

**VALORACIÓN ECONÓMICA DE LA CONTAMINACIÓN POR OLORES EN EL  
AREA DE INFLUENCIA DEL RELLENO SANITARIO EL CARRASCO: UNA  
APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE PRECIOS HEDÓNICOS**

**ISNARDO LÓPEZ OLIVEROS  
RAFAEL ENRIQUE GARCIA ESTEVEZ**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
ESCUELA DE ECONOMÍA Y ADMINISTRACIÓN  
FACULTAD DE CIENCIAS HUMANAS  
BUCARAMANGA  
2006**

**VALORACIÓN ECONÓMICA DE LA CONTAMINACIÓN POR OLORES EN EL  
AREA DE INFLUENCIA DEL RELLENO SANITARIO EL CARRASCO: UNA  
APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE PRECIOS HEDÓNICOS**

**ISNARDO LÓPEZ OLIVEROS  
RAFAEL ENRIQUE GARCIA ESTEVEZ**

**Trabajo de grado para optar al título de Economista**

**Director:  
Alexandra Cortés Aguilar  
Economista, Msc. en Ciencias Económicas**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
ESCUELA DE ECONOMÍA Y ADMINISTRACIÓN  
FACULTAD DE CIENCIAS HUMANAS  
BUCARAMANGA  
2006**

## TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	6
OBJETIVOS	9
1. CONTEXTUALIZACIÓN	10
1.1 Generalidades Sobre Los Residuos Sólidos	10
1.2 Residuos Sólidos En América Latina Y El Caribe	13
1.3 Residuos Sólidos En Colombia	15
1.4 Los Rellenos Sanitarios	19
1.4.1 <i>Impactos ambientales de un relleno sanitario</i>	21
2. MANEJO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS EN BUCARAMANGA	23
2.1 Disposición Final	23
2.2 Descripción Del Carrasco	25
2.3 Características De Los Residuos Que Ingresan Al Carrasco	26
2.3.1 <i>Composición química</i>	27
2.3.2 <i>Composición física</i>	28
2.4 La Contaminación Por Olores Generada Por El Carrasco	30
3. APORTES DESDE LA ECONOMÍA AMBIENTAL	32
3.1 Valoración Económica De Bienes, Servicios Ambientales Y Recursos Naturales	33
3.1.1 <i>Enfoques de la valoración económica</i>	35
3.2 El Método De Los Precios Hedónicos	36
3.2.1 <i>Antecedentes de estudio</i>	38
3.2.2 <i>Modelo de los precios hedónicos</i>	39
3.2.3 <i>Supuestos y limitaciones del modelo</i>	43
4. MODELO EMPÍRICO	45
4.1 Metodología	45
4.1.1 <i>Datos</i>	46
4.1.2 <i>Muestra</i>	46
4.1.3 <i>Definición de las variables</i>	47
4.1.4 <i>Forma funcional</i>	48
4.2 Estimación Y Análisis De Resultados	49
4.2.1 <i>Estadística descriptiva</i>	49
4.2.2 <i>Resultados obtenidos</i>	50
4.3 Análisis del modelo empírico doble-log	53
5. CONCLUSIONES	57
BIBLIOGRAFÍA	59
ANEXOS	63

## LISTA DE TABLAS Y GRAFICAS

	Pág.
Tabla 1 Factores involucrados en la selección de la localización de un Relleno Sanitario.	20
Tabla 2 Volúmenes de Residuos Sólidos que ingresan al Carrasco.	24
Tabla 3 Participación de los municipios en los residuos manejados en el Carrasco.	25
Tabla 4 Composición Química de los Residuos Sólidos del Área Metropolitana de Bucaramanga.	27
Tabla 5 Distribución de los predios urbanos edificados según destino económico.	45
Tabla 6 Total predios habitacionales en Bucaramanga vs. la muestra.	47
Tabla 7 Formas funcionales.	48
Tabla 8 Estadística descriptiva.	49
Tabla 9 Resumen de los resultados en cada uno de los modelos estimados.	51
Tabla 10 Función de precios hedónicos Doble-Log.	54
Grafica 1 Distribución de los residuos según sus propiedades o posibilidades de tratamiento y disposición final.	29

## LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A Corrientes residuales.	63
Anexo B Alternativas tecnológicas para el manejo integral de residuos sólidos.	64
Anexo C Marco legal.	65
Anexo D Mapas de Localización del Carrasco.	66
Anexo E Especificaciones del Carrasco.	67
Anexo F Resolución 0753 del 13 de agosto de 1998.	68
Anexo G Residuos que originan los contaminantes presentes en el lixiviado del relleno sanitario el Carrasco.	71
Anexo H Propiedades y toxicidad de los metales analizados por absorción atómica.	72
Anexo I Contaminantes de importancia en aguas residuales.	73
Anexo J Caracterización Física de los Residuos Sólidos que ingresan al Carrasco.	74
Anexo K Regresión Doble-log utilizando el software EViews.	75
Anexo L Estudio olfatométrico CEIAM.	76

## RESUMEN

- TITULO:** Valoración Económica De La Contaminación Por Olores En El Área De Influencia Del Relleno Sanitario El Carrasco: Una Aplicación De La Metodología De Precios Hedónicos\*
- AUTOR (ES):** Isnardo López Oliveros  
Rafael Enrique García Estévez\*\*
- PALABRAS CLAVES:** Valoración Económica, Relleno Sanitario, Método Precios Hedónicos, Residuos Sólidos, Contaminación por Olores, El Carrasco.

## DESCRIPCIÓN

El propósito de esta investigación es demostrar la incidencia de la contaminación por olores en el precio de las viviendas cercanas al relleno sanitario el Carrasco en la ciudad de Bucaramanga. Con base en información obtenida por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Planeación Nacional y diversos estudios; que desde la óptica de la valoración económica de bienes, servicios y recursos ambientales, que tratan los impactos de la contaminación para ciertas zonas; fue posible su elaboración.

La metodología usada para demostrar los efectos negativos de la contaminación por olores se basó en la aplicación del método de los precios hedónicos, el cual hace parte del enfoque indirecto de valoración económica y reside en los postulados de la Economía Ambiental. Dicho método plantea que los bienes son heterogéneos y poseen un conjunto de características que determinan su precio, en otras palabras que el precio del bien es un agregado de los precios individuales de sus características. Para el caso de las viviendas específicamente, existe una relación entre precio de las viviendas de uso habitacional y las características físicas del predio y del entorno; como por ejemplo, la calidad ambiental, el estrato, la presencia de parques, los metros construidos, etc.

Los resultados arrojados por la investigación determinó que efectivamente la contaminación por olores generadas por el relleno sanitario el Carrasco reduce en aproximadamente \$ 7.800.000 de pesos el precio de una vivienda comparada con otra vivienda con iguales características y atributos, pero ubicada en otro sector de la ciudad.

---

\* Proyecto de grado

\*\* Universidad Industrial de Santander. Escuela de Economía y Administración. CORTÉZ AGUILAR, Alexandra

## ABSTRACT

**TITLE:** Economic Valuation Of The Pollution By Smells In The Area Of Influence Of the Sanitary Filler The Carrasco: An Application Of The Methodology Of Hedonic Prices<sup>\*</sup>

**AUTHOR (S):** Isnardo López Oliveros  
Rafael Enrique García Estévez<sup>\*\*</sup>

**KEY WORDS:** Economic Valuation, Sanitary Filler, Method Hedonic Prices, Solid Residuals, Contamination for Scents, The Carrasco

### DESCRIPTION:

The purpose of this investigation is to demonstrate the incidence of the pollution by smells in the price from the near housings to the sanitary filler the Carrasco in the city of Bucaramanga. With base in information obtained by the Geographical Institute Agustín Codazzi, Planeación Nacional and diverse studies; that from the optics of the economic valuation of goods, services and environmental resources that treat the impacts of the contamination for certain areas; it was possible their elaboration.

The methodology used to demonstrate the negative effects of the pollution by smells you bases on the application of the method of the hedonic prices, which makes part of the indirect focus of economic valuation and it resides in the postulates of the Environmental Economy. This method outlines that the goods are heterogeneous and they possess a group of characteristics that they determine its price in other words that the price of the good is an attaché of the individual prices of their characteristics. For the case of the housings a relationship exists specifically, between price of the housings of residence use and the physical characteristics of the property and of the environment; as for example, the environmental quality, the stratum, the presence of parks, the built meters, etc.

The results hurtled by the investigation determined that indeed the pollution by smells generated by the sanitary filler the Carrasco reduces in approximately \$7.800.000 of pesos the price of a housing compared with another housing with characteristic equals and attributes, but located in another sector of the city.

---

<sup>\*</sup> Work of degree

<sup>\*\*</sup> Universidad Industrial de Santander, Faculty of Economic and Business. CORTÉZ AGUILAR, Alexandra

## INTRODUCCIÓN

La disposición final de residuos en rellenos sanitarios, botaderos a cielo abierto o cursos de agua puede traer alteraciones e impactos geosféricos (sobre los suelos), atmosféricos (alteración en la calidad del aire), hidrosféricos (variación en la disponibilidad y calidad del agua), hidrogeológicos (afectación aguas subterráneas), bióticos (fauna y flora), de agotamiento de los recursos naturales, entre otros. Así mismo, se debe considerar el efecto socioeconómico que relaciona los impactos ambientales antes mencionados, con el bienestar social y económico de las comunidades que habitan en las cercanías de un sitio de disposición final.

El Carrasco, desde 1977, ha sido utilizado para la disposición final de los residuos sólidos de Bucaramanga y algunos municipios circunvecinos, lo cual ha generado diversas alteraciones ambientales, entre las que se encuentra el impacto negativo de la calidad del aire que se produce por los malos olores que emanan de la zona de disposición final. Debido a la contaminación producida, la Empresa de Aseo de Bucaramanga, EMAB, ha delimitado un área de influencia que corresponde a los sectores cercanos o que por efectos del comportamiento de las condiciones meteorológicas<sup>1</sup>, tienen incidencia en el arrastre de olores ofensivos que se generan en la disposición de los residuos.

Del área de influencia del Carrasco hacen parte los barrios El Porvenir, Monterredondo y los conjuntos residenciales Punta Estrella y Balcones de Provenza, que son en últimas las principales comunidades afectadas por las alteraciones en la calidad del aire. Tal como lo manifiestan los habitantes de estos barrios y lo corrobora un estudio olfatométrico elaborado por el Centro de Estudios e Investigaciones Ambientales (CEIAM), en el área de influencia del Carrasco se perciben olores ofensivos generados por la descomposición de los residuos que producen malestar y molestias respiratorias en los individuos afectados.

Sin lugar a duda, este caso representa una externalidad negativa en el sentido de que la contaminación del aire por olores ofensivos producto de la disposición final de residuos en el Carrasco, deteriora la calidad ambiental, sin que las comunidades que residen en el área de influencia del Carrasco reciban compensación alguna por ello.

Puntualmente, uno de los efectos negativos potenciales de la contaminación por olores es la variación en los precios de las viviendas que se encuentran

---

<sup>1</sup> Especialmente la velocidad y dirección del viento, la humedad relativa y la temperatura.

localizadas en los barrios afectados. Este efecto es posible bajo el supuesto de que la calidad del aire es un atributo de la vivienda que tiene incidencia en la determinación de su precio a la hora de realizar una transacción inmobiliaria.

En este orden de ideas la pregunta central que guía este trabajo es ¿Cómo influye la contaminación por olores que genera el Carrasco en el precio de las viviendas ubicadas en el área de influencia del mismo? Por lo tanto, el objetivo de este estudio es estimar el valor de la contaminación del aire causada por los olores o visto de forma dual, establecer el valor de la calidad del aire y el sentido en que dicha calidad influye en la determinación del precio de la vivienda en Bucaramanga, con el fin de establecer la repercusión económica que tiene sobre el precio de la vivienda la proximidad al relleno sanitario el Carrasco.

Con el fin de dar respuesta a este interrogante, el trabajo se aborda desde la teoría de la valoración económica de bienes, servicios ambientales y recursos naturales enmarcada en la economía ambiental. Metodológicamente se emplea el modelo de los precios hedónicos aplicado al mercado de la vivienda urbana en Bucaramanga. La hipótesis central de esta metodología subyace en que la vivienda es un bien heterogéneo, cuyo beneficio para los hogares depende de la utilidad que brinda cada una de las características estructurales (tamaño, calidad, tipo) y atributos del entorno (estrato, calidad del aire), entre otras que la compone; en otras palabras que el precio de la vivienda es un agregado de los precios individuales de sus características.

Con esta metodología se supone que los hogares de Bucaramanga al elegir un lugar de residencia, en realidad lo que escogen es un conjunto de características estructurales y un conjunto de atributos del entorno. Sin embargo, esas características y atributos de la vivienda no se transan explícitamente en varios mercados sino conjuntamente en un mercado bien integrado denominado de bienes raíces.

El uso de este método permitirá encontrar valores cuantitativos de gran utilidad; como por ejemplo, la disponibilidad a pagar de los hogares por las características y atributos intrínsecos de la vivienda y las elasticidades de cada una de las características y atributos respecto al precio. Estas cuantificaciones se harán con base en ciertos parámetros y utilizando variables o características comunes al método de valoración económica de precios hedónicos, que permitan explicar el comportamiento del precio de las viviendas en Bucaramanga y principalmente la incidencia de la contaminación por olores en el precio de estas.

Los resultados de este trabajo de investigación aportaran evidencia empírica sobre si efectivamente existe o no afectación negativa de la contaminación por olores en el precio de las viviendas aledañas al Carrasco. Así mismo, esta investigación

seria un buen punto de partida para ser utilizada por las autoridades ambientales como una herramienta útil y complementaria en la formulación de políticas tendientes a mitigar el daño causado por fuentes de contaminación ambiental.

De acuerdo con lo anterior este trabajo esta organizado de la siguiente manera. En la primera parte se presenta la introducción y los objetivos propuestos. En la segunda se expone las generalidades sobre los residuos sólidos y brevemente se describe el panorama de los residuos a nivel regional y nacional. En el tercero se hace una descripción del manejo de los residuos en Bucaramanga, en la cual se describe detalladamente el Carrasco, las características de los residuos dispuestos en este sitio y la contaminación por olores producida por este relleno sanitario. La cuarta aborda los elementos conceptuales y teóricos tomados en cuenta para especificar la metodología y el modelo econométrico. En la quinta se muestra el modelo empírico, donde se describe la metodología, las variables que componen el modelo propuesto y el análisis de resultados. Finalmente, la sexta sección presenta las conclusiones y recomendaciones conforme a los resultados.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo General.**

El objetivo principal de esta investigación es establecer la influencia que tiene la contaminación por olores en la determinación del precio de las viviendas ubicadas en el área de influencia del relleno sanitario el Carrasco.

### **Objetivos Específicos.**

- Identificar el método de valoración económica de bienes y servicios ambientales adecuado para determinar la relación entre los atributos ambientales y el precio de la vivienda.
- Establecer el valor económico de la calidad del aire en el área de influencia del relleno sanitario el Carrasco, utilizando la metodología de precios hedónicos aplicada al mercado convencional de vivienda en Bucaramanga.
- Analizar por medio de los resultados del modelo, la magnitud y el sentido de la incidencia de las variables explicativas en el valor de la vivienda localizadas en el área de estudio.
- Fijar la disponibilidad a pagar (DAP) por cada uno de los atributos que determinan el precio de la vivienda en el sitio de estudio.

# 1. CONTEXTUALIZACIÓN

## 1.1 GENERALIDADES SOBRE LOS RESIDUOS SÓLIDOS

Dentro de la amplia gama de temas que guardan relación con la problemática ambiental y que en los últimos años ha tomado fuerza en los programas de protección del medio ambiente se encuentra la gestión integral de los residuos. La gestión integrada es el término aplicado a todas las actividades asociadas con el manejo de los diversos flujos de residuos dentro de la sociedad y su meta básica es administrar los residuos de tal forma que sean compatibles con el medio ambiente y la salud pública.

En primer lugar, es necesario definir a los residuos como materiales de desecho que se producen tras la fabricación, transformación o utilización de bienes de consumo que el generador abandona, rechaza o entrega. En otras palabras es “todo material descartado por la actividad humana, que no teniendo utilidad inmediata se transforma en indeseable” (Guía para la Gestión del Manejo de Residuos Sólidos Municipales, 2003). Según el estado físico en que se encuentren los residuos se pueden clasificar en sólidos, líquidos y gaseosos.

Igualmente, los residuos sólidos se dividen en aprovechables y no aprovechables. Los aprovechables son todo material, objeto o elemento sólido que no tiene valor de uso directo o indirecto para quien lo genere, pero que es susceptible de incorporación a un proceso productivo. Dentro de los no aprovechables se encuentran todos los materiales o sustancias sólidas o semisólidas de origen orgánico e inorgánico, putrescibles o no, que no ofrecen ninguna posibilidad de aprovechamiento, reutilización o reincorporación en un proceso productivo. Son residuos sólidos que no tienen ningún valor comercial, requieren tratamiento y disposición final.

La mayoría de los residuos sólidos provienen de actividades domésticas, industriales, comerciales, institucionales, de servicios, que se concentran en los centros urbanos. Estos residuos sólidos urbanos proceden de las actividades propias de los hogares, plazas de mercado, edificios públicos, fábricas, parques, avenidas, de la demolición y reparación de edificios, entre otras. También surgen desechos de las actividades industriales, que a diferencia de los residuos sólidos urbanos son más peligrosos, puesto que pueden contener sustancias inflamables, radiactivas o tóxicas. Finalmente, los residuos sólidos son divididos en tres grandes grupos; ordinarios, peligrosos y hospitalarios<sup>2</sup>.

---

<sup>2</sup> Para ampliar esta clasificación ver anexo A.

Tal como lo plantea el Informe Regional sobre la Evaluación de los Servicios de Manejo de Residuos Sólidos Municipales en la Región de América Latina y el Caribe (OPS, 2005), los estilos de vida, los altos niveles de consumo, los materiales usados en la producción industrial y la introducción de materiales persistentes en las actividades cotidianas de las personas, tienden a incrementar los volúmenes de residuos sólidos, presentando serios problemas para su recolección, transporte, tratamiento y disposición final. En términos generales se podría afirmar que el crecimiento económico, la urbanización, la industrialización y el nivel de consumo generan la producción de cantidades enormes de desechos que demandan cada vez más una gestión eficiente en lo que concierne al manejo integral de los residuos sólidos urbanos.

Para una eficiente gestión integral de los residuos sólidos se debe establecer un orden jerárquico entre las posibilidades de reducción en el origen, el aprovechamiento y valorización, el tratamiento y transformación, y la disposición final teniendo en cuenta los siguientes criterios:

La reducción en el origen está en el primer escaño de la jerarquía porque es la forma más eficaz de reducir la cantidad y peligrosidad de residuos, el costo asociado a su manipulación y los impactos ambientales. En segundo lugar esta el aprovechamiento y valoración que implica la separación y recogida de materiales residuales en el lugar de su origen; la preparación de estos materiales para la reutilización, el reprocesamiento, la transformación en nuevos productos, y la recuperación de productos de conversión y energía en forma de calor y biogás combustible.

El tratamiento y transformación ocupa el tercer lugar e implica la alteración física, química o biológica de los residuos. Típicamente, las transformaciones físicas, químicas y biológicas que pueden ser aplicadas a los residuos sólidos urbanos son utilizadas para mejorar la eficacia de las operaciones y sistemas de gestión de residuos. Para los residuos que no puedan ser aprovechados, se utilizan sistemas de tratamiento para disminuir su peligrosidad y/o cantidad.

En este orden jerárquico el último lugar lo ocupa la disposición final controlada que solo debería hacerse a los residuos que no tienen ningún uso adicional, la materia residual que queda después de la separación de residuos sólidos en las actividades de recuperación de materiales y la materia residual restante después de la recuperación de productos de conversión o energía.

Teniendo en cuenta estos elementos de la Gestión Integral de Residuos y la demanda del manejo eficiente de los residuos sólidos se han desarrollado diversas alternativas técnicas y procesos asociados al manejo y tratamiento de los residuos sólidos urbanos, entre los cuales se destacan el reciclaje formal, los tratamientos

biológicos y químicos, los tratamientos térmicos, el pre-tratamiento de los residuos y la disposición final.

a. *El Reciclaje Formal:* es el proceso mediante el cual se aprovechan y transforman los residuos sólidos recuperados y se devuelve a los materiales su potencialidad de reincorporación como materia prima para la fabricación de nuevos productos. El reciclaje puede constar de varias etapas: procesos de tecnologías limpias, reconversión industrial, separación, recolección selectiva, acopio, reutilización, transformación y comercialización.

b. *Los Tratamientos Biológicos y Químicos:* son procesos utilizados para transformar la fracción orgánica de los residuos sólidos domiciliarios en productos gaseosos, líquidos o sólidos. Los principales procesos tecnológicos para el tratamiento biológico y químico son el compostaje y la digestión anaeróbica (para producir metano).

c. *Los Tratamientos Térmicos:* pueden definirse como la conversión de los residuos sólidos en productos gaseosos, líquidos y sólidos, con la simultánea o subsiguiente emisión de energía en forma de calor. Las tecnologías de procesamiento térmico más comunes son la incineración (con o sin recuperación de energía), la pirólisis y la gasificación.

d. *El Pre Tratamiento de Residuos:* se diseña para modificar las características físicas de los residuos. Dentro de esta categoría es posible encontrar alternativas como la reducción de tamaño a través de la trituración; la compactación o densificación de residuos; la separación por densidad a través de clasificadores neumáticos, por inercia o por flotación; la separación por tamaño, entre otras.

e. *La Disposición Final:* es otro proceso asociado al manejo de los residuos sólidos. Así mismo existen diversas formas de disposición final de residuos como son los botaderos, los basurales, los vertederos y los rellenos sanitarios. Sin embargo, solo estos últimos garantizan un control sobre el medio ambiente. Es decir que la disposición final solo debe hacerse en un relleno sanitario que, desde el punto de vista de técnico, es una obra destinada a la disposición final de los residuos sólidos domésticos no reciclables ni aprovechables, los cuales se deben disponer en el suelo, en condiciones controladas que minimizan los efectos adversos sobre el medio ambiente y reducen los riesgos sanitarios para la población.

Cabe aclarar que mientras que un botadero a cielo abierto y un basural no disponen de medidas de prevención y mitigación de los impactos ambientales y sanitarios, en un relleno el sitio de disposición final seleccionado cuenta con unas características que permiten disminuir la afectación del ambiente y los riesgos

para la salud humana, puesto que el proceso de descomposición es controlado y monitoreado.

Por ello, una política de gestión integrada debe tener en cuenta que para cada corriente residual o residuos sólidos se deben fijar alternativas de manejo que incluyan acciones de minimización, aprovechamiento (valoración), tratamiento (transformación) y disposición final (ver anexo B).

## **1.2 RESIDUOS SÓLIDOS EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE**

Los residuos sólidos en América Latina y el Caribe provienen de la actividad residencial, comercial, institucional, industrial (pequeña industria y artesanal), barrido y limpieza de áreas públicas y su gestión es responsabilidad de las autoridades municipales.

Según la OPS (2005) el promedio de generación per cápita de los residuos municipales para la región de América Latina y el Caribe es de 0,91 kg/hab./día. La mayor tensión sobre este indicador proviene de los grandes centros urbanos de la región, donde el promedio se eleva a 1,09 kg/hab./día, de los cuales se estima que el 80% son producidos en los hogares. En cuanto a la composición de los residuos en los países de la región, si bien varía en los distintos núcleos poblacionales, mantiene un fuerte componente de residuos de alimentos, con valores promedios de 50 a 70%, mientras que alrededor del 25% de los componentes de los residuos está compuesto por materiales reciclables como papel, cartón, plásticos, metales, textiles, cueros, cauchos y maderas<sup>3</sup>.

La generación y composición de residuos sólidos en la región están estrechamente relacionadas con el tamaño de las localidades, la densidad poblacional, el nivel de ingreso, los patrones de consumo y el nivel socioeconómico de la población. Según el Diagnóstico de la situación del manejo de residuos sólidos municipales en América Latina y el Caribe (1998) elaborado por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y la Organización Panamericana de la Salud (OPS), es posible identificar aspectos característicos sobre la generación de los residuos sólidos municipales de la región, tales como:

- La generación per cápita de residuos sólidos municipales se incrementa con el tamaño de las ciudades.
- La mayor proporción (hasta 70%) de los residuos sólidos municipales proviene de la generación domiciliar o residencial.

---

<sup>3</sup> [http://www.cepis.ops-oms.org/residuossolidos/evaluacion/e/index.html#Scene\\_1](http://www.cepis.ops-oms.org/residuossolidos/evaluacion/e/index.html#Scene_1)

- Existe correlación entre producción de residuos sólidos municipales e ingreso per cápita.
- Existe una correlación entre la calidad de residuos sólidos municipales generados y las condiciones económicas de los países.
- Los países con menores ingresos generan menos residuos y sus componentes son menos reciclables.

En materia de cobertura del servicio de recolección de residuos sólidos en los países de América Latina y el Caribe el promedio es del 80.88%, con una leve variación en los grandes centros urbanos donde el promedio de recolección alcanza tan solo un 82.9%. A pesar de que en la región se logra recolectar gran parte de los residuos sólidos urbanos, la OPS (2005) señala “que solo un 23% de los residuos municipales generados en la Región de ALC se deposita en forma sanitariamente adecuada en rellenos sanitarios. El resto tiene otras formas de disposición final en rellenos controlados, botaderos a cielo abierto o cursos de agua”.

A diferencia de Estados Unidos y los países miembros de la Unión Europea, en América latina y el Caribe aun se considera a los rellenos sanitarios como la mejor opción en el manejo de los residuos sólidos. Generalmente en América Latina y el Caribe predominan los botaderos a cielo abierto o cursos de agua, los rellenos sanitarios y los rellenos controlados. En la región el 45.25% de los residuos sólidos son dispuestos en vertederos a cielo abierto, el 23.73% en rellenos sanitarios y solo el 22.6% en rellenos sanitarios controlados.

En cuanto a la gestión para el manejo de los residuos, la mayoría de los países de América latina y el Caribe no cuenta con políticas nacionales sobre la gestión integral de los residuos sólidos, sin embargo desde mediados de la década de los noventa, los cuerpos legislativos de los países de la región han comenzado a establecer marcos legales para el manejo de los residuos sólidos urbanos, que incluyen un conjunto heterogéneo de leyes, decretos y reglamentos que regulan la responsabilidad y el comportamiento de los agentes que intervienen en la prestación de los servicios que integran la gestión de los residuos sólidos.

La tendencia en los países de América Latina y el Caribe es otorgar mayor protagonismo a las autoridades municipales en la gestión integral de los residuos sólidos, reflejado en el proceso de descentralización y delegación de facultades. La prestación de los servicios de manejo de los residuos sólidos en la región ha estado tradicionalmente a cargo de las autoridades locales (municipios). La responsabilidad municipal es organizar y manejar el sistema de aseo público, incluyendo la provisión de infraestructura para el servicio de recolección, transporte, tratamiento y disposición de los residuos (OPS, 2005).

En síntesis, el panorama de América latina y el Caribe es preocupante en cuanto al manejo de los residuos sólidos. Los gobiernos deben incentivar políticas ambientales que involucren no solo la adecuada disposición final de los residuos, si no también adoptar alternativas de recuperación de materiales o tratamientos como el compostaje. Así mismo, los gobiernos de la región deben identificar los beneficios y/o los costos económicos que traen consigo el manejo de los residuos sólidos municipales y finalmente poder cuantificarlos.

### **1.3 RESIDUOS SÓLIDOS EN COLOMBIA**

La problemática ambiental de los residuos sólidos en Colombia, tal como lo establece la política de residuos sólidos a nivel nacional (1998), está asociada con los siguientes aspectos fundamentales:

- Patrones de consumo que determinan patrones de producción insostenible de residuos.
- Falta de conciencia y cultura ciudadana sobre el manejo de los residuos sólidos.
- Se pierde el potencial de aprovechamiento de los residuos ya que se mezclan en el origen.
- Falta de apoyo y fortalecimiento del mercado de los productos, el cual se encuentra limitado a algunos sectores.
- Siempre se enfoca el manejo de los residuos en la disposición final, como es el relleno sanitario o vertederos, sin contemplar otras alternativas.
- Falencias en las otras fases que conlleva el manejo de los residuos como el transporte, tratamiento, aprovechamiento y almacenamiento.
- El país desconoce la magnitud del problema de los residuos peligrosos.

Según datos de la OPS (2005) en el país la generación per capita de residuos sólidos es de 0,69 kg/hab./día y la cobertura del servicio de recolección registra un promedio nacional del 98%<sup>4</sup>. Si comparamos estos indicadores con los de la región de América Latina y el Caribe se aprecia que la generación de residuos sólidos per capita es menor en Colombia mientras que la cobertura de recolección es significativamente superior en Colombia; de lo anterior se puede deducir que el problema del país radica en la forma de disponer los residuos sólidos, y no en la generación o recolección de los mismos.

Al igual que en la región de América latina y el Caribe, en Colombia los rellenos sanitarios son considerados ambiental y sanitariamente la opción más adecuada para la disposición final de los residuos. Sin embargo, la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD) afirma que de los 1.086 municipios de

---

<sup>4</sup> [http://www.cepis.ops-oms.org/residuossolidos/evaluacion/e/index.html#Scene\\_1](http://www.cepis.ops-oms.org/residuossolidos/evaluacion/e/index.html#Scene_1)

Colombia, sólo 350 disponen los residuos sólidos en estos sitios. La SSPD continúa señalando que en los municipios restantes se aplican otros sistemas y formas de tratamientos de los residuos sólidos identificadas así: 42 municipios disponen en sistemas de enterramiento, 565 en botaderos y quemas a cielo abierto, 32 en cuerpos de agua, 5 utilizan sistema de incineración y 44 otros sistemas como lombricultura, compostaje o planta integral de residuos.

Para la Comisión Reguladora de Agua Potable y Saneamiento Básico (CRA), la disposición final de residuos en el país es bastante variada y todavía hay municipios que no tienen rellenos sanitarios o alternativas de disposición final de basuras que cumplan la normatividad ambiental. El documento CONPES 3344 de 2005 señala que entre las principales dificultades que afronta la disposición final de residuos en Colombia se encuentra la ausencia de planificación de los municipios con relación a la vida útil del sistema, la no asignación de recursos, el desconocimiento de los impactos de la disposición inadecuada sobre la salud y la calidad de vida, además que las especificaciones técnicas, operativas y logísticas en la normatividad vigente son no consistentes con la realidad y la capacidad de los municipios.

Según la OPS (2005), se estima que en Colombia de las cerca de 21.000 toneladas de residuos que se generan diariamente en el país, el 54% son dispuestos en botaderos a cielo abierto, el 32% en rellenos sanitarios y solo el 15% en rellenos controlados. Para el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial la situación se agrava teniendo en cuenta que solo el 7% del total de los residuos generados son aprovechados por los recicladores informales y un escaso 5% se reincorpora al ciclo productivo.

A esta problemática se suma que en el país la mayoría de los rellenos sanitarios tienen graves problemas de funcionamiento por el deficiente cumplimiento de especificaciones técnicas y por el impacto que generan en la comunidad circunvecina los olores ofensivos, los gallinazos, y la proliferación de moscas y roedores.

Sin embargo, el desarrollo de la gestión integral de los residuos sólidos teniendo en cuenta este contexto ha permitido identificar la necesidad de orientar los esfuerzos hacia la solución de esta problemática ambiental generada en los centros urbanos, en los cuales se encuentra asentada más del 70% de la población colombiana. En concordancia con lo anterior la Política Ambiental Nacional contempla la implantación de la gestión de residuos sólidos en un sistema de gestión integrado que reduzca los impactos negativos sobre la salud humana y el medio ambiente, al tiempo que permita promover la valorización y aprovechamiento de los residuos.

En Colombia la Gestión Integral de Residuos Sólidos (GIRS) esta definida por el Decreto 1713 de 2002 como el conjunto de operaciones y disposiciones encaminadas a dar a los residuos producidos el destino más adecuado desde el punto de vista ambiental, de acuerdo con sus características, volumen, procedencia, costos, tratamiento, posibilidades de recuperación, aprovechamiento, comercialización y disposición final. Así, la GIRS constituye una prioridad nacional para avanzar por la senda del desarrollo sostenible, la erradicación de la pobreza y el mejoramiento de la salud, el ambiente y la calidad de vida de las presentes y futuras generaciones.

Los cimientos de la GIRS están consignados en la Política de Residuos Sólidos formulada por el Ministerio del Medio Ambiente (1997) bajo los principios del desarrollo sostenible, en cumplimiento de los Códigos de Recursos Naturales y Sanitario, expedidos en 1974 y 1979, respectivamente. Dicha Política de Residuos Sólidos establece la necesidad de optimizar los procesos productivos y promover la cultura de la no basura para disminuir la cantidad de residuos generados en la fuente, realizar el máximo aprovechamiento y valorización de los residuos producidos bajo condiciones de sostenibilidad, tratar los restantes para reducir su volumen y características ofensivas al medio ambiente y construir sitios de disposición final controlados.

Lo anterior con el objetivo fundamental de impedir o minimizar de la manera más eficiente, los riesgos que para los seres humanos y el medio ambiente ocasionan los residuos sólidos y peligrosos, contribuyendo a la protección ambiental eficaz y al crecimiento económico (MMA, 1997).

Tal como lo señala la Evaluación de los Servicios de Manejo de Residuos Sólidos Municipales en la Región de América Latina y el Caribe (OPS, 2005), Colombia ha dado pasos importantes para tener instrumentos legales específicos para fundamentar la gestión de los residuos sólidos. El marco legal Colombiano para el manejo de los residuos sólidos urbanos, incluye un conjunto heterogéneo de leyes, decretos, resoluciones y reglamentos que regulan por una parte la responsabilidad y el comportamiento de los agentes que intervienen en los servicios y de la población y, por otra, las actividades fiscalizadoras y de control de las instituciones públicas con alguna responsabilidad en esta materia<sup>5</sup>.

Desde el punto de vista institucional en el sector intervienen, en el ámbito nacional, el Departamento Nacional de Planeación, el Ministerio del Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, el Ministerio de Protección Social, el Ministerio de Desarrollo Económico, la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico y la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. En

---

<sup>5</sup> En el anexo C el lector encontrará una lista detallada del marco legal referente al manejo de residuos sólidos.

el ámbito local intervienen las Corporaciones Autónomas Regionales, los Municipios y los Comités de Desarrollo y Control Social de los Servicios Públicos Domiciliarios.

Sin embargo, de conformidad con la ley, es responsabilidad de los municipios y distritos asegurar que se preste a todos sus habitantes el servicio público de aseo de manera eficiente, sin poner en peligro la salud humana, ni utilizar procedimientos y métodos que puedan afectar al medio ambiente y, en particular, sin ocasionar riesgos para los recursos agua, aire y suelo, ni para la fauna o la flora, o provocar incomodidades por el ruido o los olores y sin atentar contra los paisajes y lugares de especial interés.

De acuerdo con la política nacional las funciones de los municipios, relacionados con la GIRS, se orientan a la elaboración de los planes, programas y proyectos ambientales municipales articulados a los planes, programas y proyectos regionales departamentales y nacionales; la expedición de normas necesarias para el control, preservación y defensa del patrimonio ecológico del municipio; el control y vigilancia de los recursos naturales y del medio ambiente, en coordinación con las Corporaciones Autónomas Regionales, y de las actividades que se realicen en jurisdicción del municipio; así como la ejecución de programas de reciclaje, tratamiento y disposición de los residuos sólidos que se generen dentro de su perímetro urbano.

Adicionalmente, con la entrada en vigencia del decreto 1713 de 2002 los Municipios y Distritos, deberán elaborar y mantener actualizado un Plan Municipal o Distrital para la Gestión Integral de Residuos Sólidos en el ámbito local y/o regional según el caso. El Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS) es un conjunto ordenado de objetivos, metas, programas, proyectos y actividades, definidos por el ente territorial para la prestación del servicio de aseo, basado en la política de Gestión Integral de Residuos Sólidos, el cual se obliga a ejecutar durante un período determinado, basándose en un diagnóstico inicial, en su proyección hacia el futuro y en un Plan Financiero Viable que permita garantizar el mejoramiento continuo de la prestación del servicio de aseo, evaluado a través de la medición de resultados.

Los PGIRS se deben diseñar para un período acorde con el de los Planes de Desarrollo Municipal y/o Distrital y su ejecución se efectuará en armonía y coherencia con lo dispuesto en los Esquemas de Ordenamiento Territorial. Así mismo los PGIRS deben estar a disposición de las entidades de vigilancia y control, tanto de la prestación del servicio como de las autoridades ambientales, quienes podrán imponer las sanciones a que haya lugar, en caso de su incumplimiento.

En este orden de ideas es posible afirmar que la disposición final segura y confiable de los residuos sólidos no reciclables ni utilizables es un componente primordial de la Gestión Integral de Residuos Sólidos, y que de hay se deriva la importancia de los rellenos sanitarios.

#### **1.4 LOS RELLENOS SANITARIOS**

El relleno sanitario es entendido hoy en día como aquella instalación destinada a la disposición final de residuos sólidos no reciclables ni aprovechables, diseñada para minimizar los impactos ambientales y reducir los riesgos sanitarios potencialmente generables por dichos residuos, donde se controlan las reacciones y procesos propios de su descomposición dentro del mismo relleno, mediante procedimientos previstos y concebidos.

Según la Guía Ambiental Rellenos Sanitarios (MMA, 2002), un relleno sanitario es un sitio donde se depositan los residuos no aprovechables que produce una ciudad, población o zona habitada, de tal manera que, mejorando el paisaje, se produzca el mínimo daño al ambiente y a la salud de la población sometida al riesgo de sus efluentes. Es el sitio donde diariamente los residuos son recibidos, dispuestos, compactados, cubiertos y donde se realiza el control ambiental (principalmente gases, olores y lixiviados), así mismo, se realiza control y monitoreo a la estabilidad con el fin de prevenir riesgos de deslizamiento.

Desde la ingeniería se define a los rellenos sanitarios como una técnica para el adecuado confinamiento de los residuos sólidos municipales; comprende el esparcimiento, acomodo y compactación de los residuos, su cobertura con tierra u otro material inerte, por lo menos diariamente, y el control de los gases, lixiviados, y la proliferación de vectores, con el fin de evitar la contaminación del ambiente y proteger la salud de la población.

Entre los residuos sólidos urbanos que pueden ser dispuestos mediante un relleno sanitario se encuentran aquellos que proviene de:

- Domiciliarios particulares.
- Comercios (excluyendo los residuos peligrosos).
- Industrias (si no tienen componentes de riesgo).
- Vía pública (poda, barrido de calles).
- Instituciones (oficinas, colegios, escuelas, clubes).
- Construcción.
- Ferias y mercados.

Cabe señalar que este método de disposición no es apto para recepcionar residuos de riesgo, como por ejemplo: tóxicos, explosivos, patológicos, radioactivos, hidrocarburos, cenizas, pinturas, líquidos, corrosivos.

Debido a sus características de manejo de residuos sólidos, un relleno sanitario debe tener en cuenta los siguientes requerimientos para su uso. Primero, debe tener espacio necesario para almacenar los residuos generados por el área en el plazo definido por el diseño. Segundo, el sitio debe ser diseñado, localizado y propuesto para ser operado de forma que la salud, las condiciones ambientales y el bienestar estén garantizados. Tercero, su localización ha de minimizar la incompatibilidad con las características de los alrededores y de minimizar el efecto en los avalúos de estos terrenos. Por último, se debe contar con un plan de operación del sitio que se diseña para minimizar el riesgo de fuego, derrames y otros accidentes operacionales en los alrededores.

En la tabla 1, se pueden observar los principales factores involucrados en la selección de sitios para rellenos sanitarios:

Tabla 1. Factores involucrados en la selección de la localización de un Relleno Sanitario.

Criterios	Detalles
Factibilidad técnica	Volumen y morfología adecuada Distancia a centro generador Fuera de zonas de exclusión
Riesgo Ambiental	Contaminación de agua subterráneas Calidad del aire Transporte de materiales
Aspectos económicos	Efectos sobre en aspectos de propiedad Costos de construcción y operación Impacto en la industria local Planes de compensación
Aspectos sociales	Equidad en la selección del sitio Efecto en la imagen de la comunidad Paisaje y estética Alteración de actuales y futuros usos del suelo
Aspectos políticos	Elecciones locales Intereses de inversión de grupos locales Responsabilidades de manejo del sitio Control local

Fuente: FONADE.

Una adecuada gestión de un relleno sanitario implica el desarrollo exitoso de las etapas de planificación, diseño, operación, clausura, adecuación y uso final. Los elementos principales que deben considerarse en el desarrollo de un relleno sanitario son:

- a. Selección del sitio de disposición.
- b. Trazado y diseño operativo del relleno.
- c. Operación y control ambiental del relleno.
- d. Control de lixiviado.
- e. Control de gases.
- f. Análisis y Control de estabilidad Monitoreo ambiental durante la operación.
- g. Clausura del relleno.
- h. Monitoreo ambiental durante clausura y post-clausura.

#### **1.4.1 Impactos ambientales de un relleno sanitario.**

Los impactos ambientales que sufre el medio ambiente a través del desarrollo de un relleno sanitario son de diferentes tipos y tal vez los más relevantes y que trascienden mayormente son aquellos que se producen en la etapa de operación y construcción del relleno. Los efectos de los variados impactos pueden verse incrementados o disminuidos por las condiciones climáticas del lugar y por el tamaño de la obra.

- a. Impactos ambientales en la etapa de habilitación.
  - Remoción capa superficial de suelos (alteración vegetación y fauna)
  - Movimientos de tierra
  - Intercepción y desviación de aguas lluvias superficiales
  - Interferencia al tránsito (efectos barreras)
  - Alteración permeabilidad propia del terreno
  - Alteración paisaje
  - Fuente de trabajo (corto plazo)
  - Actividades propias de una faena de obras civiles: ruido, polvo, tránsito, movimiento de maquinaria pesada.
- b. Impactos ambientales en la etapa de operación y construcción del relleno.
  - Impactos por incremento del movimiento
  - Contaminación atmosférica; olores, ruidos, material particulado, biogás
  - Contaminación de aguas; líquidos percolados
  - Contaminación y alteración del suelo; diseminación de papeles, plástico, y materias livianas, extracción de tierra para ser utilizada como material de cobertura
    - Impacto paisajístico; cambio en la topografía del terreno, modificación en la actividad normal del área.
    - Impacto social; efecto nimby (nadie lo quiere), incremento actividad vial.
- c. Impactos ambientales en la etapa de clausura.
  - Impacto paisajístico; recuperación vegetación, recuperación fauna
  - Impacto social; integración de áreas a la comunidad.

Llegado a este punto es necesario poner de manifiesto la forma de disposición de los residuos en Bucaramanga, la descripción del sitio donde se realiza y las características e impactos del relleno sanitario el Carrasco, evidenciando el problema por la contaminación por olores presente en las zonas aledañas al sitio de disposición final.

## 2. MANEJO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS EN BUCARAMANGA.

### 2.1 DISPOSICIÓN FINAL

Bucaramanga, su área metropolitana y algunos municipios circunvecinos disponen sus residuos sólidos desde hace varias décadas en el sitio denominado hoy el Carrasco. La elección de este sitio obedeció a los resultados de una investigación contratada entre el municipio de Bucaramanga, las Empresas Públicas de Bucaramanga (encargada del servicio de aseo para la época) y la CDMB con una firma consultora canadiense en el año de 1977. Dicha investigación determinó que la zona era apta para la disposición final de residuos por las ventajas que ofrecía en cuanto a aislamiento, facilidad de acceso, distancia a los centros de producción, posibilidad de control de contaminación de las aguas y gran capacidad de disposición de los residuos sólidos.

Desde 1977 el sitio comenzó a ser utilizado para disponer los residuos sólidos de Bucaramanga y algunos municipios circunvecinos. Desde su apertura y hasta el año de 1985 el sitio fue operado como botadero a cielo abierto bajo el nombre de Botadero Malpaso; en esta etapa inicial se arrojaron de forma incontrolada más de 500 mil toneladas de desechos, lo que produce actualmente contaminación por lixiviados y olores ofensivos.

En el año de 1985 ante problemas relacionados con el Botadero Malpaso y procurando una mejor forma de manejar la disposición de los residuos sólidos, se decidió cambiar el frente de trabajo y comenzar a rellenar una de las cañadas<sup>6</sup>. En los años posteriores el sitio continuó conformándose en función de los recursos económicos y técnicos disponibles para ese propósito, y prestando el servicio de disposición final de residuos generados en el Área Metropolitana de Bucaramanga y sus municipios vecinos.

Entre los años de 1985 y 1999 se operó sin control estricto sobre la disposición, la generación de vertimientos líquidos y emisiones gaseosas. Sin embargo en 1994, en virtud de la solicitud formulada por la CDMB se plantearon las primeras medidas de manejo ambiental y se dio un proceso de evaluación y mejoramiento ambiental del Carrasco. Para el año de 1998 la EMB remitió el “Plan de Manejo ambiental del Relleno Sanitario El Carrasco”, que fue aprobado mediante resolución 0753 del 13 de Agosto de 1998 por parte de la CDMB<sup>7</sup>.

---

<sup>6</sup> Cañada hace alusión al espacio de tierra entre dos alturas poco distantes entre sí.

<sup>7</sup> El lector puede consultar la Resolución 0753 del 13 agosto de 1998 en el anexo F.

En octubre de 1999 se dio inicio a la operación de la Etapa II de la cárcava I, con diseños de la firma ECODES. Durante los años siguientes el sitio de disposición final operó bajo el esquema de un Plan de Manejo Ambiental (PMA), aprobado por la autoridad ambiental (CDMB), que tenía como compromiso la necesidad de incorporar un manejo integral para los residuos sólidos recibidos.

Para el año 2002 surgió interés en que se desarrollara un manejo integral que involucrara al área metropolitana desde el manejo en la fuente hasta la disposición final de los residuos. A partir del año 2005, las directrices que orientan el manejo de los residuos sólidos se encuentran consignadas en el Plan de Gestión de Residuos Sólidos PGIRS.

En la actualidad ingresan al Carrasco aproximadamente 650 toneladas diarias de residuos, provenientes de Bucaramanga y de otros municipios cercanos, en vehículos compactadores, volquetas y camionetas que recolectan los desechos de viviendas, mercados, fábricas, parques y avenidas, que son recibidos y registrados en la báscula. Con esta herramienta de medición de la cantidad de residuos sólidos recibidos en el Carrasco es posible identificar que en la última década la generación de residuos sólidos se ha incrementado considerablemente.

Tabla 2. Volúmenes de Residuos Sólidos que ingresan al Carrasco.

Mes	Toneladas		Incremento
	1996	2006	
Enero	13.856	21.173	52,81%
Febrero	13.304	19.288	44,98%
Marzo	14.234	24.009	68,67%
Abril	13.620	21.834	60,31%
Mayo	14.064	23.183	64,84%
Junio	14.120	20.143	42,66%
<b>Incremento Promedio</b>			<b>55,71%</b>

Fuente: Cálculos de los autores con base en la información suministrada por la EMAB

Según los registros suministrados por la EMAB, de la tabla 2 se puede concluir que haciendo un comparativo de los seis primeros meses del año 2006 con igual periodo hace una década (1996), se aprecia que las toneladas recibidas mensualmente han amentado en promedio el 55.71%.

El incremento en la cantidad de residuos que ingresan al Carrasco se debe en primer lugar al incremento en la generación de residuos en el Área Metropolitana de Bucaramanga, y en segundo lugar a que por disposición de la autoridad ambiental CDMB, el Carrasco debe recibir los residuos sólidos de los municipios que hacen parte de la jurisdicción de la CDMB. Los municipios con mayor participación en la disposición de residuos sólidos en el Carrasco son los del AMB,

sin embargo también depositan residuos de otros municipios tal como lo muestra la tabla 3.

Tabla 3. Participación de los municipios en los residuos manejados en el Carrasco.

Municipio	Participación
Bucaramanga	63.2%
Floridablanca	17.4%
Girón	8.8%
Piedecuesta	6.6%
Barbosa	0.82%
Surata	0.1%
Cachira	0.07%
Charta	0.3%
Río Negro	0.9%
Lebrija	1.9%

Fuente: EMAB

## 2.2 DESCRIPCIÓN DEL CARRASCO

El Carrasco está ubicado en la parte sur occidental de la ciudad de Bucaramanga, en una depresión o cañada natural dentro de los depósitos aluviales de la terraza de Bucaramanga, en el sector central de la zona del Distrito de Manejo Integrado (DMI) de la CDMB en Malpaso (ver anexo D). Cuenta con un acceso sobre la margen izquierda de la carretera que conduce de Bucaramanga a Girón, aproximadamente a quince minutos en automóvil, tomando el carreteable al oriente de las instalaciones de Cenfer.

A pesar de que un estudio realizado por el FONADE (2002) señala que la ubicación del relleno sanitario el Carrasco es adecuada<sup>8</sup>, la evidencia demuestra que gran parte de las viviendas que se encuentran en terrenos aledaños al Carrasco se han visto perjudicadas por malos olores, presencia de chulos y de otros elementos y externalidades<sup>9</sup> o efectos negativos a la sociedad y al entorno.

Tal como lo manifiestan los habitantes de los barrios el Porvenir, Monterredondo y los conjuntos residenciales Punta Estrella y Balcones de Provenza en el área de influencia indirecta climática de este sitio de disposición final se perciben olores generados por la descomposición de los residuos sólidos que producen malestar y molestias respiratorias en los individuos afectados.

---

<sup>8</sup> Por la relativa proximidad a la ciudad en un aislamiento natural generado por la escarpa de Malpaso, con un microclima de reducidas precipitaciones y con una temperatura ambiente que oscila entre los 18 y 29C°

<sup>9</sup> Se llaman externalidades o efectos externos las consecuencias que tiene un proceso productivo sobre los individuos, empresas o agentes ajenos a dicho proceso.

En general el predio del Carrasco comprende una extensión de 93 hectáreas, cuenta con un área administrativa, zona de parqueo de vehículos, zonas de lavadero y dos básculas localizadas en la entrada principal del relleno. En la parte baja de la zona de disposición de residuos se cuenta con una planta de tratamiento de lixiviados conformada por dos piscinas y una planta de tratamiento físico-químico localizada en medio de las dos piscinas<sup>10</sup>.

Actualmente el relleno sanitario del Carrasco es operado por la Empresa de Aseo de Bucaramanga (EMAB S.A. E.S.P.) y ha sido diseñado para la disposición de residuos sólidos urbanos, por lo cual no cuenta con facilidades para disposición de residuos hospitalarios o peligrosos.

El Carrasco esta dividido en tres grandes zonas o cárcavas; la denominación cárcavas en torno al sitio de disposición final data de la formulación del Plan de Manejo Ambiental aprobado por CDMB según resolución 0753 del 13 de Agosto de 1998<sup>11</sup>.

- Cárcava I: esta zona tiene una extensión de 17 hectáreas y cuenta con un volumen de disponibilidad de 667 mil metros para disponer residuos en forma escalonada, es decir conformando una serie de terrazas de basuras y de material de cobertura de una altura promedio de 5 metros y separadas por bermas. Esta cárcava se encuentra ubicada en su totalidad en jurisdicción de Bucaramanga.
- Cárcava II: este sitio era el denominado botadero malpaso, en el cual se dispusieron más de 500 mil toneladas de desechos a cielo abierto entre 1977 y 1985. Se encuentra ubicada en jurisdicción de Bucaramanga y Girón.
- Cárcava III: se encuentra localizada al sur-occidente del predio, con un área aproximada de 12 hectáreas que se extienden en sentido oriente, con una altura que va desde los 770 msnm y 830 msnm con una diferencia de nivel entre el fondo de la disposición y la cota máxima de 60 m. En la actualidad no se ha realizado ningún tipo de intervención en esta zona, sin embargo se estima que tiene un potencial de uso de 2.3 millones de m<sup>3</sup> de residuos con 0.70 Ton/m<sup>3</sup> y su vida útil como relleno puede estar cercana a los 8 años a una tasa promedio de 560 ton/d. Esta cárcava se halla ubicada en su totalidad en jurisdicción de Girón.

### **2.3 CARACTERÍSTICAS DE LOS RESIDUOS QUE INGRESAN AL CARRASCO**

Los residuos sólidos comprenden un conjunto de diversos materiales con unas propiedades físicas y químicas particulares que inciden sobre sus posibilidades de

---

<sup>10</sup> Para una descripción detallada del Carrasco ver el anexo E.

<sup>11</sup> En el anexo F el lector podrá encontrar algunos artículos de la resolución 0753 del 13 de Agosto de 1998 que se relacionan con los compromisos ambientales dispuestos por la CDMB.

recuperación, reuso, tratamiento y disposición final, así como de los riesgos hacia el medio ambiente.

Las características de los residuos sólidos varían en cada municipio en función de la actividad dominante (industrial, comercial, turística, etc.), las costumbres de la población (alimentación, hábitos, patrones de consumo) y clima principalmente. Para determinar las características de los residuos sólidos de un municipio determinado es necesario realizar muestras periódicas (no más de 10 años en promedio) que consideren los componentes de los residuos.

La composición de los residuos también varía de acuerdo a su fuente de producción, sin embargo en el relleno sanitario el Carrasco solo se reciben residuos sólidos domésticos, comerciales e industriales, catalogados como no peligrosos. A continuación se presenta una caracterización de los residuos que ingresan al sitio de disposición final.

### 2.3.1 Composición Química.

Estos parámetros son significativos cuando se quiere estudiar la rapidez de descomposición del elemento orgánico constituyente de los residuos sólidos. Concretamente se podría señalar que la alta humedad que presentan los residuos que ingresan al Carrasco, influye aumentando la acción de microorganismos en la de la descomposición o putrefacción de los residuos con propiedades de biotransformación. Así mismo, estos parámetros se emplean al analizar las características de los lixiviados y producción total de gases en el Carrasco. En la tabla 4, se indica la composición química de los residuos sólidos del Área Metropolitana de Bucaramanga, tomada de un artículo realizado por la empresa de aseo de Bucaramanga.

Tabla 4. Composición Química de los Residuos Sólidos del Área Metropolitana de Bucaramanga.

Parámetro	Rango de Oscilación	
	Mínimo	Máximo
Humedad	63.30	78.70
Nitrógeno total	1.10	2.00
Cenizas	9.00	29.10
Carbono	39.40	50.60
Relación C/N	22.70	46.00
Fósforo	0.45	3.00
Potasio	1.20	2.0
pH suspensión 1:2	5.40	6.00
Capacidad Calorífica	3,011.00	3,924.00

Fuente: EMAB

La composición física de los residuos es importante por que con ella se pueden realizar análisis para determinar impactos ambientales del relleno sanitario<sup>12</sup>.

### **2.3.2 Composición Física.**

La caracterización física es un parámetro que describe los diferentes materiales que componen los residuos sólidos, y es la base para definir sus propiedades y riesgos hacia el medio ambiente.

Para determinar la composición física de los residuos la EMAB realizó una evaluación sobre las características de los residuos sólidos que ingresaban al relleno sanitario el Carrasco, ejecutaron muestreos sobre los residuos transportados por los carros recolectores de las empresas prestadoras del servicio público de aseo del área metropolitana y por los vehículos recolectores privados con lo cual obtuvieron finalmente una caracterización física consolidada de los residuos que ingresan al Carrasco.

Para facilitar esta evaluación se agruparon los residuos sólidos por categorías, de acuerdo con sus propiedades o posibilidades de tratamiento y disposición final.

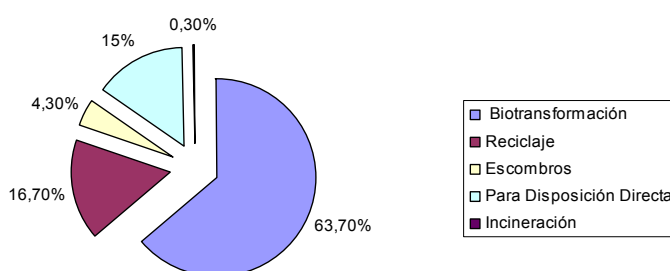
- a. *Residuos con características físicas de biotransformación:* Residuos orgánicos provenientes de actividades domésticas o industriales susceptibles de descomponerse biológicamente y que constituyen sustrato para producción de bio-abono tales como compostaje, lombricultura, etc.
- b. *Residuos con propiedades físicas para reciclaje:* Residuos que por sus características físicas se pueden reutilizar o pueden servir como materia prima en procesos productivos para la elaboración de nuevos productos.
- c. *Residuos con características físicas de escombrera:* Residuos inertes provenientes de la construcción de vías, viviendas o excavaciones generales cuyo destino o uso final corresponde a depósitos de suelo, agregados, concretos, pavimento, etc.
- d. *Residuos con características físicas para disposición directa en el relleno sanitario (no recuperables):* Residuos con mínima posibilidad de aprovechamiento por su grado de contaminación o mezcla con otros materiales que ocasionaría costos altos para su aprovechamiento. Tales residuos son llantas, papeles pequeños sucios, plásticos no reciclables, etc.
- e. *Residuos con características físicas de incineración:* Estos residuos corresponden en general a los residuos patógenos especialmente a los provenientes de hospitales y centros médicos.

---

<sup>12</sup> Para una ampliación de los componentes químicos, características e impactos, ver anexos G, H e I.

Los resultados del estudio fueron tabulados y agrupados por categorías, de acuerdo con sus propiedades o posibilidades de tratamiento y disposición final<sup>13</sup>, los cuales se describen en la grafica 1, de la cual se puede concluir que:

Grafico 1. Distribución de los residuos según sus propiedades o posibilidades de tratamiento y disposición final.



Fuente: Cálculos de los autores con base en la información suministrada por la EMAB.

- Los residuos no llegan segregados sino mezclados, lo cual dificulta su aprovechamiento.
- Cerca del 64% de los residuos que ingresan al relleno sanitario corresponden a residuos orgánicos con propiedades de biotransformación.
- Los materiales con propiedades reciclables corresponden al 16.7%, muy similar a la fracción no recuperable de los residuos que tienen una participación del 15%.
- En menor proporción se detectaron materiales del escombros (4.3%) y hospitalarios (0.3%).

De acuerdo, con la composición química y los indicadores que resultaron del estudio de la composición física de los residuos que ingresan al Carrasco es posible afirmar que la operación del relleno sanitario el Carrasco, genera contaminación por olores producto de la descomposición o putrefacción natural de los residuos con propiedades de biotransformación que en su mayoría corresponden a residuos de comida<sup>14</sup>. (Vergara, 2002)

La generación de olores en el relleno sanitario el Carrasco se convierte en un problema cuando por efectos del comportamiento de las condiciones

<sup>13</sup> Si el lector desea información detallada sobre la caracterización física de los residuos que ingresan al Carrasco puede consultar el anexo J.

<sup>14</sup> Según estimaciones de la EMAB, cerca del 50% de los residuos que ingresan al Carrasco son residuos de comida.

meteorológicas, especialmente la velocidad y dirección del viento y la temperatura, se dispersan los olores ofensivos creando un área de afectación para la cual la contaminación por olores será un buen indicador de la calidad del aire.

## **2.4 LA CONTAMINACIÓN POR OLORES GENERADA POR EL CARRASCO**

Para establecer la calidad de un aire no es suficiente con conocer la composición del mismo, sino que hay que tener en cuenta su impacto en las personas que lo respiran. Se puede definir un aire de calidad como aquel que aporta al ser humano lo que él quiere. En la práctica se pide que el aire que se respira, además de no representar ningún peligro para la salud, resulte fresco y agradable; cualidades que están directamente relacionadas con la presencia de olores.

Un olor es la sensación resultante de la recepción de un estímulo por el sistema sensorial olfativo. La manera en que es evaluada la respuesta humana a un olor depende de la propiedad sensorial particular que se está midiendo, incluyendo la concentración, intensidad, carácter y tono hedónico de los olores. El efecto combinado de estas propiedades está relacionado con el grado de molestia que puede ser causado por los olores.

Los olores constituyen un indicador de la calidad del aire y de la contaminación causada por determinadas sustancias que inciden negativamente sobre la calidad de vida de las comunidades que habitan en el área de influencia del Carrasco. La contaminación por malos olores no solo se ha convertido en un grave problema ambiental, si no que también tiene una relación inversa con el bienestar de los individuos. Aunque los efectos de la contaminación por olores fisiológicos sobre la salud son objeto de discusión, las perturbaciones psíquicas y sociales son indiscutibles.

El olor molesto que se genera de la descomposición de las basuras es difícil de ignorar, y provoca dos comportamientos en los individuos; retirarse o actuar. En otras palabras el individuo tiende a alejarse de la fuente que causa el estímulo negativo, o bien modifica su comportamiento para lidiar con el problema activamente<sup>15</sup>. Sin embargo, la opción de retirada tiene una aplicación muy limitada, especialmente cuando la exposición a los olores ocurre en la vivienda.

De acuerdo con lo anterior se podría afirmar que la calidad del aire es un atributo del entorno de la vivienda que los hogares pueden percibir, la razón de esta afirmación se basa en que en la realidad aquellas viviendas cercanas a un lugar con niveles de contaminación no aptos tendrán un valor menor en el precio de las viviendas de aquellas que se encuentren más lejanas.

---

<sup>15</sup> El comportamiento activo estaría representado por los trabajadores del relleno sanitario.

El nivel de molestia de un olor depende en gran medida de la concentración del olor emanado, la magnitud de la emisión, y el grado de dispersión y dilución que el olor hará en su viaje desde la fuente hasta el probable receptor, estos son factores claves a la hora de determinar si el olor impacta y es percibido o no en una zona establecida.

Si la exposición a malos olores se repite constantemente, puede llegar a afectar el nivel de bienestar de las personas, y si su nivel de exposición es muy elevado podrían provocar efectos fisiológicos o patológicos, por ejemplo, desórdenes del sueño, dolores de cabeza y problemas respiratorios.

Un individuo que ha manifestado molestias por olores, puede quedar sensibilizado a dicho olor durante años. Diversos indicadores de sensibilidad a molestia fueron evaluados por Cavalini (citado por Murguía, 2006) a exposiciones de olores iguales o similares, con el siguiente resultado:

Estado de salud. Los individuos con problemas de salud tienen una probabilidad mayor de experimentar molestias inducidas por olores, que aquellos que no los tengan, a niveles de exposición iguales.

Dependencia económica. Individuos con un interés económico en la actividad asociada con la fuente de los olores, tienen menos probabilidades de experimentar molestias por olores (comportamiento activo).

Edad. La relación entre edad y la probabilidad de experimentar molestias es claramente significativa.

Confort residencial. Entre más satisfecho esté un individuo con su situación residencial, más baja será la probabilidad de experimentar molestias inducidas por olores.

Lo expuesto anteriormente pone en evidencia la necesidad de encontrar soluciones al deterioro de la calidad de vida, al detrimento del medio ambiente o a los impactos socioeconómicos que puedan producirse por un relleno sanitario. Con base en los postulados de la Economía Ambiental y haciendo uso de la valoración económica de bienes, recursos y servicios ambientales, se abordara la pregunta guía de la investigación; ¿la afectación o no por la contaminación por olores en el precio de las viviendas en la zona de influencia del Carrasco?

### 3. APORTES DESDE LA ECONOMIA AMBIENTAL

En palabras de Field (1996), *“la Economía Ambiental trata el estudio de los problemas ambientales con la perspectiva e ideas analíticas de la economía”*, su propósito es estudiar la relación entre el medio ambiente como proveedor de bienes y servicios y la economía como ciencia social que se encarga de coordinar la producción y el consumo de acuerdo con la escasez de los recursos, los límites tecnológicos, los deseos y necesidades de los demandantes.

La Economía Ambiental es una rama de la economía que incorpora el medio ambiente en sus análisis habituales y considera a la variable medioambiental como un aspecto más que influye en los hechos económicos. Entre los temas fundamentales de los que se ha ocupado la Economía Ambiental se destaca el problema de las externalidades, efectos negativos o positivos de las acciones antrópicas de las personas sobre el medio ambiente y sobre sus similares. También se propone tareas como la valoración económica de los recursos naturales y la valoración económica de los impactos negativos en el entorno, base del estudio propuesto.

La valoración económica es una herramienta teórica de la Economía Ambiental que recurre a métodos no convencionales para estimar las curvas de demanda de bienes no mercadeables, *“...ya sea a partir de la simulación de mercados o por medio del establecimiento de relaciones entre los bienes sin mercado con bienes que si pueden ser mercadeables para tratar de encontrar el valor económico de los primeros.”*<sup>16</sup>.

En este orden de ideas el presente trabajo orientado por la Economía Ambiental y argumentado por la teoría de la valoración económica de bienes, servicios ambientales y recursos naturales, empleará el establecimiento de relaciones entre los bienes sin mercado con bienes que si pueden ser mercadeables, esto con el fin de estimar el valor económico de la calidad del ambiental (no mercadeable) de Bucaramanga a partir del precio de la vivienda (mercadeable) de la zona urbana de la ciudad.

---

<sup>16</sup> Mendieta (1999), considera que los bienes no mercadeables son aquellos que se caracterizan por la falta de un mercado convencional donde pueda determinarse libremente su precio a través de la interacción entre oferta y demanda del bien.

### 3.1 VALORACIÓN ECONÓMICA DE BIENES, SERVICIOS AMBIENTALES Y RECURSOS NATURALES

La valoración económica de bienes, servicios ambientales y recursos naturales, es una de las principales contribuciones de la Economía Ambiental al acervo de conocimiento económico, ya que con su estudio trata de expandir el análisis económico tradicional incluyendo en el sistema de mercado muchos de los *bienes y servicios no mercadeables* que nos brinda el medio ambiente.

Por otra parte, en los últimos años ha aumentado la preocupación por el medio ambiente y a su vez se han incrementado las acciones y regulaciones legales para frenar la pérdida de recursos naturales, y disminuir la cantidad de residuos de la actividad económica que impactan negativamente el medio ambiente<sup>17</sup>. Sin embargo, estas acciones no han probado ser efectivas ya que las medidas correctoras y preventivas suelen ser imperfectas, debido principalmente a que muchos de los bienes y servicios que ofrece el medio ambiente carecen de precio, al no existir un mercado donde puedan ser intercambiados.

No obstante, ello no quiere decir que los bienes y servicios ambientales carezcan de valor. De acuerdo con esto se hace necesario contar con un indicador que permita demostrar la importancia del medio ambiente para el bienestar de la sociedad; además que logre ser comparado con otros componentes usando un denominador común. *“Valorar económicamente el medio ambiente significa poder contar con un indicador de su importancia en el bienestar de la sociedad, que permita compararlo con otros componentes del mismo”* (Azqueta, 1994).

En respuesta a esta necesidad, la Economía Ambiental a través de la valoración económica del medio ambiente logra, con la aplicación de una serie de metodologías, cuantificar física y monetariamente el medio ambiente, y en últimas, generar indicadores económicos de los bienes, servicios y recursos naturales.

La valoración económica es una herramienta que *“permite medir bajo una unidad común, las ganancias económicas que tiene para la sociedad conservar, proteger, restaurar, o recuperar el medio ambiente y los recursos naturales; o por el contrario, los costos de la contaminación, la sobreexplotación y el deterioro de los mismos”* (Castiblanco, 2005).

Tal como señalan Machín y Casas (2006), la valoración económica del medio ambiente se define como un conjunto de técnicas y métodos que permiten medir las expectativas de beneficios o costos derivados de algunas de acciones tales

---

<sup>17</sup> Las acciones y regulaciones legales involucran, entre otras: los impuestos, las compensaciones, las tarifas, tasas y licencias.

como: uso de un activo ambiental, realización de una mejora ambiental, generación de un daño ambiental, entre otros.

En cuanto al objetivo de la valoración económica, consiste en *“asignar valores monetarios a los bienes, servicios o atributos que proporcionan los recursos naturales y ambientales independientemente que estos tengan o no tengan mercado...”* (Castiblanco, 2003). Así mismo se afirma que la importancia de la valoración económica radica en la posibilidad que brindan las metodologías de valoración de estimar los cambios en el bienestar de un individuo a partir de los cambios en el medio ambiente, es decir, *“que se trata de valorar lo que supone para el bienestar de una persona contar con un medio ambiente más atractivo y limpio.”* (Azqueta, 1996)

Por su parte, Mendieta (1999) define que el interés por valorar los recursos naturales y ambientales recae sobre tres argumentos. En primer lugar, el problema de las fallas de mercado que causa fundamentalmente una asignación deficiente de estos recursos; en segundo lugar, la forma de proveer los bienes públicos a la sociedad de una manera eficiente; y, por último la presencia de los daños causados por la contaminación, que traen consigo pérdidas significativas en el bienestar social ya sea por deterioro o por carencia de los recursos naturales.

Es precisamente este último argumento el que alienta la elaboración del presente trabajo. La presencia de los daños causados por la contaminación ambiental que genera el sitio de disposición final el Carrasco, que traen consigo pérdidas significativas en el bienestar social por el deterioro de la calidad del aire, agua, suelo y recursos naturales en general; la alteración de la flora y la fauna; y los efectos nocivos sobre la salud y la propiedad raíz.

Con base en los planteamientos teóricos de la valoración económica y la evidencia expuesta en el capítulo anterior sobre la evaluación ambiental del Carrasco, se pretende relacionar la contaminación ambiental asociada al deterioro de la calidad del aire con el valor de los inmuebles de destino habitacional (vivienda) de Bucaramanga. Dicha relación se establece con el fin de determinar si las viviendas que se encuentran influenciadas por los olores generados en el sitio de disposición final presentan alguna alteración de su precio debido a la afectación ambiental a la que están expuestas.

Se espera que la contaminación ambiental asociada al deterioro de la calidad del aire que genera el Carrasco se manifieste en la reducción de los valores de la propiedad de las viviendas ubicadas en el área de influencia indirecta climática. Pero, ¿cómo podemos valorar económicamente la calidad del aire de la ciudad de Bucaramanga? Para responder esta pregunta desde la Economía Ambiental, hay dos enfoques y varias metodologías en cada enfoque.

### **3.1.1 Enfoques de la Valoración Económica.**

Es posible agrupar los métodos de valoración económica en dos enfoques. El primero hace alusión a los métodos directos de valoración, los cuales utilizan información primaria que se obtiene a través de encuestas que cuestionan sobre las preferencias de los individuos para luego plantear escenarios hipotéticos de valoración de los bienes y/o servicios ambientales. La técnica mediante la cual se crean estos mercados hipotéticos se conoce como *método de valoración contingente*.

Tal como señala Mendieta (1999), el uso del *método de valoración contingente* es relevante cuando no se cuenta con ningún tipo de información secundaria que permita estimar la curva de demanda del bien que se quiere valorar.

El segundo enfoque hace referencia a los métodos indirectos los cuales intentan estimar el valor económico de un bien no mercadeable a través de observaciones sobre el comportamiento de los individuos en mercados convencionales que estén relacionados con dichos bienes ambientales. Entre ellos se encuentra *El método de la función de daño, el método de la función de producción, el método de costo de viaje y el método de los precios hedónicos*. Estos métodos propuestos por este enfoque se usan cuando diversos aspectos o atributos de los recursos naturales o servicios ambientales no tienen precios reflejados en un mercado establecido.

Las metodologías de estos dos enfoques de valoración económica han tenido un amplio desarrollo en la medición de aquellas acciones que antes se clasificaban en intangibles y que en la actualidad pueden medirse en términos monetarios; sin embargo, la diferencia entre bienes, servicios e impactos ambientales puede implicar el uso de diferentes metodologías para la valoración económica de cada uno.

La diferencia entre los bienes, los servicios e impactos ambientales viene dada porque los primeros son recursos tangibles que se utilizan como insumos en la producción o en el consumo final, y se caracterizan por que se gastan y transforman durante el proceso (petróleo, madera); los segundos, a diferencia de los primeros, no se gastan ni se transforman, pero sí generan indirectamente utilidad al consumidor (el paisaje); y los últimos también conocidos como externalidades, son el resultado o el efecto de la actividad económica de una persona sobre el bienestar de otra (la contaminación producida por la operación de un relleno sanitario y los efectos sobre el bienestar de los habitantes cercanos al mismo).

Por la evidente relación con el presente trabajo conviene definir a los impactos ambientales o externalidades ya que serán de gran ayuda para entender la

problemática del área de estudio. Para Azqueta (1996), se está en presencia de una externalidad, “*cuando la actividad de una persona (o empresa) repercute sobre el bienestar de otra (o sobre su función de producción), sin que se pueda cobrar un precio por ello, en uno u otro sentido.*” Teniendo en cuenta la problemática de este trabajo es posible afirmar que las actividades realizadas en el sitio de disposición final el Carrasco repercuten negativamente sobre el bienestar de las personas que habitan en los sectores aledaños, sin que estos reciban alguna compensación por ello.

Una vez descritos los dos enfoques de la valoración económica y definido el problema en el área de estudio como una externalidad negativa, surge la posibilidad de valorar la calidad ambiental de Bucaramanga a través de diversas metodologías.

Sin embargo este trabajo se limitará a la aplicación del *método de los precios hedónicos* que hace parte del enfoque indirecto de la valoración económica. Esta decisión responde a dos aspectos que a su vez argumenta la aplicación de este método. En primer lugar, con el uso de las metodologías indirectas se evita el riesgo de tener sesgo de conducta, manifestado en la información suministrada por las comunidades afectadas. En segundo lugar varios autores recomiendan la utilización del método hedónico como primera opción a la hora de realizar valoración económica ambiental, debido a que este método utiliza información real de otros mercados, que efectivamente reflejan las preferencias de los individuos.

Entre los defensores del uso de esta metodología indirecta se encuentra Dixon (citado en Guía Metodológica de valoración económica de bienes, servicios e impactos ambientales, 2002), cuando hace referencia a las tipologías alternativas para los métodos de valoración de los impactos ambientales, en las cuales sugiere y argumenta, lo apropiado que resulta valorar la calidad como una característica particular de un bien mercadeable que tiene un mercado definido en el cual es posible determinar el comportamiento real de los individuos.

### **3.2 EL MÉTODO DE LOS PRECIOS HEDÓNICOS**

El método hedónico hace parte del enfoque indirecto de valoración económica. La hipótesis central de esta metodología subyace en que los bienes son heterogéneos y poseen un conjunto de características que determinan su precio, en otras palabras que el precio del bien es un agregado de los precios individuales de sus características. De aquí que todos aquellos bienes compuestos, cuya utilidad para el consumidor depende de la utilidad que brindan cada una de las

características o atributos que los componen, son susceptibles de ser analizados mediante el método de precios hedónicos.

Teniendo en cuenta que el término hedónico nace del análisis de los precios y de la demanda por los distintos atributos de un bien, se argumenta que la idea central del método hedónico es que estos atributos no se transan explícitamente en los mercados sino que componen un paquete de características que se transfieren junto con los derechos de propiedad del bien o servicio (Meloni y Ruiz, 1998).

Los supuestos del método hedónico están ligados con algunos de los preceptos de la teoría neoclásica y con otros de la teoría del bienestar, tal como se muestra a continuación<sup>18</sup>:

- El consumidor maximiza su utilidad sujeto a la restricción del ingreso.
- Existe un mercado competitivo, donde los oferentes y demandantes del bien se ponen de acuerdo en una transacción.
- El precio de mercado reflejará un vector de atributos y éste será una relación razonable, que dependerá del número de compradores y vendedores y de sus características.
- Existe complementariedad débil entre el bien privado y sus características o atributos.

Tanto Mendieta (1999) como Castiblanco (2003) coinciden en señalar que los objetivos del método hedónico son<sup>19</sup>:

- Descubrir todos los atributos de un bien que explican su precio, a la vez que se desea discriminar la importancia cuantitativa de cada uno de ellos.
- Determinar los precios implícitos de cada característica o atributo, con lo cual se obtiene la disposición marginal a pagar (DMAP) por una unidad adicional de atributo.

Sin embargo, Mendieta (1999) va un poco más allá y plantea un tercer objetivo que consiste en *“la estimación de los impactos, por ejemplo de una externalidad, sobre el precio de una propiedad”*. Cuando la metodología se emplea con este objetivo, como en el caso de este trabajo, el método de los precios hedónicos se aplica al precio de la vivienda para tratar de cuantificar cómo la presencia de impactos ambientales influye en el precio de las viviendas, por lo que será posible asignar un valor económico a estos atributos ambientales.

---

<sup>18</sup> Estos supuestos fueron definidos desde la primera aplicación del modelo hedónico al mercado de vivienda elaborada por Rosen (1974)

<sup>19</sup> Los objetivos que plantea el método de precios hedónicos se contemplan implícitamente en los objetivos de este trabajo.

### **3.2.1 Antecedentes de estudio.**

En el campo de la valoración económica de bienes, servicios ambientales y recursos naturales la producción de trabajos que emplean la metodología de los precios hedónicos ha sido fértil. Se han realizado diversos estudios que aplican el método hedónico a la valoración de bienes compuestos, cuya utilidad para el consumidor depende de la utilidad que brindan cada una de las características o atributos que los componen. Sin embargo, la investigación económica se ha orientado en la aplicación del método hedónico al mercado laboral, predios rurales y vivienda urbana.

En la aplicación al mercado laboral se destaca el trabajo de Albert y Malo (citado en Azqueta, 1994), con su investigación acerca de compensaciones salariales por riesgo de muerte en el puesto de trabajo y la valoración de la vida humana en el mercado laboral español. Así mismo, en Colombia Ariza (2006) desarrollo un análisis de valoración económica del riesgo en la salud de los mineros durante la explotación de carbón para determinar el riesgo laboral de los mineros por la exposición a diferentes niveles de riesgo en su ambiente de trabajo.

En cuanto a la aplicación del método hedónico para el análisis de las características y atributos de la vivienda urbana, ha sido una herramienta muy utilizada por los economistas cuando intentan determinar la disponibilidad a pagar por la calidad ambiental o, valorar la incidencia de determinado bien o servicio ambiental.

Por ejemplo Nelson, Genereux J. y Genereux M (citado en Estrada, 2003), aplican un modelo empírico hedónico para estimar el efecto en los precios de 708 casas vecinas a un relleno sanitario en Minnesota en el año de 1980. Los resultados empíricos indicaron que el relleno afectaba adversamente en un 12% el precio de las casas que se encontraban en el limite del relleno y en un 6% a las que estaban aproximadamente a una milla (1.61 Km.) de distancia. Más allá de las 2 – 2.5 millas el efecto era despreciable. Este tipo de resultados son un argumento importante cuando se toman decisiones en cuanto a la ubicación de nuevos rellenos sanitarios cerca de las áreas residenciales.

Para el caso colombiano sobresalen los trabajos de Valoración Económica de la calidad ambiental publicados por Carriazo (1999) y Escobar (2004). El estudio de Carriazo (1999), denominado *Impactos de la contaminación del aire en el precio de la vivienda: una valoración económica para Santa fe de Bogota*, intenta valorar la calidad del aire a través del mercado de vivienda urbano en Bogotá utilizando una estructura metodológica para las estimaciones basada en un modelo de precios hedónicos. Este estudio supone que la contaminación del aire es una externalidad negativa que conduce a la reducción de los valores de la propiedad en Bogotá, y tal como se esperaba la variable que representaba la contaminación

resultado muy significativa en el modelo que explica los valores de propiedad. El estudio señala que el aumento en 1% en los niveles de contaminación por partículas suspendidas en el aire produce que las personas reduzcan su disponibilidad a pagar en \$ 47.731 pesos, en el valor de las viviendas por ese aumento en la contaminación.

Por su parte, el trabajo de Escobar (2004), sobre *Valoración de la calidad ambiental urbana para la ciudad de Santiago de Cali*, analiza la relación entre el precio de la vivienda y variables ambientales usando la técnica de precios hedónicos como aproximación metodológica. Para explicar los determinantes del precio de la vivienda usa las variables convencionales de características estructurales de la vivienda, variables que definen el acceso a infraestructura física y comercial y las variables ambientales representadas por el acceso a Áreas Verdes y un *Índice de Calidad Ambiental* construido por comuna; que intenta capturar la influencia de las variables que la componen en su conjunto, en el precio de la vivienda.

Hasta el momento, en Bucaramanga no se conocen estudios de valoración económica que cuantifiquen la contaminación ambiental generada por la disposición final de residuos en el Carrasco, quizás debido al difícil acceso a la información sobre indicadores ambientales y al desconocimiento de las metodologías utilizadas para la valoración económica de la calidad ambiental. A pesar de las deficiencias en información por la falta de estudios de este tipo, los estudios previamente mencionados sirvieron de base para el planteamiento de este trabajo, pero lo determinante para el planteamiento de un modelo hedónico fue contar con la base de datos del Instituto Geográfico Agustín Codazzi donde aparece la información del precio y las características de la vivienda (Ver más adelante en Metodología).

### **3.2.2 Modelo de los Precios Hedónicos.**

El modelo teórico de la función de precios hedónicos fue desarrollado por el economista Sherwin Rosen (1974). Este modelo identifica la relación de los precios de bienes complejos, como las viviendas, con la evaluación individual de los atributos, resultante del equilibrio entre oferta y demanda por cada uno de estos atributos. Brown y H. Rosen y después Palmquist (citados por Jansson, 2000), que siguen esta teoría, afirman que los bienes pueden ser descritos como conjuntos de atributos o características que no son explícitamente tratadas en los mercados; sin embargo, los precios implícitos de esos atributos pueden ser revelados por regresiones hedónicas.

Cuando se requiere valorar la calidad ambiental de un espacio geográfico definido, tal como lo propone este estudio, es apropiado aplicar el método de los precios

hedónicos al mercado convencional de vivienda. La premisa básica es que el valor nominal de la vivienda refleja una corriente de beneficios de la cual es posible aislar el valor de la característica ambiental del valor global del inmueble.

Según la literatura sobre la medición del bienestar, la vivienda puede ser descrita por un conjunto de características estructurales que se identifican por ser comúnmente utilizadas para describir la vivienda tales como:

- Tamaño.
- Tipo de vivienda.
- Numero de habitaciones.
- Presencia de garaje.
- Materiales.
- Años de construcción.

Adicionalmente, la vivienda puede ser descrita por un conjunto de atributos del entorno, los cuales pueden agruparse en dos tipos<sup>20</sup>:

- a. Socioeconómicos
  - Estrato.
  - Inseguridad.
  - Escuelas.
  - Centros comerciales.
  - Servicios médicos.
  
- b. Ambientales y urbanísticos
  - Contaminación atmosférica.
  - Calidad ambiental.
  - Ruido.
  - Contaminación visual.
  - Entorno urbanístico.

Por lo tanto, cada vivienda tendrá un valor de mercado que dependerá del conjunto de características y atributos anteriormente descritos. El rasgo más importante es que esas propiedades de la vivienda no se transan explícitamente en varios mercados sino conjuntamente en un mercado bien integrado; el mercado de bienes raíces.

---

<sup>20</sup> La teoría económica sugiere que los atributos del entorno contribuyen al valor de una vivienda cuando actúan como externalidades positivas y disminuyen el valor de los bienes convencionales cuando se trata de externalidades negativas.

Particularmente, para el caso de Bucaramanga se asume que la vivienda es un bien heterogéneo y compuesto cuya variedad particular puede ser representada por un vector de las características estructurales ( $E$ ) y un vector de los atributos del entorno ( $A$ ), tal como lo muestran las expresiones (1) y (2).

$$E = (E_1, E_2 \dots E_n) \quad (1)$$

$$A = (A_1, A_2 \dots A_n) \quad (2)$$

Se supone que los hogares de la ciudad al elegir un lugar de residencia, en realidad lo que escogen es un conjunto de características estructurales (1), y un conjunto de atributos del entorno (2).

Por lo tanto el precio de una vivienda en Bucaramanga ( $P$ ) es una función de las características estructurales y de los atributos del entorno, que es la función hedónica:

$$P = p(E, A) \quad (3)$$

Donde  $p(E, A)$  representa el gasto en vivienda de los hogares que dependerá de dos factores. En primer lugar de un conjunto de características socioeconómicas del hogar ( $z$ ), como son edad, educación, ingreso, cultura, entre otras; y en segundo lugar, de la cantidad de otros bienes de la economía que el hogar consume ( $X$ ) entre los que se destacan alimento, transporte, educación, salud, recreación etc.). Conforme a lo anterior, los hogares de Bucaramanga tienen una función de utilidad o bienestar que se expresa así,

$$U = u(E, A, X; z) \quad (4)$$

Y un ingreso total de la familia representado por:

$$m = p(E, A) + X \quad (5)$$

Las ecuaciones (4) y (5) señalan que los hogares deben decidir sobre destinar su ingreso a comprar vivienda o consumir otros bienes de la economía, teniendo en cuenta la restricción que les impone el ingreso familiar. Este dilema se denomina problema de maximización de la utilidad de los hogares, que se puede resumir en la siguiente expresión:

$$\underset{z, X}{\text{Maximizar}} \quad u(E, A, X; z) \quad (6)$$

Sujeto a:

$$m = p(E, A) + X \quad (7)$$

El comportamiento de los hogares frente a este dilema se puede expresar mediante la función (8), conocida en la literatura económica como función de postura:

$$DAP = f(E, A, m, z; u) \quad (8)$$

La Disponibilidad a Pagar (*DAP*) es el máximo valor monetario que un hogar esta dispuesto a pagar por un cambio en las características o atributos de la vivienda. La (*DAP*) depende del conjunto de características (*E*) del conjunto de atributos (*A*), del nivel de utilidad (*u*) que se quiere alcanzar, de las restricciones de ingreso (*m*), y de las características socioeconómicas del hogar (*z*).

De acuerdo con la expresión (8), cuando el ingreso (*m*) cambia, también cambiaría la (*DAP*). Derivando la expresión [8], con respecto a un atributo (*A*), es decir, permitiendo que la (*DAP*) varíe al cambiar la cantidad de ese atributo se tiene que:

$$\frac{\partial(DAP)}{\partial E} = \frac{\partial f(E, A, m, z; u)}{\partial e_i} \quad (9)$$

La expresión (9) equivale al aumento en la disponibilidad a pagar de un hogar, frente al cambio unitario de la característica (*E*).

Este modelo de precios hedónicos descrito es la base para el desarrollo del modelo empírico para valorar la calidad ambiental de la ciudad de Bucaramanga. Se supone que el precio de la vivienda en la zona urbana en esta ciudad depende de un conjunto de atributos del entorno (*A*) y un conjunto de características estructurales (*E*) tal como lo muestran las siguientes expresiones:

$$(E) = (area, lote, puntaje, tipo) \quad (10)$$

$$A = (estrato, contamc) \quad (11)$$

De la expresión (10), las características estructurales *área* y *lote* servirán para conocer el tamaño del predio. El *puntaje* se emplea para resumir las características físicas de la vivienda como el material de la estructura, habitaciones, acabados y particularidades de baños y cocina. Por último, la característica *tipo* hace alusión a si la vivienda es una casa o un apartamento.

En cuanto a la expresión (11), el atributo *estrato* describe el nivel socioeconómico del sector en el que se encuentra localizada la vivienda y el atributo la *contamc* que esta relacionado con la contaminación por olores.

De las expresiones (10) y (11) se puede deducir que la función hedónica de la vivienda en Bucaramanga esta dada por:

$$\text{Precio} = \beta_0 + \beta_1 \text{area} + \beta_2 \text{lote} + \beta_3 \text{puntaje} + \beta_4 \text{tipo} + \beta_5 \text{estrato} + \beta_6 \text{contamc} + \varepsilon \quad (12)$$

De acuerdo con la expresión (12), la técnica a emplear será un análisis de regresión de corte transversal en el que la variable dependiente es un vector de los precios de vivienda y las variables independientes una matriz de características y atributos de la misma. Los coeficientes de las variables indican la magnitud del efecto marginal de cada variable sobre el precio de la vivienda, con lo cual es posible aislar el valor del atributo ambiental del valor global de la vivienda.

Sin embargo, su forma funcional no es la descrita por la expresión (12) debido a que los modelos hedónicos tienen problemas de especificación, por lo cual se deben realizar pruebas para encontrar la forma funcional más adecuada, tal como se realiza en el capítulo siguiente.

### 3.2.3 Supuestos y limitaciones del modelo.

Una de las dificultades más frecuentes del modelo de los precios hedónicos se presenta en la determinación de la función hedónica y es denominado como *problema de especificación*; dicho problema consiste en el desconocimiento exacto de la forma funcional que sigue el modelo planteado. Tal como lo señala Carriazo (1999), los economistas han enfrentado algunas dificultades para la estimación de la función de los precios hedónicos. El obstáculo más común ha sido, entre otros, la elección de la forma funcional y las variables para evitar problemas de multicolinealidad, heteroscedasticidad potencial o la violación de la normalidad del término aleatorio.

Así mismo, entre los problemas relacionados con la aplicación de los modelos hedónicos se encuentran las imperfecciones de mercado, información imperfecta (faltante) y los problemas en la medición del error. Para las aplicaciones empíricas se supone que el mercado está en equilibrio y la oferta por viviendas es fija. Estos supuestos son validos para el corto plazo pero no para el largo plazo. Por lo general, el mercado de la vivienda en el largo plazo no esta en equilibrio.

La estimación de los modelos hedónicos depende mucho de la percepción que los consumidores de viviendas tengan acerca del atributo ambiental, si las personas no son conscientes de la relación entre el atributo y sus propios beneficios, el valor no se reflejará en el precio de la vivienda; por ello los estudios hedónicos asumen implícitamente que las familias pueden percibir las diferencias en calidad ambiental.

Tal como lo señalan distintos autores que hacen uso de la metodología de los precios hedónicos, se deben tener en cuenta ciertos supuestos limitantes del comportamiento del mercado, tales como completa información y movilidad, los cuales empíricamente son muy difíciles de asociar al mercado de vivienda, por la existencia de altos costos de transacción. En lo referente a la completa movilidad, para los consumidores el cambiar de vivienda es una transacción que tiene no solo con sus preferencias o su ingreso, sino que pueden incidir factores como las actividades laborales o de estudio, cuestiones de cultura o religión, o impuestos que darán paso a rigidez en la elección. Sin embargo, se recalca el hecho, de que con más información disponible, y una mejor definición las variables utilizadas y otras posibles a utilizar, podrían ayudar a mejorar la predictiva capacidad del modelo estimado.

Finalmente, el modelo hedónico perfecto no existe, puesto que todos constituyen simplificaciones de la realidad, no obstante son preferibles modelos con menos variables, puesto que además de ser más sencillos, son más estables y menos sometidos a sesgo.

## 4. MODELO EMPÍRICO

### 4.1 METODOLOGÍA

Teniendo en cuenta los antecedentes de estudio sobre el precio de las viviendas realizados con base en el método hedónico y el interés de la investigación se desarrollara el modelo empírico partiendo de la siguiente hipótesis; la contaminación por olores que genera el Carrasco es una externalidad negativa que incide en la disminución de los precios de la vivienda urbana en Bucaramanga, principalmente sobre las localizadas en la zona de influencia del Carrasco.

Bucaramanga cuenta con un total 129.223 predios de los cuales el 97.9% son urbanos. De los 126.511 predios urbanos que tiene la ciudad el 91.2% están edificados, es decir que en la zona urbana de la ciudad de Bucaramanga hay 118.001 predios construidos. Según el destino de los predios se pueden clasificar de acuerdo con la tabla 5.

Tabla 5. Distribución de los predios urbanos edificados según destino económico.

Destino	Numero de Predios Edificados	%
Habitacional	98.717	83.66%
Comercial	15.256	12.93%
Industrial	429	0.36%
Institucional	531	0.45%
Mixtos	3.068	2.60%
<b>Total Predios</b>	<b>118.001</b>	<b>100%</b>

Fuente: Secretaría de Hacienda de Bucaramanga.

Teniendo en cuenta que el interés del presente trabajo es relacionar económicamente la contaminación por olores generada por el Carrasco con el valor de las viviendas, se tomará como población objetivo del estudio los predios edificados con destino habitacional de la ciudad de Bucaramanga, es decir, que la muestra necesaria para adelantar el estudio se tomará sobre los 98.717 predios urbanos edificados que tienen destino habitacional.

En cuanto al precio de la vivienda en Bucaramanga se supondrá que esta determinado por el tamaño del lote sobre el que se edifica la vivienda, el área construida, las características internas, si la vivienda es casa o apartamento, el nivel socioeconómico y la contaminación del aire, como atributo ambiental.

La contaminación del aire generada por el sitio de disposición final estará argumentada por las quejas de los habitantes de los barrios afectados y por un estudio olfatométrico elaborado por el Centro de Estudios e Investigaciones ambientales CEIAM.

#### **4.1.1 Datos.**

Las observaciones en las cuales se basará el modelo, corresponden a una muestra que contiene información del precio y atributos de las predios de uso habitacional de la ciudad de Bucaramanga. Las fuentes consultadas para obtener los datos fueron Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), la Oficina Asesora de Planeación del municipio de Bucaramanga y el Centro de Estudios e Investigaciones Ambientales de la Universidad Industrial de Santander.

En la oficina regional Santander del Instituto Geográfico Agustín Codazzi se consultaron los registros catastrales Tipo 1 y Tipo 2. Los registros catastrales Tipo 1 contienen información acerca de la localización, el avalúo, el área del terreno y el área construida de cada predio. En cuanto al registro catastral Tipo 2 suministra información acerca de las características internas de la vivienda (baños, habitaciones, pisos, etc.) que se resumen en un indicador denominado Puntaje.

Adicionalmente, en el Instituto Geográfico Agustín Codazzi se consultaron los Sistemas de Información Geográfica (SIG) con los que cuenta la entidad, los cuales fueron de gran ayuda para la localización del área de estudio y posterior toma de la muestra.

De la Oficina Asesora de Planeación del municipio de Bucaramanga, que es la dependencia encargada de la estratificación socioeconómica de los predios localizados en la ciudad, se consultaron las bases de datos que sirvieron para determinar el estrato de los predios tomados en la muestra.

Finalmente, el Centro de Estudios e Investigaciones Ambientales brindó asesoría para la interpretación del estudio sobre los olores generados en el relleno sanitario el Carrasco, que servirá de justificación para determinar que predios presentan contaminación por los olores generados en el Carrasco.

#### **4.1.2 Muestra.**

El muestreo realizado es de tipo aleatorio estratificado. La muestra se realizó tomando como población los 98.717 predios de uso habitacional y la cantidad de predios habitacionales por estrato socioeconómico de acuerdo con la tabla 6.

Tabla 6. Total predios habitacionales en Bucaramanga vs. La muestra.

Estrato	Bucaramanga		Muestra	
	Predios	%	Predios	%
1	5.975	6,05%	23	6,01%
2	15.721	15,93%	61	15,93%
3	28.236	28,60%	110	28,72%
4	35.376	35,84%	137	35,77%
5	7.670	7,77%	30	7,83%
6	5.739	5,81%	22	5,74%
<b>TOTAL</b>	<b>98.717</b>	<b>100,00%</b>	<b>383</b>	<b>100,00%</b>

Fuente: Cálculos de los autores con base en el estudio de Carriazo, 2000.

#### 4.1.3 Definición de las variables.

La definición de cada una de las características involucradas en el modelo propuesto es:

**Precio** = Variable explicada continua que expresa el precio de la vivienda en millones de pesos.

**Puntaje** = Variable explicativa que va de 0 a 100 y se usa como indicador de la calidad de la vivienda. Resume las características físicas y estructurales de la vivienda como el material de la estructura, acabados y particularidades de baños y cocina. Es calculado por el IGAC. Se espera un signo positivo, ya que al aumentar la calidad de la vivienda aumenta el precio de la misma.

**Lote** = Variable explicativa continua que expresa el tamaño del área del lote sobre el cual se construye la vivienda medida en metros<sup>2</sup>. En la medida en que aumenta el tamaño del lote aumenta el precio de la vivienda, por lo tanto se espera un signo positivo.

**Área** = Variable explicativa continua que expresa área construida que tiene la vivienda medida metros<sup>2</sup>. Existe una relación directa entre el área construida y el precio de la vivienda, es decir que se espera un signo positivo.

**Tipo** = Variable explicativa dummy que toma el valor de 1 si el predio habitacional es un apartamento y toma el valor de 0 cuando es una casa.

**Estrato** = Estrato socio-económico. Variable explicativa que toma los valores discretos (1, 2, 3, 4, 5, 6), dónde 1 representa el estrato más bajo y 6 el más alto. Las viviendas de mayor estrato tienen precios más elevados, con lo cual el signo esperado es positivo.

**Contamc** = Variable explicativa dummy que toma el valor de 1 si la vivienda se encuentra ubicada en el área de influencia del relleno sanitario el Carrasco y toma el valor 0 si se encuentra ubicada fuera de este espacio. Se espera una relación

inversa entre contaminación y el precio de las viviendas, por ello se espera un signo negativo en el coeficiente de la variable.

**Resid** = Término de error con  $N \sim (0, \sigma^2)$ .

#### 4.1.4 Forma funcional.

Para predios urbanos la teoría no indica la forma funcional de las ecuaciones hedónicas, razón por la cual se determina empíricamente. Una forma general y flexible a la vez, que ha sido muy utilizada es la transformación Box Cox cuadrática:

$$[13] \quad P^{(\theta)} = \alpha_0 + \sum_{i=1}^m \alpha_i z_i^{(\lambda)} + \frac{1}{2} \sum_i^m \sum_j^m \gamma_{ij} z_j^{(\lambda)} z_i^{(\lambda)}$$

Donde la variable explicada P es el precio, y las variables explicativas dadas por Z, es el vector de atributos, y  $\theta, \lambda, \alpha, \gamma$  son parámetros, y la transformación de P y Z esta dada por:

$$[14] \quad P^{(\theta)} = \frac{(P^\theta - 1)}{\theta} \text{ Si } \theta \neq 0, \text{ y } P^{(\theta)} = \ln P \text{ si } \theta = 0$$

$$[15] \quad Z^{(\lambda)} = \frac{(Z^\lambda - 1)}{\lambda} \text{ Si } \lambda \neq 0, \text{ y } Z^{(\lambda)} = \ln Z \text{ si } \lambda = 0$$

Las formas funcionales como la lineal, Doble-log, log-lineal y la lineal-log, son casos especiales de la forma general como lo presenta la tabla 7. Mediante la actividad empírica se busca mejorar la capacidad de predicción y las bases teóricas de los modelos aplicados (Mendieta, 1999).

Tabla 7. Formas funcionales.

Forma Funcional	Parámetros*	Estimador
Lineal	$\theta = \lambda = 1$	Mínimos Cuadrados Ordinarios
Doble-log	$\lambda = \lambda = 1$	Mínimos Cuadrados Ordinarios
Semi log (log-Lineal)	$\theta = 0, \lambda = 1$	Mínimos Cuadrados Ordinarios
Semi log inversa (Lineal-log)	$\theta = 1, \lambda = 0$	Mínimos Cuadrados Ordinarios
Box Cox no restringida*	$\theta = \lambda \neq 1$	Máxima Verosimilitud

\* Los valores de Theta y Alfa son iguales tanto para las variables dependientes como independientes. Theta y Alfa son encontrados por búsqueda de rejilla en el intervalo (-1,1).  
Fuente: Adaptado de Mendieta, 1999.

Para hallar el modelo que más se ajusta a los datos de la presente investigación, primero, se aplicaron las transformaciones más comunes utilizadas en la teoría econométrica, tales como la lineal, las Semilog (log-lineal y lineal-log) y la Doble

log, utilizando el estimador de Mínimos Cuadrados Ordinarios y la transformación Box-Cox con el estimador de Máxima Verosimilitud.

Luego se selecciona la mejor distribución según los siguientes criterios generales:

- Que los signos de los coeficientes de las variables independientes reflejen una relación lógica con la variable dependiente.
- Los coeficientes de las variables independientes son significativos a un nivel de confianza del 95%.
- Que se maximice el valor de máxima verosimilitud.

## 4.2 ESTIMACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

A continuación se presenta la estadística descriptiva, los resultados obtenidos, los modelos testados y el análisis de la forma funcional finalmente seleccionada.

### 4.2.1 Estadística descriptiva.

A continuación se presenta la estadística descriptiva de las variables que intervienen en el modelo.

Tabla 8. Estadística descriptiva.

	<i>precio</i>	<i>área</i>	<i>contamc</i>	<i>estrato</i>	<i>lote</i>	<i>puntaje</i>	<i>tipo</i>
<b>Media</b>	45.42145	133.6789	0.104439	3.407311	140.8042	41.09399	0.180157
<b>Mediana</b>	30.10360	115.0000	0.000000	3.000000	96.00000	41.00000	0.000000
<b>Máximo</b>	372.2130	486.0000	1.000000	6.000000	1228.000	88.00000	1.000000
<b>Mínimo</b>	2.159000	22.00000	0.000000	1.000000	12.00000	9.000000	0.000000
<b>Dev. Std.</b>	49.25809	83.39045	0.306229	1.193854	158.3787	15.15441	0.384821
<b>Observaciones</b>	383	383	383	383	383	383	383

Fuente: Los autores.

Se observa que en la muestra la variable dependiente *precio* de la vivienda en Bucaramanga presenta un valor máximo de \$372.000.000 pesos y un valor mínimo de \$2.159.000 pesos, con un promedio de \$45.421.454 pesos. Igualmente la mayoría de los predios habitacionales de la zona urbana de Bucaramanga se concentra entre el valor mínimo de \$2.159.000 pesos y los \$50.000.000 pesos, esto en concordancia con lo observado en la distribución de los predios por estrato socioeconómico donde cerca del 81% de las viviendas son de estrato 2, 3 y 4.

La variable *puntaje* es un resumen de las características físicas de la vivienda, que toma valores de 0 a 100 puntos; a mayor puntaje mayor calidad física del predio. El mayor puntaje asignado a un predio son 88 puntos y el menor puntaje es de 9 puntos, con un promedio de 41 puntos por predio. Este promedio de 41 puntos

por predio indica que la calidad de la vivienda en la ciudad de Bucaramanga es media según estimaciones del Instituto Geográfico Agustín Codazzi.

La variable *área* hace referencia al área construida de la vivienda. De la muestra tomada el área máxima construida en una vivienda son 486 metros<sup>2</sup> y la mínima 22 metros<sup>2</sup>, para una construcción promedio de 133 metros<sup>2</sup>. De la muestra tomada el 83% de las viviendas tienen un área construida menor a los 200 metros<sup>2</sup>, de los cuales 72 predios de este porcentaje tienen un área construida entre 75 y 100 metros<sup>2</sup>, siendo la más representativa.

La variable *lote*, de la muestra realizada el 51% de los lotes destinados a la construcción de vivienda en la ciudad de Bucaramanga tiene menos de 100 metros<sup>2</sup> y cerca del 85% menos de 200 metros<sup>2</sup>. Sin embargo, el promedio de los lotes sobre los cuales se construyeron las viviendas es de 140 metros<sup>2</sup>. La columna 5 de la tabla 8, señala que hay un registro máximo de 1.228 metros<sup>2</sup> y uno mínimo de 12 metros<sup>2</sup> mostrando una diferencia notable entre los tamaños de las viviendas registradas en Bucaramanga conforme a la muestra tomada.

Con respecto a las variables dicotómicas, se observa que el 10% de las viviendas tomadas en la muestra se encuentran afectadas por la contaminación por olores, igualmente se observa que en la variable *tipo*, el 18% de las viviendas habitacionales son apartamentos y el 72% son casas.

#### **4.2.2 Resultados obtenidos.**

El análisis de resultados determina que variables mantienen el signo del parámetro independientemente de la forma funcional y cuales son estadísticamente significativas al correr la regresión. Se realizaron regresiones con los datos de la muestra utilizando las diferentes formas funcionales como se presentó en la tabla 7, con el propósito de hallar el modelo de mayor consistencia teórica y estadística teniendo en cuenta el problema de especificación presente en los modelos hedónicos.

Tabla 9. Resumen de los resultados en cada uno de los modelos estimados.

	Modelos Lineales				Box-Cox
	lineal	Log-lin	Lin-log	Doble-log	
<b>Constante</b>	-48.929905 (-16.54814)*	0.930383 (16.10254)*	-338.5281 (-18.7738)*	-5.196227 (-33.92982)*	-1.064319448 (4.017)*
<b>Características Estructurales (E)</b>					
<b>Lote</b>	0.130256 (16.26007)*	0.000103 (0.659341)	33.319767 (11.55738)*	0.268998 (10.98605)*	0.03439092585 (5.571)*
<b>Área</b>	0.238545 (15.0962)*	0.005226 (16.92385)*	19.581953 (5.425739)*	0.733936 (23.94393)*	0.191394846 (11.077)*
<b>Puntaje</b>	0.695259 (6.624590)*	0.024342 (11.86929)*	35.577763 (6.526580)*	0.939428 (20.29108)*	0.7237165863 (10.074)*
<b>Tipo</b>	2.321500 (0.760732)	-0.342236 (-5.739136)*	20.22945 (4.115279)*	0.075807 (1.815774)	-0.6998222762 (-4.613)*
<b>Atributos del Entorno (A)</b>					
<b>Estrato</b>	4.636068 (3.323166)*	0.237166 (8.699866)*	4.942997 (0.935546)	0.389209 (8.673458)*	0.6813019392 (8.361)*
<b>Contaminación</b>	-6.351455 (-2.08906)*	-0.268353 (-4.516927)*	-3.118112 (-0.659490)	-0.204941 (-5.103645)*	-0.9228742773 (-5.653)*
<b>R-squared</b>	0.874816	0.880185	0.720786	0.949517	0.999694
<b>Adjusted R-squared</b>	0.872818	0.878273	0.716330	0.948711	0.99970
<b>S.E. of regresión</b>	17.566712	0.343267	26.235175	0.222818	
<b>Sum squared resid</b>	1.16E+17	44.30503	258794.9	18.66752	283.9197218
<b>Log likelihood</b>	-1637.601	-130.4001	-1791.221	35.11584	-486.1292
<b>Durbin-Watson stat</b>	1.248525	1.055499	0.501078	1.702722	
<b>Mean dependent var</b>	45.421454	3.362197	45.421454	3.362197	45.42145431
<b>S.D. dependent var</b>	49258086	0.983871	49.258086	0.983871	49.25808644
<b>Akaike info criterion</b>	8.587996	0.717494	9.390187	-0.146819	2.575
<b>Schwarz criterion</b>	8.660154	0.789651	9.462344	-0.074662	
<b>F-statistic</b>	437.9280	460.3599	161.7728	1178.671	

Estimado en EViews.

En paréntesis t estadístico.

\* significativas al 95% de confianza.

Lambda = 0.3553483907, en la transformación Box-Cox<sup>21</sup>. Para la transformación Box-Cox se uso el paquete econométrico Limdep 7

Fuente: Los autores.

De acuerdo con la tabla 9, para las características estructurales se tiene que las variables *puntaje* y *área* son significativas en todos modelos estimados y mantienen el signo del coeficiente esperado (positivo), con lo anterior se concluye que éstas variables son estables y robustas para el modelo. En otras palabras, a medida que aumenta el *área* construida aumenta el precio de las viviendas en Bucaramanga. Igualmente, cuando mejoran las características físicas de la vivienda, es decir cuando aumenta el *puntaje*, también aumenta el precio del inmueble.

<sup>21</sup> La estimación del Lambda lo realiza el software a través de iteraciones. Para la transformación Box-Cox se reemplazo lambda en la variable dependiente.

La variable *estrato* es significativa en cuatro de los cinco modelos estimados y conserva el signo esperado en todos ellos; es decir en estratos más altos mayor es el precio de la vivienda.

Los modelos lineal, lin-log y Doble-log muestran que la variable *lote* es significativa, y adicionalmente conserva el signo esperado en todos los modelos estimados. Así, a mayor tamaño del terreno, mayor tenderá a ser el precio de la vivienda en la ciudad.

En cuanto a los atributos del entorno se observa que la variable *contamc* mantiene el signo del coeficiente esperado, es decir negativo. Este hecho evidencia la presencia de una externalidad negativa, la contaminación por olores generada por el Carrasco, produciendo una disminución en el precio de las viviendas afectadas por olores ofensivos provenientes de este relleno sanitario. Cabe señalar que la variable *contamc* presenta un buen nivel de significancia en cuatro de los modelos propuestos, por tanto es un parámetro adecuado para tener en cuenta a la hora de explicar la incidencia de factores ambientales negativos o nocivos en el valor de la vivienda en Bucaramanga.

Por último la variable *tipo* es inestable en cuanto a signo y significancia en los modelos estimados. Este hecho puede ser resultado de la poca incidencia de esa variable en la determinación del precio de la vivienda, es decir, no existe una diferencia marcada entre la casa o el apartamento a la hora de explicar el precio de una vivienda.

Utilizando el escalar R-squared; el cual indica el coeficiente entre la suma de los cuadrados explicados y la suma de cuadrados totales de la variable independiente, es decir, que porcentaje de la variabilidad de la variable dependiente es explicada a través de la variabilidad de las variables independientes del modelo; podemos concluir que entre los modelos de forma funcional lineal, el estimado Doble-log tiene el nivel de significancia mas alto con una explicación del modelo por las variables independientes del 94.9%.

Cabe señalar que los R-squared ajustados no permiten comparar las bondades de ajustes de modelos no lineales. Normalmente este escalar proporciona valores muy cercanos a uno; sin embargo ello es inconsistente con los valores que presenta la función de verosimilitud. En este sentido se sugiere no utilizar este escalar para medir la bondad de distintos modelos.

Debido al problema de especificación que puede enfrentarse con el enfoque de la discriminación, existen varios criterios de selección de modelos. Entre los criterios para seleccionar el modelo adecuado se encuentran (Márquez, 1999):

- Theil, el cual minimiza el error estándar de estimación; equivale a maximizar el  $R^2$ , penaliza muy poco la inclusión de regresores.

- Akaike (AIC), minimiza la función de pérdida de información por ir del modelo correcto al estimado; penaliza el doble que el Theil.
- Schwarz, maximiza la probabilidad de elegir el modelo correcto, y es el de mayor penalización.
- La función de Verosimilitud (Likelihood), el cual se basa en tener en cuenta la distribución conjunta de los datos como función de los parámetros del modelo. La estimación por máxima verosimilitud (en general, distinta de OLS) consiste en elegir parámetros que maximicen la función de verosimilitud (Greene, 1999).

Con base en lo anterior, se utilizó el Criterio de Información de Akaike (AIC) y la función de Verosimilitud (likelihood) como medidas de comparación entre los modelos funcionales propuestos; debido a la ausencia del criterio de Schwarz en la transformación Box-Cox, no fue posible su uso como criterio de selección del modelo correcto o más explicativo. Cabe señalar que el principio de criterio de selección será escoger el modelo con el valor más bajos del AIC, es decir cercanos a cero. Para el Likelihood, se tomara como modelo aquel con un valor real mayor a los demás modelos a comparar.

Con base en los resultados de los modelos estimados y tomando como referencia el Criterio de información de Akaike y la función de Verosimilitud (likelihood) se puede concluir que existe suficiente evidencia estadística para afirmar que la función de precios hedónicos del modelo tiene forma funcional conocida. El modelo que se ajusta mejor es el Doble-log; la razón de esta selección obedece a los valores de los criterios anteriormente señalados, Likelihood (35.11) siendo el único valor positivo entre los demás modelos; y el valor cercano del AIC-Akaike (-0.1468) a cero, siguiendo las indicaciones señaladas como criterios de selección del modelo más explicativo.

### 4.3 ANÁLISIS DEL MODELO EMPÍRICO DOBLE-LOG.

La forma funcional del modelo empírico que se analiza a continuación es la siguiente:

$$\ln \text{precio} = \ln \beta_0 + \beta_1 \ln \text{area} + \beta_2 \ln \text{lote} + \beta_3 \ln \text{puntaje} + \beta_4 \text{tipo} + \beta_5 \ln \text{estrato} + \beta_6 \text{contamc} + \varepsilon$$

Para el modelo elegido, en cuanto a validez estadística, las variables explicativas continuas y discretas seleccionadas en el modelo son robustas, presentan bondad de ajuste y los signos son los esperados conforme a la teoría a excepción de la variable tipo la cual no es significativa al nivel de confianza que se estableció para las demás variables (95%).

La regresión Doble-log, que permite suavizar las variables al normalizar los regresores, se estimó con todas las variables explicativas que fueron planteadas inicialmente en el modelo de los precios hedónicos para la vivienda en Bucaramanga.

Tabla 10. Función de precios hedónicos Doble-Log.

Dependiente: PRECIO Independiente	Media	Coefficiente (t-estadístico)	Efecto relativo	Efecto DAPmg (millones)	DAP 1% en Z (millones)
Lote	140.8042	0.268998 (10.98605)		0.00929	0.1221828
Área	133.6789	0.733936 (23.94393)		0.01558	0.3333644
Puntaje	41.09399	0.939428 (20.29108)		0.06226	0.42670185
Tipo	0.180157	0.075807 (1.815774)	0.078754	5.987785	0.48998575
Estrato	3.407311	0.389209 (8.673458)		0.4331331	0.17678438
Contamc	0.104439	-0.204941 (-5.103645)	-0.185305	-7.804339	-0.3700463
Constante		-5.196227 (-33.92982)			

Fuente: los autores.

El análisis del modelo Doble-log se efectúa conforme al efecto marginal y el análisis de las elasticidades (columnas 3 a 6 de la tabla 10). La columna 3 representa los coeficientes de las variables explicativas que debido a la naturaleza de la transformación Doble-log son al mismo tiempo las elasticidades<sup>22</sup> (Gujarati, 1998). La columna 4 son las elasticidades de las variables dicotómicas haciendo uso de un antilogaritmo y se calcula así:

$$\text{efecto relativo} = e^{\beta} \quad (16)$$

La columna 5 representa la Disponibilidad a Pagar marginal (*DAPmg*) por cada de cambio en una unidad en el atributo o característica. La columna 6 representa la disponibilidad a pagar por cada 1% de cambio en la cantidad del atributo, esto permite observar los cambios monetarios dado un cambio en las cantidades del atributo, se deduce de:

$$\partial p = [\bar{p} * \epsilon_z * 0.01] \quad (17)$$

Derivada de la ecuación de elasticidad, dado un cambio del 1%.

<sup>22</sup> La elasticidad es la variación porcentual de una variable x en relación a otra variable y. Si la variación porcentual de la variable dependiente y es mayor a la variable independiente x, se dice que la relación es elástica, ya que la variable dependiente y varía en mayor cantidad a la de la variable x

Conforme a lo anterior, la variable dummy *contamic* posee el signo esperado (negativo). Cuando la vivienda se encuentra ubicada en el sitio de influencia del relleno sanitario el Carrasco, el valor de esta disminuye en un 18.5%, *ceteris paribus* las demás variables. El t-estadístico igualmente es significativo (-5.1036), por lo cual se puede afirmar que la afectación por los olores ofensivos en el relleno sanitario confirma la existencia de una externalidad negativa que se evidencia en la reducción del precio de las viviendas afectadas por esta contaminación. La DAPmg establece una relación negativa para aquellas viviendas ubicadas en el área de influencia del relleno sanitario; los hogares estarían dispuestos a pagar \$7.804.339 de pesos menos por una vivienda que se encuentre en el área de influencia del Carrasco así tenga las mismas características estructurales de una vivienda ubicada fuera de esta área.

La variable dummy *tipo* posee un signo positivo, contrario a lo esperado, sin embargo su nivel de confianza solo alcanza hacer significativo a un nivel de confianza de 90%. Siguiendo a Carriazo, este signo positivo puede ser asociado la percepción de los hogares de ver los apartamentos como una externalidad positiva. El resultado puede estar asociado con las mejores condiciones de la seguridad de los apartamentos en relación a las casas. De acuerdo con los resultados cuando la vivienda es un apartamento el precio aumenta en un 7,8% con respecto al precio de una casa de iguales características. Igualmente se concluye que los hogares estarían dispuestos a pagar \$5.987.785 más, para vivir en apartamento que en casa; *ceteris paribus* las demás características y atributos de la vivienda.

La variable *lote* es significativa y posee el signo positivo esperado. El efecto marginal indica que la disponibilidad a pagar por este atributo es de \$122.182 más por ver incrementado su terreno; en términos de elasticidad se dice que ante un incremento del 1% en el lote del predio, la disponibilidad a pagar por este atributo aumenta en un 26.9%.

Con respecto a la variable *área*, es la de mayor nivel de significancia. La variable indica que por cada millón de pesos adicional que cuesta una vivienda, ese cambio en un millón esta explicado o corresponde al 78%, es decir \$780.000 pesos con respecto al *área*, permaneciendo las demás variables iguales. Igualmente, ante un incremento del 1% en el precio de la vivienda esta aumentara \$333.364 pesos, teniendo en cuenta los resultados arrojados.

Con respecto a la variable *Puntaje* se puede deducir que las diferencias entre el precio de las viviendas cuando las demás variables permanecen constantes, *ceteris paribus*, explica en un 98% el valor entre dichas viviendas cuando este aumenta en un punto las características físicas de la vivienda. Esto se puede

comprender al tener una DAPmg de \$426.701 de pesos, siendo la más alta de todas.

Por último, la variable socio-económica, *estrato*, muestra como existe una correlación positiva entre ella y el precio de las viviendas. Como era de esperar, viviendas habitacionales en estratos más altos, tienen un valor en su precio mayor.

Una vez interpretados los resultados de la tabla 10, se puede afirmar que, las variables empleadas en el modelo confirmaron la hipótesis planteada al principio de esta sección acerca de que la contaminación por olores que genera el Carrasco es una externalidad negativa que incide en la disminución de los precios de la vivienda urbana en Bucaramanga, principalmente sobre las localizadas en la zona de influencia del Carrasco. Es decir que los hogares de Bucaramanga valoran la calidad ambiental como un atributo del entorno en el momento de adquirir vivienda.

## 5. CONCLUSIONES

El presente trabajo identificó los determinantes de los precios de mercado de las viviendas urbanas en la ciudad de Bucaramanga. Este es el primer trabajo que demuestra empíricamente, para Bucaramanga, la relevancia y significación individual de las principales características y atributos inherentes a las viviendas urbanas.

Con la presente investigación se logró establecer que la influencia que tiene la contaminación por olores en la determinación del precio de la vivienda es negativa. Cuando la vivienda se encuentra ubicada en el sitio de influencia del relleno sanitario el Carrasco, el valor de esta disminuye aproximadamente en un 18.5%, manteniendo constantes los demás atributos y características.

Metodológicamente, se encontró que la forma funcional de la ecuación hedónica, adecuada estadística y teóricamente fue el modelo Doble-log. Una de las características que hace atractivo el modelo Doble-log consiste en que el coeficiente correspondiente a la pendiente ( $\beta$ ) de cada variable mide la elasticidad del precio de la vivienda con respecto a esa variable, es decir el cambio porcentual en el precio para un (pequeño) cambio porcentual dado en alguna de las variables explicativas.

El modelo empírico, utilizando la transformación Doble-Log, demostró la incidencia de las variables utilizadas a la hora de establecer el precio de las viviendas en Bucaramanga. A pesar que la variable tipo no resultó ser muy significativa al nivel de confianza establecido (95%), las demás variables arrojaron los resultados esperados a niveles significativos y tuvieron los comportamientos esperados siendo una buena medida de posibles cálculos de las disponibilidades a pagar y elasticidades de los variables usadas con respecto al precio de la vivienda.

Las características que demostraron tener un mayor impacto en el precio de mercado de la vivienda fueron los relacionados con los metros<sup>2</sup> construidos y características físicas de la vivienda como el material de la estructura, acabados y particularidades de baños y cocina; es decir las variables *área* y *puntaje* respectivamente.

Se pudo establecer que la DAPmg de los hogares de Bucaramanga, por una vivienda que tenga contaminación por olores es de \$7.804.339 pesos menos con relación a una que no presente este tipo de contaminación. Igualmente para la variable *puntaje* se establece que un mejoramiento en las características físicas de la vivienda en una unidad, aumento el precio de la misma en \$62.260 pesos aproximadamente. Con respecto a la variable *estrato*, como es de esperarse, entre

más alto sea el estrato donde se encuentra la vivienda más alto será el precio de la misma; el valor de dicho aumento entre un estrato a otro es aproximadamente de \$433.133 pesos entre viviendas con similares características y atributos.

Entre algunas de las recomendaciones en trabajos posteriores al presente, es que aunque deberán tener en cuenta las restricciones para la obtención de la información ambiental, se debe procurar introducir otras variables específicas medibles con las que se pueda determinar DAP ante cambios en la calidad ambiental, como por ejemplo índices de contaminación y partículas suspendidas totales.

Entre las diversas metodologías planteadas por la Economía Ambiental para valorar los bienes, servicios ambientales y recursos naturales, el método de los precios hedónicos es solo una de muchas herramientas que se pueden emplear para determinar los costos o beneficios derivados de las alteraciones o impactos ambientales que genera la disposición final de residuos en el Carrasco. Se espera que en investigaciones futuras se puedan tener en cuenta alteraciones de tipo geosféricos, hidrosféricos, hidrogeológicos, bióticos, de agotamiento de los recursos naturales, entre otros; haciendo uso de otros métodos de valoración económica como son el método de la función de daño, el método de morbilidad, el método de la función de producción y la valoración económica contingente.

## BIBLIOGRAFÍA

ACURIO, Guido. ZEPEDA, Francisco. TEIXEIRA, Paulo. ROSSIN, Antonio. (1998), *Diagnostico de la Situación del Manejo de Residuos sólidos Municipales en América Latina y el Caribe*; Publicación conjunta del Banco Interamericano de Desarrollo y la Organización Panamericana, Washington, D.C.

ARIZA, Amin E. (2006). *Valoración económica del riesgo en la salud de los mineros durante la explotación de carbón: una función de salarios hedónicos*. [tesis de maestría], Bogotá, Universidad de los Andes, Maestría en Economía del Medio Ambiente y de los Recursos Naturales-PEMAR.

AZQUETA Oyarzun, Diego. (1994), *Valoración económica de la calidad ambiental*, Madrid, McGraw-Hill.

AZQUETA Oyarzun, Diego. (2002), *Introducción a la economía ambiental*, Madrid, McGraw-Hill.

BARRY C. Field y AZQUETA Oyarzun, Diego. (1996), *Economía y medio ambiente*. Bogotá, McGraw-Hill.

CARRASCAL, U., GONZALES Y. y RODRIGUEZ, B. Análisis econométrico con Eviews. Alfa omega. México. 2001.

CASTIBLANCO Rozo, C. (2006), "Manual de valoración económica del medio ambiente", Universidad Industrial de Santander.

CASTIBLANCO Rozo, C. (2003), "Alcances y limitaciones de la valoración económica de los bienes y servicios ambientales" en revista Ensayos de Economía, Vol. 13, Medellín.

CARRIAZO Osorio, F. (s.f.), *Impacts of Air Pollution on Property Values: an Economic Valuation for Bogotá, Colombia*.

CENTRO DE ESTUDIOS E INVESTIGACIONES AMBIENTALES (CEIAM), (2004). *Estudio sobre la relación existente entre la intensidad y la aceptabilidad de los olores generados en el relleno sanitario el carrasco bajo las condiciones climatológicas presentadas en la zona de influencia de la disposición final*. Bucaramanga, Universidad Industrial de Santander.

ESCOBAR Jaramillo, L. A. (2004) "Una valoración Hedónica de la Calidad Ambiental: un caso de estudio en Cali-Colombia", [en línea], disponible en

[http://www.jornadastecnicas.com/JT3\\_files/page0012.htm](http://www.jornadastecnicas.com/JT3_files/page0012.htm) , recuperado: Agosto 20 de 2006.

ESTRADA, J. A. (2003) *Valoración Económica de la Contaminación por Lixiviados del Relleno Sanitario Doña Juana: Aplicación del método Gasto en Mitigación*, [tesis de maestría], Bogotá, Universidad de los Andes, Maestría en Economía del Medio Ambiente y de los Recursos Naturales-PEMAR.

FREEDMAN, M. (1993), *The measurement of environmental and resource values. Theory and methods*. Washington: Resources for the Future.

FUENTES, L. A. y SERRANO, A. M. (2006) *Valoración Económica De Los Impactos Socioeconómicos Y Ambientales Ocasionados Por El Manejo De Los Residuos Sólidos Urbanos En El Relleno Sanitario La Esmeralda Del Municipio de Barrancabermeja. Aplicación Del Método Multicriterio*, [Trabajo de grado], Bucaramanga, Universidad Industrial De Santander, Carrera de Economía.

FONDO FINANCIERO DE PROYECTOS DE DESARROLLO – FONADE (2002). *Estudio de alternativas tecnológicas y de localización para el manejo integral en el área metropolitana de Bucaramanga*. Geotec Ingeniería Ltda. Bogota D.C.

GOMEZ, S. y GUARIN, O. (2002). *Caracterización e implementación de un método fisicoquímico para el tratamiento del lixiviado proveniente del relleno sanitario El Carrasco*, [tesis de Grado], Bucaramanga, Universidad Industrial De Santander, Carrera de Química.

GREENE, W. (1999), *Análisis Econométrico*, 3ª edición. Prentice Hall. México.

GUJARATI, Damodar. (1998) *Econometría*. Mc Graw Hill, tercera edición, Bogotá, Colombia.

HERRUZO A. Casimiro. (2002). "Fundamentos y métodos para la valoración de bienes ambientales". Departamento De Economía Y Gestión Ambiental, Universidad Politécnica De Madrid, Madrid.

JANSSON, A. M. (2000). *Función de precios hedónicos de viviendas y adaptación del test reset en modelos no lineales; aplicación del modelo Box & Cox a los precios de las viviendas de la ciudad de Catamarca*. Argentina. En revista, Pharos, año 2000 vol. 7 num. 2. Ciencia, arte y tecnología. Santiago de Chile.

MACHÍN M. y CASAS M. (2006), "Valoración económica de los recursos naturales: perspectiva a través de los diferentes enfoques de mercado", [en línea] Revista

Futuros, Vol. IV, No 13, disponible en <http://www.revistafuturos.info>, recuperado: Septiembre 11 de 2006.

MÁRQUEZ, M. D. (1999), Modelo CETAR aplicado a la volatilidad de la rentabilidad de las acciones: algoritmos para su identificación, [tesis doctoral], Catalunya, Universidad Politécnica de Catalunya, Doctorado en Ciencias Matemáticas.

MELONI, O y RUIZ Núñez, F. (1998), *El Precio de los Terrenos y el Valor de sus Atributos. Un Enfoque de Precios Hedónicos*. Universidad Nacional de Tucumán, Tucumán, Argentina.

MENDIETA J. C. (1999), Manual de valoración económica de bienes no mercadeables, Facultad de Economía-PEMAR, Universidad de los Andes, Santa fe de Bogota.

MENDIETA, J. C. y CARABALLO, L. J. (2005), Economía de la contaminación y la degradación ambiental, San Cristóbal, Fundación Fondo Editorial Nuevo Tiempo.

Ministerio del Medio Ambiente (2002). *Guía Ambiental para Rellenos Sanitarios*.

Ministerio del Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, (2003). "Metodologías para la Valoración Económica de Bienes, Servicios Ambientales y Recursos naturales", Colombia.

MURGUÍA, W. (2006), "Contaminación por olores. El nuevo reto Ambiental". En revista Protocolo 21 de junio de 2006. [en línea] disponible en: [http://www.teorema.com.mx/articulos.php?id\\_sec=44&id\\_art=2558&id\\_ejemplar=0](http://www.teorema.com.mx/articulos.php?id_sec=44&id_art=2558&id_ejemplar=0), recuperado: Septiembre 11 de 2006

ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD – OPS (2005), *Informe Regional sobre la Evaluación de los Servicios de Manejo de Residuos Sólidos Municipales en la Región de América Latina y el Caribe*. Washington, D.C.

PARDO Roza, Y. Y. (2005) *Valoración Económica de predios agropecuarios en paisajes de Lomerío y Vega en la zona de colonización del Caquetá (Una aplicación de la metodología de precios hedónicos)*, [tesis de maestría], Bogotá, Universidad de los Andes, Maestría en Economía del Medio Ambiente y de los Recursos Naturales-PEMAR.

Ponencias I Curso Sobre Valoración Económica de Bienes y Servicios Ambientales, Universidad Industrial de Santander – CDMB, Bucaramanga, 2006.

PROARCA Programa Ambiental Regional para Centroamérica –, (2003). *Guía para la gestión del manejo de residuos sólidos municipales*.

Proyecto Para La Consolidación del Corredor Biológico Mesoamericano, CCAD-PNUD/GEF, 2002. *Guía Metodológica de Valoración Económica de bienes, servicios e impactos ambientales*. Serie técnica 04, Managua, Nicaragua.

ROSEN, S. (1974), "*Hedonic prices and implicit market: Product differentiation in pure competition*", *Journal of Political Economy*, Vol. 82, p 35-55.

URIBE E. MENDIETA J. C. JAIME H. y CARRIAZO F. (2003), *Introducción a la valoración ambiental y estudios de caso*, Bogota, CEDE Uniandes.

VERGARA, D. M. (2002). *Estudio y evaluación del aporte contaminante en carga orgánica y metales del lixiviado proveniente del relleno sanitario El Carrasco a la quebrada La Iglesia*, [tesis de grado], Bucaramanga, Universidad Industrial de Santander, Carrera de Química.

## **ANEXOS**

## Anexo A Corrientes residuales.

<b>CORRIENTES RESIDUALES</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Residuos ordinarios:</b> Comprenden aquellos residuos compuestos de materiales resultantes de residencias, comerciales, instituciones, plazas de mercado, barrido de calles y odas de zonas verdes, que pueden manejarse dentro del servicio ordinario de aseo de acuerdo con las definiciones y especificaciones definidas en el Decreto 1713 de año 2002 proferido por la Presidencia de la Republica.</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Residuos peligrosos:</b> Son aquellos que por sus características infecciosas, toxicas, explosivas, corrosivas, inflamables, volátiles, combustibles, radioactivas o reactivas pueden causar riesgo a la salud humana o deteriorar a calidad ambiental hasta niveles que causen riesgo a la salud humana. También son residuos peligrosos aquellos que sin serlo en su forma original se transforman por procesos naturales en residuos peligrosos. Su origen puede ser residencial o industrial. Dentro de los residuos peligrosos de origen domestico se destacan, polvos abrasivos, aerosoles, limpiadores de amoniaco y basados en amoniaco, lejía de cloro, desastascadores, abrillantadores de muebles, limpiadores de cristales, medicinas caducadas, limpia hornos, betún para calzado, limpia inodoros, productos para ondular el pelo, champús, quitaesmaltes. En las actividades de reparación de vehículos se generan anticongelante, liquido de frenos y de transmisión, baterías, fuel diesel, queroseno, gasolina y aceite residual. Dentro de los residuos industriales se destacan productos industriales, restos de pintura, disolventes, pilas, productos de fotografías, ácidos y cloros de piscinas, pesticidas, herbicidas y fertilizantes.</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Residuos hospitalarios:</b> según el Decreto 2676 del año 2002 expedida por el Ministerio de Salud; son aquellos residuos generados en consultorios, clínicas, farmacias, centros de salud y en general centros de salud para personas. Incluye residuos peligrosos y no peligrosos. Dentro de los residuos no peligrosos se encuentran los biodegradables, reciclajes e inertes. Dentro de los residuos peligrosos se encuentran los biosanitarios, anatomopatológicos, cortopunzantes, animales, fármacos, citotóxicos, metales pesados, reactivos, aceites usados y reactivos.</li></ul>

Fuente: Ministerio del Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2002

## Anexo B Alternativas tecnológicas para el manejo integral de residuos sólidos

ALTERNATIVA TECNOLÓGICA			CORRIENTE RESIDUAL		
GESTIÓN INTEGRAL	PROCESOS	METODO	RESIDUOS ORDINARIOS	RESIDUOS PELIGROSOS	RESIDUOS HOSPITALARIOS
<b>MINIMIZACIÓN</b>					
<b><i>Aprovechamiento Y Valoración</i></b>	Reciclaje	Separación manual y/o mecánica	X	X	X
<b><i>Tratamiento, Transformación</i></b>	Combustión	Oxidación química	X	X	X
	Pirolisis	Destilación destructiva		X	X
	Biológico Aeróbico	Oxidación biológica en presencia de oxígeno	X	X	
	Biológico Anaeróbico	Oxidación biológica en ausencia de oxígeno	X		
	Lombricultura	Biotecnología basada en lombriz de tierra adaptada	X		
	Desinfección	Oxidación química			X
<b><i>Disposición Final</i></b>	Relleno sanitario	Disposición controlada en el suelo	X		
	Relleno de Seguridad	Disposición controlada en el suelo		X	

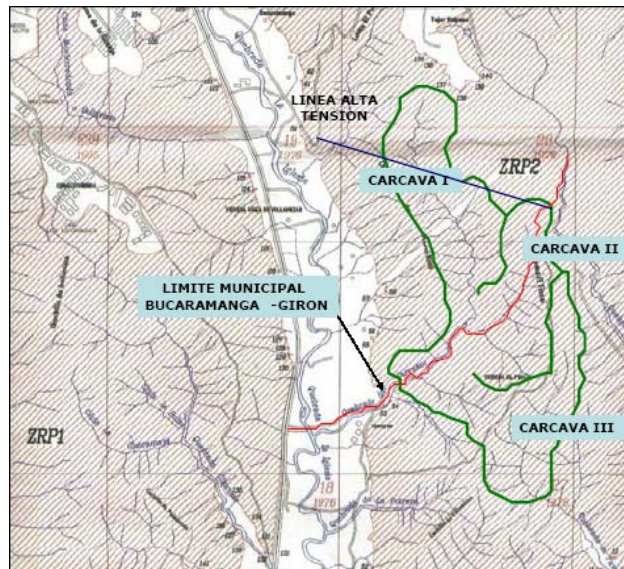
Fuente: FONADE

## Anexo C Marco Legal.

- Constitución Política de Colombia, 1991.
- Política Gestión Integral de Residuos Sólidos, 1998. Ministerio del Medio Ambiente.
- Ley 9 de 1979 Código Sanitario Nacional, por lo cual se dictan medidas sanitarias.
- Decreto 2811 de 1974, por lo cual se establece el Código de Recursos Naturales Renovables y se dictan disposiciones sobre el manejo de residuos sólidos.
- Ley de 99 de 1993, por la cual se establece el Sistema Nacional Ambiental y se crea el Ministerio del Medio Ambiente.
- Ley 142 de 1994 por la cual se establece la regulación de los Servicios Públicos Domiciliarios.
- Decreto 1594 de 1984 por lo cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley de 1979, así como el Capítulo II del Título VI –parte II- Libro II y el Título III de la Parte III – Libro I- del Decreto –Ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos.
- Decreto 1753/94 por lo cual se reglamenta parcialmente los títulos VII y XII de la ley 99 de 1993 sobre licencias ambientales.
- Decreto 605 de 1996 del Ministerio de Desarrollo Económico por el cual se reglamenta la ley 142 de 1994 en relación con la prestación del servicio público domiciliario de aseo.
- Decreto 1728 de 2002, en el cual se establece la última reglamentación sobre licencias ambientales. Incluye proyecto relacionado con el manejo integral y la disposición de residuos sólidos urbanos y peligrosos.
- Decreto 1713 de 2002, por lo cual se reglamenta la prestación del servicio de Aseo y Manejo Integral de residuos sólidos.
- Resolución 2309 de 1986 del Ministerio de Salud por la cual se dictan normas para el cumplimiento del Título III de la Parte 4 del Libro 1 del Decreto – Ley número 2811 de 1974 y de los Títulos I, II, XI de la ley de 9 de 1979, en cuanto a Residuos Sólidos.
- Resolución 541 de 1994 del Ministerio del Medio Ambiente por medio de la cual se regula el cargue, descargue, transporte, almacenamiento y disposición final de escombros, materiales, elementos, concretos y agregados sueltos, de construcción, de demolición y carga orgánica, suelo y subsuelo de excavación.
- Resolución 1096 de 2000, por lo cual se adopta el Reglamento Técnico para el sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS. Establece criterios de localización de infraestructura para plantas de clasificación, incineración y relleno sanitarios. Establece criterios básicos para el diseño y operación de rellenos sanitarios.
- Resolución 1045 de 2003, del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, por la cual se adopta la metodología para la elaboración de los Planes de Gestión Integral de los Residuos Sólidos (PGIRS).

## Anexo D Mapas de Localización del Carrasco

Mapa Localización Del Carrasco En El Distrito De Manejo Integrado De La CDMB



Fuente: C.D.M.B

Panorámica Del Carrasco



Fuente: E.M.A.B

## Anexo E Especificaciones del Carrasco

SECTOR / ASPECTO	PARAMETRO	VALOR
Predio Carrasco	Extensión	93,2 Has
	Distancia a pobladores	800 metros
	Barrio mas próximo	El Porvenir
	Jurisdicción	Municipios de Girón y Bucaramanga
Cárcava I	Inicio relleno	1985
	Inicio etapa II	Oct de 1999
	Jurisdicción	Bucaramanga
	Municipios que utilizan en servicio	Bucaramanga, Floridablanca, Girón, Piedecuesta, Rionegro, Lebrija, El Playón, Charta, Cachira y Surata
	Tiempo en operación	17 años
	Extensión	17 Has
	Capacidad (Etapa II)	1.429,767 m3
	Vida útil remanente	2 años
	Jurisdicción	11, 597 \$/ton
	Fecha de terminación del relleno	Jul- 204 para una densidad de 800 Kg./m3
	Cota máxima de diseño	865 msnm
	Altura de la celda diaria	2.50 m
	Tipo de chimeneas de gases	Extracción pasiva
	Sección de chimeneas	1 x 1 (1 m2)
	Esparcimiento Chimeneas	35 metros
	Tipo de material de cobertura	Grava con arcilla y limos arenosos, presentes En la zona
	Frente de trabajo	20 x 20 m
	Espesor de la capa de cobertura intermedia	0.25 m
	Horario de operación	Lunes a sábado de 6:00 a.m. a 10:00 p.m.
	Horas laboradas	96 horas/semana
Equipos de operación	Bulldozer D7-G, Bulldozer D6-D, 2 Retroexcavadora CAT 312, \$ Volquetas de 7 m3, Compactador para residuos, 1 motoniveladora	

	Personal	2 supervisores en dos turnos, 2 cuadracarros en dos turnos, 2 celadores en dos turnos
	Recicladores	En el frente de trabajo: 113 recicladores
<b>Cárcava II</b>	Extensión	11 Has
	Extensión del botadero	2.30 Has
	Jurisdicción	Municipios de Girón y Bucaramanga
<b>Cárcava III</b>	Extensión	12 Has
	Jurisdicción	Municipio de Girón
	Cotas	770 a 830 msnm
	Potencial de uso	2.3 millones de m <sup>3</sup> de residuos con 0.70 Ton/m <sup>3</sup>
	Vida útil potencial	7.9 años a una tasa promedio de 560 ton/d
	Uso de suelo	Reserva forestal protectora (Escarpa de Malpaso)
<b>Planta de Tratamiento de lixiviados</b>	Capacidad	1.0 l/s
	Origen de lixiviados	Cárcava I y botadero de Cárcava II
	Caudal de operación	1.0 l/s (87% provienen de la Cárcava I)
	Unidades	Estanque de entrada, aliviadero, piscina 1, planta de tratamiento físico-químico, piscina 2, lechos de secado de lodos
	Tipo de proceso en las piscinas	Anaeróbica (piscina 1) y Facultativa (piscina 2)
	Proceso en la planta físico-química	Aplicación de químicos, controlador de pH, coagulación, floculación, filtración
	Manejo de lodos	Deshidratación en lechos al aire libre y disposición en la recuperación de zonas degradadas
	Cuerpo receptor	El Carrasco que desemboca en la Quebrada la Iglesia
<b>Planta de compostaje</b>	Capacidad	7 Ton (8 horas/d)
	Tipo de residuos	Verdes de plazas de mercado
	Procesos	Descargue, segregación de indeseables, trituración, inoculación, compostaje, maduración, almacenamiento
	Numero de celdas de compostaje	5 unidades
	Numero de celdas de maduración	5 unidades
	Capacidad de celdas	8 Ton/celda
	Retención de compostaje	3 días
	Retención de maduración	5 días
	Almacenamiento	2 a 3 días

	Tiempo de proceso	10 días
	Carga de operación	5 a 7 Ton/d
	Numero de operadores	8 operarios
	Horario de operación	8:00 a.m. a 6:00 p.m.
	Horas laborales	60 hrs./semana
	Destino final del compost	Recuperación de áreas degradadas dentro del relleno sanitario
<b>Otra infraestructura</b>	Basculas	2 unidades
	Área de parque de vehículos	Un área
	Planta de tratamiento de agua de lavado de vehículos	Una planta
	Área administrativa	Oficinas y almacén

Fuente: FONADE, 2002.

## Anexo F Resolución 0753 del 13 de agosto de 1998.

Artículo	Compromiso (debido al carácter del estudio, se describirán aquellos compromisos y artículos que nos competen )
1	Se aprueba el Plan de Manejo Ambiental presentado por las Empresas Publicas de Bucaramanga para la recuperación ambiental del RS El Carrasco, bajo la perspectiva de un sistema integral de re residuos sólidos
2	<p>Se exige cumplimiento del PMA en las siguientes:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Se debe implementar un sistema de gestión ambiental de residuos</li> <li>2. Se exige la presentación de diseños y manuales de operaron del relleno sanitario</li> <li>3. Se exige presentación de estudios geológicos mas detallados</li> </ol> <p>Se debe continuar con el proceso de elevación continua de chimeneas de gases con conexiones de filtros y lixiviados.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>4. Se debe erradicar en forma definitiva, la presencia de recuperadores en el área de operaron de la celda</li> <li>5. Se debe implementar un sistema de registro y pesaje de residuos y vehículos</li> <li>8. Se considera viable utilizar los procesos de compostaje y de lombricultura de los desechos generadores en plazas de mercado</li> </ol> <p>El material obtenido se podrá utilizar en el relleno sanitario para el mejoramiento del suelo y para abono de especies forestales sembradas.</p> <p>Se exige el cronograma de ejecución de actividades de biotransformación.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>9. Se considera viable la propuesta de diseño y adecuación de la futura disposición de residuos sólidos programada a 5 años</li> <li>10. Se debe continuar con el programa de siembra de árboles</li> <li>11. Se debe adelantar un programa continuo de erradicación de basureros que se han formado paulatinamente en cercanías del muro del lote y se debe recuperar dicho lote</li> <li>12. Se debe implementar un programa de fumigación en el relleno sanitario y sectores de influencia</li> <li>15. Se debe hacer una caracterización de los residuos sólidos tóxicos y de carácter especial que generan los diferentes usuarios del área metropolitana y de los municipios a los cuales se le presta el servicio de recolección y disposición</li> <li>17. Se debe monitorear la quebrada la Iglesia semestralmente</li> <li>20. Se debe realizar caracterización y evaluación del impacto sobre la quebrada La Iglesia</li> <li>21. Se debe optimizar la estructura de recolección de residuos</li> <li>22. Se fija el plazo máximo para la construcción de la planta de tratamiento de lixiviados</li> </ol> <p>Se fija plazo máximo para la construcción de una red de eliminación o aprovechamiento de gases.</p>
3	Se deben presentar informes cada dos meses a la CDMB, sobre las actividades y procesos desarrollados dentro del sistema de gestión ambiental.
4.	Se exige la obtención de licencia ambiental como requisito para la operación de la Etapa II del relleno sanitario
5.	Se exige que se informe a la CDMB si las EPB se transforman en otra empresa o se liquida.

Fuente: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2002.

## Anexo G Residuos que originan los contaminantes presentes en el lixiviado del relleno sanitario el Carrasco

Contaminantes	Residuos que lo originan
<b>Cromo</b>	Preservantes de madera, pinturas anticorrosivas, vidrios y cristales coloreados, aceros cromados.
<b>Cadmio</b>	Pilas domesticas, lámparas flouroscentes, partes galvanizadas, pigmentos textiles, tintas y esmaltes, papel, caucho, pirotecnia, cables y fungicidas.
<b>Plomo</b>	Baterías acidas de plomo, caucho, pinturas, pigmentos, barnices, esmaltes, vidrios, insecticidas, municiones.
<b>Níquel</b>	Pilas domesticas, piezas de aleaciones.
<b>Zinc</b>	Tejas de zinc, productos galvanizados, pigmentos, pinturas, barnices, lacas, pesticidas, cosméticos, productos farmacéuticos, fungicidas, preservantes de madera.
<b>Cobre</b>	Cables eléctricos, aleaciones, fungicidas, pigmentos.
<b>Mercurio</b>	Pesticidas, preservantes de pintura y ceras, termómetros, pilas domesticas.

Fuente: Vergara, 2002.

## Anexo H Propiedades y toxicidad de los metales analizados por absorción atómica

Metal	Toxicidad
<b>Cromo (Cr)</b>	El cromo, particularmente el hexavalente, es un toxico muy fuerte si se inhala, pudiendo producir cáncer de pulmón en las personas expuestas a ése, así como sensibilizaciones a la luz.
<b>Sodio (Na)</b>	El metal debe manejarse con cuidado; hay que mantenerlo aislado del agua y otras sustancias con las que reacciona violentamente. Aunque es un metal con apariencia similar a la plata algunas de sus propiedades son muy distintas de las que normalmente se asocian a los metales. Su baja densidad hace que flote en agua aunque no debemos comprobarlo ya que reacciona violentamente con ella
<b>Potasio (K)</b>	Reacciona con el agua desprendiendo hidrogeno, inflamándose espontáneamente. Es uno de los metales más reactivos (es más que el sodio) y más electropositivo. Las dispersiones de potasio son mas reactivas que el propio metal. Es un reductor muy fuerte.
<b>Níquel (Ni)</b>	El efecto tóxico del níquel se modifica en presencia de otros elementos. Así parece que el cobre, el zinc y el níquel ejercen un efecto aditivo sobre el nivel de toxicidad aguda en las truchas arco iris. Es probable que el vapor y el polvo de níquel sean cancerigenos, lo mismo que algunos otros de sus compuestos.
<b>Zinc (Zn)</b>	Tanto el zinc como sus sales son muy toxicas a concentraciones de 40 a 50mg/l, produciendo nauseas y fatiga, si bien es un nutriente esencial, la ingesta prolongada de niveles excesivos puede provocar anemia, dañar el páncreas y reducir el colesterol bueno.
<b>Cobre (Cu)</b>	Las aguas contaminadas con altos niveles de cobre (superiores a 3-5mg/litro) pueden inducir malestares gastrointestinales pasajeros en algunas personas sensibles.
<b>Calcio (Ca)</b>	Si se toman demasiados antiácidos que contiene calcio, puede resultar en cálculos en los riñones, una pastillita contiene entre 300 y 500 miligramos de calcio. Según un grupo de investigadores de la Universidad de Harvard (USA) existiría una relación entre la admisión de calcio y el cáncer de próstata. El exceso de calcio puede dar como resultado una hipercalcemia, que se traduce en reblandamiento de los huesos.
<b>Magnesio (Mg)</b>	Debido a la facilidad de inflamarse debe manejarse con cuidado (sobre todo si esta finamente dividido). En los incendios con magnesio no debe emplearse ni agua ni CO <sub>2</sub> , debido a su reacción violenta con el agua y el oxígeno.

Fuente: GOMEZ, S. y GUARIN, O. 2002.

## Anexo I Contaminantes de importancia en aguas residuales

Contaminante	Parámetro de Medida	Impacto Ambiental
<b>Materia orgánica Biodegradable</b>	DBO, DQO	Desoxigenación del agua, generación de olores desagradables. Muerte de peces
<b>Materia suspendida</b>	SST, SSV	Causa turbiedad en el agua, deposita lodos.
<b>Patógenos</b>	CF	Hace el agua insegura para consumo y recreación
<b>Amoniaco</b>	NH <sub>4</sub> – N	Desoxigena el agua, es toxico para organismos acuáticos y puede estimular el crecimiento de algas.
<b>Fósforo</b>	Ortofosfatos	Pueden estimular el crecimiento de algas
<b>Materiales tóxicos</b>	Como cada material toxico especifico	Peligroso para la vida vegetal y animal
<b>Sales inorgánicas</b>	SDT	Limita los usos agrícolas e industriales del agua.
<b>Energía térmica</b>	Temperatura	Reduce la concentración de saturaron de oxigeno en el agua, acelera el crecimiento de organismos acuáticos
<b>Iones hidrogeno</b>	pH	Riesgo potencial para organismos acuáticos

Fuente: GOMEZ, S. y GUARIN, O. 2002.

## Anexo J Caracterización Física de los Residuos Sólidos que ingresan al Carrasco.

<b>Residuos con características físicas de biotransformación</b>	<b>%</b>
Residuos de Comida	50,3
Papel y cartón sucios o pequeños.	0,2
Madera forestales aserrín	7,8
Carbón cenizas escorias	2,5
Pañales desechables, toallas higiénicas. etc.	2,9
Hueso, vísceras, cueros	
<b>Residuos con propiedades físicas para reciclaje</b>	
Plásticos envases	2,3
Plásticos laminados	4
Plásticos expandidos desechables	0,5
Cartón y papel	4,1
Textiles	2,1
Vidrio	1,3
Zapatos	1,5
Metales ferrosos latas	0,7
Metal ferrosos chatarras	0,3
Aluminio	0,1
<b>Residuos con características físicas de escombrera</b>	
Escombros	4,3
<b>Residuos con características físicas para disposición directa</b>	
Llantas, cauchos	1,4
Especiales, baterías, teléfonos, etc.	0,1
Plásticos no reciclables	0,9
Papel pequeño sucio	3,1
Textiles no reciclables	3,6
Cueros industriales	4,2
Plásticos expandidos desechables	0,1
Otros	1,5
<b>Residuos con características físicas de incineración</b>	
Otros Hospitalarios	0,2
Patógenos, hospitalarios	0,1
<b>Total</b>	<b>100%</b>

Fuente: Diagnóstico Ambiental de Alternativas FONADE –AMB 2002.

## Anexo K REGRESION DOBLE-LOG UTILIZANDO EL SOFTWARE EViews

Dependent Variable: LOG(PRECIO)

Method: Least Squares

Sample: 1 383

Included observations: 383

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LOG(AREA)	0.733936	0.030652	23.94393	0.0000
CONTAMC	-0.204941	0.040156	-5.103645	0.0000
LOG(ESTRATO)	0.389209	0.044874	8.673458	0.0000
LOG(LOTE)	0.268998	0.024485	10.98605	0.0000
LOG(PUNTAJE)	0.939428	0.046298	20.29108	0.0000
TIPO	0.075807	0.041749	1.815774	0.0702
C	-5.196227	0.153146	-33.92982	0.0000
R-squared	0.949517	Mean dependent var	3.362197	
Adjusted R-squared	0.948711	S.D. dependent var	0.983871	
S.E. of regression	0.222818	Akaike info criterion	-0.146819	
Sum squared resid	18.66752	Schwarz criterion	-0.074662	
Log likelihood	35.11584	F-statistic	1178.671	
Durbin-Watson stat	1.702722	Prob(F-statistic)	0.000000	

## Anexo L Estudio olfatométrico CEIAM

### Nombre

Estudio sobre la relación existente entre la intensidad y la aceptabilidad de los olores generados en el relleno sanitario el Carrasco bajo las condiciones climatológicas presentadas en la zona de influencia de la disposición final.

### Objetivo

Evaluar la intensidad aceptabilidad y frecuencia de los olores que se perciben en el área de influencia del sitio de disposición final de residuos sólidos “El Carrasco” y su relación con el comportamiento climático dinámico que se infiere sobre el sector.

### Metodología

Aplicación de la técnica olfatométrica empleando un panel de medidores que permite determinar la procedencia del olor. Para la valoración y cuantificación de los datos tomados se tiene en cuenta las propiedades de los olores dentro de los cuales se puede citar:

- Intensidad. Representa la magnitud de la sensación percibida y puede ir desde un olor imperceptible hasta uno intolerable.
- Calidad. Describe las características de los olores en términos de la asociación con un odorante desconocido.
- Aceptabilidad o Tono Hedónico. Es un factor totalmente subjetivo que permite hablar de los olores agradables, desagradables y nauseabundos. Además, una exposición continua y prolongada a ciertos olores puede causar una disminución en la habilidad para percibirlos al desarrollarse una adaptación olfatoria.
- Duración. Describe la permanencia en el tiempo, medida en minutos, de un olor detectado.

Con base en la valoración obtenida de las anteriores propiedades se calcula el Índice o Factor de Sociabilidad (*IS*) mediante la siguiente expresión:

$$IS = I * (C + A) * D$$

Donde:

*I* : Intensidad del olor

*C* : Calidad del olor

*A* : Aceptabilidad del olor

*D* : Duración del olor

El índice de sociabilidad puede ser positivo o negativo; un valor negativo del índice indica que el olor resulta favorable desde el punto de vista de sociabilidad, un valor positivo indica que el olor incide considerablemente sobre el nivel de vida de la población analizada.

Naturalmente, la atmósfera juega un papel fundamental en este tipo de impactos olfativos, al ser el vehículo de transmisión de las especies generadoras de los malos olores, así como potenciar o disminuir la incidencia de los mismos. Como ocurre con cualquier otra especie química liberada a la atmósfera, la dispersión efectiva depende de los procesos atmosféricos que se desarrollan en los estratos superficiales, que a su vez resultan fuertemente condicionados por el entorno orográfico y cobertura del terreno.

Los contaminantes del aire son transportados, dispersos o concentrados por condiciones meteorológicas y topográficas. La dispersión de un contaminante en la atmósfera es el resultado de tres mecanismos dominantes:

- El movimiento medio general del aire que transporta el contaminante en la dirección del viento.
- Las fluctuaciones turbulentas de la velocidad que se dispersan el contaminante en todas las direcciones.
- La difusión de masa debido a gradientes de concentración.

### **Grado de afectación según valor Índice de Sociabilidad (IS)**

Teniendo en cuenta que entre más negativo sea el valor del IS, mayor será la afectación hacia la comunidad y por ende la frecuencia de los olores según los rangos de valores de IS establecidos. De acuerdo a lo anterior se pueden obtener la siguiente conclusión; los sitios aledaños a la Iglesia el Porvenir presentan los valores mayores valores de IS, sobrepasando los valores normales de aceptabilidad para sitios cercanos a un relleno sanitario, igualmente le siguen los lugares de La Playa, Punta Estrella, Monterredondo, Torres de Coaviconza y Balcones de Provenza.

Con respecto a los olores percibidos se puede determinar, (por estudios realizados y pruebas realizadas) que el Barrio Porvenir es el más afectado y presenta el mayor nivel de percepción de olores seguidos de Monterredondo, Punta Estrella y Balcones de Provenza.

Cabe señalar que diversos factores influyen para poder determinar cuales son los sitios de incidencia indirecta del relleno sanitario El Carrasco; entre estos se hayan: la temperatura ambiente, la humedad relativa en la zona, la radiación solar, la precipitación fluvial, la presión barométrica, la velocidad y dirección del viento. Todos estos factores o condiciones meteorológicas inciden en la dispersión de los

contaminantes que favorecen la generación de olores negativos o desagradables (de mal gusto).

Por ultimo, el estudio en mención hace referencia al área de influencia indirecta climática. Esta corresponde a los sectores cercanos o que por efectos del comportamiento de las condiciones meteorológicas especialmente la velocidad y dirección del viento y la temperatura, tenga incidencia en el arrastre de partículas u olores ofensivos que se generan en el área de influencia directa.

### **Conclusiones**

Las zonas donde se ve que influye notoriamente del sitio de disposición final de residuos sólidos El Carrasco son hacia el Este, Norte, Noreste y Sureste, por lo cual se puede concluir lo siguiente.

- El orden de mayor a menor grado de ocurrencia de la percepción de olor es: La Iglesia en el barrio Porvenir, Porvenir- La Playa, Monterredondo, Punta Estrella y Balcones de Provenza
- El barrio El Porvenir es el punto más afectado por presentar olores provenientes del relleno sanitario con una intensidad, duración y frecuencia más altas que los demás sitios en la zona de incidencia indirecta del El Carrasco. Además se destaca que la incidencia en Balcones de Provenza es menor comparada con el barrio Porvenir, lo cual puede estar influenciado por la altura y la alta arborización presente en la zona.
- Cuando se presentan temperaturas con valores entre 25 a 31C se reduce significativamente la percepción de olor, dado por el incremento en la altura de mezcla, fenómeno que esta favorecido por las altas temperaturas y los vientos fuertes que inciden en la dispersión de los contaminantes responsables de olores molestos.
- Los valores del índice de sociabilidad que más afectan a la comunidad se obtienen con las temperaturas mas bajas del día, es decir entre 19- 22C o menores. Estas condiciones generan la inversión térmica, fenómeno con vientos descendentes esporádicos y vientos ascendentes en zonas urbanas que atraen la atmósfera de otros alrededores ocasionando que los contaminantes del aire sean transportados a bajas velocidades concentrándolos en la zona de influencia directa.
- En el Carrasco domina la dirección del viento hacia el SSE, SEE, E y N con velocidades que alcanzan hasta los 7 m/s y calmas de viento entre 40 y 51%. , lo cual favorece la presencia y permanencia de los olores en los sitios descritos. Cabe señalar que estos resultados son para la temporada de tiempo seco y temperaturas promedio entre 22 y 25 C y humedad relativa de 71-82%, por lo cual varía su incidencia en otros periodos de tiempo con condiciones diferentes y específicas.