calidad de información suministrada. Como se pudo evidenciar en la sección anterior, el impacto social se encuentra sobrevalorado, porque a pesar de que la metodología de “*Transferencia de Beneficios*” resulta útil ante la imposibilidad de acceso a información primaria, para nuestro caso particular sólo se cuenta con un estudio conocido desarrollado en el país. Esta situación puede generar un nivel de incertidumbre tal, que el administrador público con los resultados arrojados por la evaluación adelantada, no cuente con los elementos suficientes para emprender acciones en pro de incentivar la implementación de sus planes, maximizando el beneficio de la comunidad.

Dicha circunstancia se debe manifestar, dado que cambios sustanciales en la información pueden derivar en la modificación de la cronología óptima del portafolio, y/o alteraciones en su eficiencia que pueden llevar al planificador a desarrollar acciones innecesarias o inconvenientes.

Es así que a pesar de que el modelo propuesto en este documento, al incorporar herramientas del campo de la ingeniería, la investigación de operaciones y la economía, se constituye en un primer instrumento promotor de la política sectorial, dados los altos niveles de sensibilidad encontrados frente a la calidad de la información, es pertinente recomendar avanzar en la construcción de estudios que permitan mejorarlo en cuanto los impactos sociales⁷² y económicos, acercándose a los niveles de confiabilidad que la medición de los impactos privados (relacionados con la regulación económica del servicio público de aseo) hoy presenta Colombia.

⁷² Ver propuesta del autor en el Anexo 3.

Por ende, dedicar esfuerzos financieros por parte del Gobierno Nacional para la realización de estudios conducentes a la valoración de los impactos económicos y sociales que pueden generar un relleno sanitario del orden regional, resultaría conveniente en la medida que las comunidades interiorizarían la importancia de este servicio ambiental, generando dos claros efectos positivos: (i) Que los modelos propuestos por la regulación económica con el objeto de remunerar adecuadamente tal servicio, sean entendidos por parte de los usuarios en términos de adelantar de manera adecuada la disposición de sus residuos, y (ii) que al llevar a cabo estudios sobre la DAP de la población frente a este servicio, sea posible evidenciar un valor muy cercano al que los usuarios le asignan.

En virtud de estos efectos, el modelo puesto a consideración para la administración de la Política Pública, en términos prácticos contribuirá a superar la problemática que se enfrenta en materia de disposición final, posibilitando la focalización de esfuerzos públicos maximizando el bienestar de la población atendida; lo anterior a través de una identificación de tareas ciertas (como las esbozadas en la sección anterior) que contribuyan a hacer de la implementación de la política un medio para lograrlo.

Además, puede resultar útil proponer afinamientos al modelo, para que sean consideradas situaciones a que se puede ver avocado su desarrollo, tales como el incremento sorpresivo de la población objeto de la política (procesos migratorios), cambios en las estructuras de los costos privados entre otros, las que modifiquen de forma sustancial la implementación de la política y necesariamente deban ser analizadas para reorientar las labores del planificador.

Sumado a lo anterior, y recordando que en la revisión bibliográfica se encontró que la tendencia global es promover las actividades de aprovechamiento y reciclaje; la regulación económica del servicio, deberá emitir señales explícitas que las promuevan⁷³ y desde su ámbito de aplicación, construir una política que no sólo comprenda la disposición final regional, sino que propenda además por la disminución del material que es depositado en los rellenos. Sin lugar a dudas, esta será la siguiente generación en materia de Política Pública del servicio de aseo, razón por la cual las actividades mencionadas deberán ser

⁷³ Cabe señalar que la actual metodología tarifaria para el servicio de aseo, contiene señales que promueven las actividades de aprovechamiento y reciclaje en la fuente.

incorporadas en las herramientas que como ésta, se construyan para evaluar y revisar tales políticas, facilitándoles a los administradores públicos su gestión.

El análisis que se pone a consideración en el presente documento, se constituye en una herramienta complementaria a la Política Pública, que puede servir como base para continuar los análisis de las propuestas gubernamentales, y generar toma de decisiones ajustadas a las realidades de nuestro país. Adicionalmente posibilita la identificación de ajustes, para generar los menores impactos posibles sobre la población.

9. BIBLIOGRAFÍA

- Andesco, M.Indesarrollo, Banco Mundial, (2001, marzo). Seminario Internacional de Regulación en Agua Potable y Saneamiento Básico – Memorias y Lecturas Complementarias. Bogotá, Colombia.
- Acto Legislativo Número 04 (2007, 11 de julio). Por el cual se reforman los artículos 356 y 357 de la Constitución Política. Bogotá, Colombia.
- Arrieta, G. (2007). Análisis de la producción de residuos sólidos de pequeños y grandes productores, determinación de factores de producción de residuos sólidos de los usuarios residenciales, revisión de la regulación vigente y cálculo de costos asociados a la realización de aforo de residuos sólidos en Colombia. Bogotá, Colombia.
- Blair, B. Hite, D. (2005). The impact of environmental regulations on the industry structure of landfills. *Growth and Change*, v. 36, iss. 4, pp. 529-50. Recuperado en: www.blackwellpublishing.com/journal.asp?ref=0017-4815
- Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico – CRA (2005, Diciembre). Metodología de costos y tarifas para el servicio público de aseo - Documento de Trabajo. Bogotá, Colombia.
- Consejo Nacional de Política Económica y Social - Departamento Nacional de Planeación (2008, junio). Documento CONPES 3530. Lineamientos y estrategias para fortalecer el servicio público de aseo en el marco de la gestión integral de residuos sólidos. Bogotá, Colombia.
- Consorcio Plataforma Ambiental – Cundinamarca (2007). Metodología para incentivar la regionalización de la disposición final de los residuos sólidos. Bogotá, Colombia.
- Decreto 1713. (2002). Por el cual se reglamenta la Ley 142 de 1994, la Ley 632 de 2000 y la Ley 689 de 2001, en relación con la prestación del servicio público de aseo, y el Decreto Ley

2811 de 1974 y la Ley 99 de 1993 en relación con la Gestión Integral de Residuos Sólidos. Bogotá, Colombia.

- Decreto 838 – 2005. (2005). Por el cual se modifica el Decreto 1713 de 2002 sobre disposición final de residuos sólidos y se dictan otras disposiciones. Bogotá, Colombia.
- Department for Environmental Food and Rural Affairs – DEFRA (2004, diciembre). Valuation of external costs and benefits to health and environment of waste management options. Final report for DEFRA by Enviros Consulting limited in association with EFTEC. Recuperado en: www.defra.gov.uk/environment/waste/research/health/pdf/costbenefit-valuation.pdf
- Dobbs, I. (1991, febrero). Litter and waste management: Disposal taxes versus user charges. The Canadian Journal of Economics, Vol 24m No. 1, pp. 221-227. Recuperado en: www.jstor.org/stable/13548
- Econometría S.A. Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico, CRA (2004, 31 de mayo). Estudio de regulación tarifaria de aseo – Evaluación y diagnóstico sectorial con fines regulatorios – Fase I, III y IV. Bogotá, Colombia.
- Eshet, T. Ayalon, O. Shechter, M. (2006). Valuation of externalities of selected waste management alternatives: A comparative review and analysis. Resources, Conservation and Recycling 46 pp. 335-364. Recuperado en: www.sciencedirect.com
- European Commission, DG Environment (2000, octubre). A study on the economic valuation of environmental externalities from landfill disposal and incineration of waste. Recuperado en: www.ec.europa.eu/environment/waste/studies/econ_eva_landfill.htm
- Faber, S. (1998, enero), Undesirable facilities and property values: A summary of empirical studies. Ecological Economics Summary, pp. 1-14.
- Feinerman, E. Finkelshtain, I. Kan, I. (2004, marzo) On a political solution to the NIMBY. American Economic Review, Vol. 94, pp. 369-381. Recuperado en: www.aeaweb.org/articles/issue_detail.php?journal=AER&volume=94&issue=1&issue_date=March%202004
- Giraldo, J. Restrepo, M. (2006). Aproximación al valor del daño del relleno sanitario de la Pradera a partir del método de Transferencia de Beneficios. Convenio 432/06 – Diseño de instrumentos económicos y financieros para la implementación del plan de gestión integral de residuos sólidos regional. Universidad Pontificia Bolivariana y Área Metropolitana del Valle de Aburrá. Medellín, Colombia.

- Highfill, J. McAsey, M. (2004). Gains and losses from transfers of solid waste. *International Advances in Economic Research*, v. 10, iss. 2, pp. 123-32. Recuperado en: www.springer.com/journal/11294
- Jenkins, R. Maguire, K. Morgan, C. (2004). Host community compensation and municipal solid waste landfills. *Land Economics*, v. 80, iss. 4, pp. 513-28. Recuperado en: www.wisc.edu/wisconsinpress/journals/journals/le.htm
- Kinnaman, T. Fullerton, D. (1999, agosto). The economics of residential waste management. Working Paper 7326. National Bureau of Economic Research. Recuperado en: www.nber.org/papers/w7326
- Lah, T. (2002). Critical review of the cost-benefit analysis in the literature on municipal solid waste management. *International Review of Public Administration*. Vol 7, No.1. Recuperado en: www.download.dbpia.co.kr/pView.asp?arid=720818&lid=1603&uid
- Lerner, J. (2001, 6 de diciembre). Gobierno del estado de Parana, Brasil. Former Mayor of Curitiba. Recuperado en: www.ncseonline.org/ncseconference/2001_conference/report/pagecfm2FID=1719
- Ley 99. (1993). Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, y se dictan otras disposiciones. Bogotá, Colombia.
- Ley 142. (1994). Por la cual se establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios y se dictan otras disposiciones. Bogotá, Colombia.
- List, G. Mirtchandani, P. (1991). An integrated network/planar multiobjective model for routing and siting for hazardous materials and wastes. *Transportation Science*, Vol. 25, p. 146. Recuperado en: www.cat.inist.fr/?aModele=afficheN&cpsid=16136676
- Maqsood, I. Huang, G. H. Zeng, G. M. (2004) An inexact two-stage mixed integer linear programming model for waste management under uncertainty. *Civil Engineering & Environmental Systems*. Vol. 21. pp. 187-206. Recuperado en: www.jstor.org/
- Medaglia, A. Hueth, D. Mendieta J. Sefair, J (2006, septiembre) A multiobjective model for the selection and timing of public enterprise projects. *Socio-Economic Planning Sciences* 42. pp. 31 – 45.
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (2003, diciembre). Metodologías para la valoración económica de bienes, servicios ambientales y recursos naturales. Bogotá, Colombia.

- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (2008, febrero). Propuesta de portafolios de proyectos de rellenos sanitarios en Colombia. Propuesta presentada al Banco Mundial. Bogotá, Colombia.
- Na, M. Kurihara, K. Gion, N. (2007). Optimal allocation of final waste disposal sites base on physical and social factors. Journal of Environmental Science for Sustainable Society. Vol.1 pp. 25-32. Recuperado en: www.jstage.jst.go/article/jesss/1/0/1_25/article
- Organización Panamericana de la Salud. (2003, Diciembre). Evaluación regional de los servicios de manejo de residuos sólidos municipales, Informe Analítico de Chile – Evaluación 2002. Santiago de Chile, Chile.
- Resolución 1478. (2003, diciembre). Por la cual se establecen las metodologías de valoración de costos económicos del deterioro y de la conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables. Bogotá, Colombia.
- Resolución CRA 351. (2005). Por la cual se establecen los regímenes de regulación tarifaria a los que deben someterse las personas prestadoras del servicio público de aseo, la metodología que deben utilizar para el cálculo de las tarifas del servicio público domiciliario de aseo y se dictan otras disposiciones. Bogotá, Colombia.
- Resolución 1390. (2005). Por la cual se establecen directrices y pautas para el cierre, clausura y restauración o transformación técnica a rellenos sanitarios de los sitios de disposición final a que hace referencia el artículo 13 de la Resolución 1045 de 2003 que no cumplan las obligaciones indicadas en el término establecido en la misma. Bogotá, Colombia.
- Rydin, Y. (1998). Land use planning and environmental capacity: Reassessing the use of regulatory policy tools to achieve sustainable development. Journal of Environmental Planning and Management, v. 42, iss. 6, pp. 861-74. Recuperado en: www.tandf.co.uk/journals/titles/09640568.asp
- Sandoval, W. (2004, agosto). Análisis económico del proyecto manejo adecuado de residuos sólidos para el municipio de Pamplona. Universidad de los Andes, Facultad de Economía, PEMAR. Bogotá, Colombia.
- Sasao, T. (2004). Analysis of the socioeconomic impact of landfill siting considering regional factors. Environmental Economics and Policy Studies, 2004, v. 6, iss. 2, pp. 147-75. Recuperado en: www.springeronline.com/cgi/cda/frontpage/0,11855,4-40532-70-1127341-0,00.html

- Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (2003). Informe de la prestación del servicio de manejo de residuos sólidos en Colombia. Evaluación Regional de los servicios de manejo de residuos sólidos municipales 2002. Bogotá, Colombia.
- Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios y Andesco. Memorias VIII Congreso de Servicios Públicos Domiciliarios. (2006, 29 de junio). La excelencia en el servicio. Cartagena de Indias, Colombia.
- Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (2007, septiembre). Estudio sectorial – Servicio de aseo – 2002 -2005. Bogotá, Colombia.
- Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (2008, marzo). Diagnóstico nacional sobre aprovechamiento de residuos sólidos domiciliarios. Bogotá, Colombia.
- World Bank (2004, september 22). Colombia: recent economic developments in infrastructure (REDI). Volumen I.