

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
FACULTAD DE ECONOMÍA
PROGRAMA DE ECONOMÍA DEL MEDIO AMBIENTE Y DE LOS RECURSOS
NATURALES

**Percepción del Estado de Salud sobre la Enfermedad Diarreica Aguda y los Botaderos de
Basura a Cielo abierto en Soledad-Atlántico: Una Aplicación de la Función de
Producción de Salud**

ASESOR
HAIDER JAIME RUEDA

PRESENTADO POR:
JIMY ALBERTO FERRER CARBONELL

Correo: ji-ferre@uniandes.edu.co

Código: 200319144



BOGOTÁ, AGOSTO DE 2006

Percepción del Estado de Salud sobre la Enfermedad Diarreica Aguda y los Botaderos de Basura a Cielo abierto en Soledad-Atlántico: Una Aplicación de la Función de Producción de Salud¹

RESUMEN

Este trabajo pretende determinar el impacto de los botaderos de basura a cielo abierto sobre los hogares en el municipio de Soledad aplicando la metodología Función de Producción de Salud. El análisis empírico se realiza con información de corte transversal recogida en viviendas seleccionadas aleatoriamente en todos los estratos del municipio. Se toma como medida de proximidad a la contaminación la distancia de las viviendas a los botaderos de basura. Se diseñó un modelo de ecuaciones simultáneas que permite explicar el efecto de la contaminación que generan los botaderos a cielo abierto, específicamente sobre la enfermedad diarreica aguda. Los resultados de las estimaciones por el método de mínimos cuadrados en tres etapas y mínimos cuadrados ordinarios muestran que existe un impacto negativo de la cercanía a los botaderos a cielo abierto sobre la percepción que tienen los hogares en sobre la enfermedad diarreica aguda y además que la distancia a estos focos de contaminación afecta las decisiones de las familias por realizar actividades para prevenir la enfermedad diarreica aguda.

Palabras claves: Función de Producción de Salud, Botaderos a Cielo Abierto Ecuaciones Simultáneas, Enfermedad Diarreica Aguda.

¹ Trabajo de grado para optar al título de Magíster en Economía del Medio Ambiente y de los Recursos Naturales.

1. INTRODUCCIÓN

Entre los principales servicios que presta el medio ambiente sano está el mantenimiento de la vida y de la salud humana (Freeman, 2003). Sin embargo, son muchos los factores que afectan y contaminan a diario el medio ambiente, poniendo en riesgo la salud de las personas. Una fuente significativa de contaminación ambiental en Colombia son los residuos sólidos, ya que en muchos municipios su recolección, transporte y tratamiento se hace de una manera inadecuada sin cumplir con las exigencias y recomendaciones de las autoridades ambientales².

Una buena referencia de lo anotado anteriormente son los datos de la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, según los cuales en el 2002 el 55% de las viviendas rurales y el 45% de las viviendas ubicadas en las cabeceras municipales no contaban con el servicio de recolección de basura; lo cual genera la disposición de residuos en sitios baldíos o en fuentes de agua con la consecuente contaminación del suelo y las fuentes hídricas, así como la propagación de enfermedades y el deterioro paisajístico. Consecuentemente con lo anterior, las cifras de la Asociación Nacional de Empresas de Servicios Públicos Domiciliarios y Actividades Complementarias e Inherentes (ANDESCO) para el 2004 muestran que la disposición final de los residuos sólidos en el 52.22% de los municipios del país se realiza en los llamados botaderos de basura a cielo abierto³ los cuales generan graves problemas para el medio ambiente (agua, suelo aire) y ponen en riesgo la salud de las personas, a través de los vectores que allí se generan.

El municipio de Soledad en el departamento del Atlántico no es ajeno a esta problemática ya que desde hace varios años se vienen generando externalidades⁴ a la población. En el año 2005

² Auditoría Especial al Manejo de Residuos realizada en marzo de 2005 por la Contraloría Delegada del Medio Ambiente; como dependencia adscrita a la Contraloría General de la República.

³ Los botaderos de basura a cielo abierto son lugares donde se disponen los residuos sólidos, en los cuales no existe planeamiento que anteceda a la utilización de dicho lugar para arrojar las basuras, no existen obras de control, el equipamiento utilizado es deficiente o nulo, existe peligro de contaminación del manto freático por lixiviados, hay una gran proliferación de fauna nociva, como ratas, insectos, aves carroñeras, etc. y peligro de incendio permanente (Frers, 2002).

⁴ Para el caso de los botaderos de basura en Soledad es evidente la presencia de una externalidad desde la perspectiva de Baumaol y Oates debido a que se cumplen las dos condiciones citadas por estos autores.

la empresa concesionaria incurrió en gastos por \$74.4 millones en la erradicación de los botaderos. Dentro de este contexto, el objetivo del presente trabajo es establecer si la distancia de las viviendas a los botaderos de basura está influyendo en la morbilidad por enfermedad diarreica aguda en el municipio de Soledad y en caso de ser así, determinar el impacto de los botaderos de basura a cielo abierto, sobre las decisiones de consumo de los hogares por actividades preventivas y de mitigación de la enfermedad; así como también, presentar algunas medidas que permitan darle solución a los problemas que generan los botaderos a cielo abierto.

De acuerdo con lo anterior, resulta necesario resaltar que los residuos sólidos abandonados en los botaderos a cielo abierto deterioran la calidad del aire que respiramos, tanto en el sitio como en los alrededores, a causa de las quemas y los humos, que reducen la visibilidad, y del polvo que levanta el viento en los periodos secos, ya que puede transportar a otros lugares microorganismos nocivos que producen infecciones respiratorias e irritaciones nasales y de los ojos, además de las molestias que generan los malos olores. Según el Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud de la Organización Panamericana de la Salud, los principales contaminantes por la quema a cielo abierto de basura municipal son: partículas suspendidas, dióxido de azufre, óxido de nitrógeno, hidrocarburos y monóxido de carbono.

Así mismo, existen otros riesgos que son ocasionados por el contacto directo con la basura, por la costumbre de la población de mezclar los residuos con materiales peligrosos tales como: vidrios rotos, metales, jeringas, hojas de afeitar, excrementos de origen humano o animal, e incluso con residuos infecciosos de establecimientos hospitalarios y sustancias de la industria, los cuales pueden causar lesiones a los operarios de recolección de basura. Los riesgos más importantes que se pueden catalogar como indirectos se refieren a la proliferación de animales portadores de microorganismos que transmiten enfermedades a toda la población, conocidos como vectores. Estos vectores son, entre otros, moscas, mosquitos, ratas y cucarachas, que, además de alimento, encuentran en los residuos sólidos un ambiente favorable para su reproducción, lo que se convierte en un caldo de cultivo para la transmisión de enfermedades,

desde simples diarreas hasta cuadros severos de tifoidea u otras dolencias de mayor gravedad (Jaramillo, 2003).

Por otra parte, vale la pena aclarar que son varios los trabajos que en Colombia se han realizado relacionando el estado de salud de la población y la contaminación del aire, suelo y agua proveniente del sector industrial y del parque automotor (Llorente, 1996; Ortiz, 1996, Rodríguez, 1999, Urdaneta, 1999, Caycedo, 2000 y Lozano 2004), sin embargo, son pocos los trabajos que intenten valorar económicamente los efectos de la contaminación que generan los botaderos de basura a cielo abierto sobre la salud de las personas. Los trabajos que se han desarrollado hasta el momento con residuos sólidos municipales tienen que ver específicamente con su manejo eficiente, aprovechamiento de los mismos y optimización de la recolección y los sitios de disposición final, (Dimas 1998, Perilla, 1999, Lievano, 1999 y Corredor, 2001).

Teniendo en cuenta los objetivos del trabajo, se aplicará la metodología Función de Producción de Salud (FPS), incorporando la distancia lineal de las viviendas al foco de contaminación como una proxy de la exposición a la contaminación que generan los botaderos a cielo abierto.

Los trabajos de valoración el momento han tratado de relacionar un determinado nivel de contaminación ambiental con una enfermedad, aplicando para ellos los modelos de estimación de mínimos cuadrados ordinarios, logit, poisson y binomial negativo entre otros. En este trabajo se aplicará la metodología de valoración Función de Producción de Salud para la enfermedades diarreica aguda, utilizando como herramienta de estimación modelos de ecuaciones simultaneas y servirá como punto de partida para las autoridades ambientales del departamento del Atlántico para tener en cuenta el impacto que los botaderos a cielo abierto están generando a los hogares del municipio de Soledad y de esta forma incorporarlo en la toma de decisiones sobre cuánto debe ser el valor de la multa que conllevan estas actividades dañinas para el medio ambiente.

El trabajo está estructurado en seis secciones de las cuales esta introducción es la primera. En la segunda sección se muestra de manera general el estado de los residuos sólidos en Soledad. En la tercera sección se presenta una revisión de la literatura sobre el tratamiento que se le ha dado al tema de los residuos sólidos en diferentes ciencias como la medicina, economía y la ingeniería. Luego se presenta el modelo teórico en el cual se basa el trabajo, siguiendo en la quinta sección con el modelo empírico construido para establecer la relación que pueda existir entre la cercanía a los botaderos y la morbilidad por EDA. En la sexta sección se muestran las estimaciones y se analizan los resultados. Finalmente se dan a conocer las conclusiones.

2. ESTADO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS EN SOLEDAD

Tradicionalmente el servicio de recolección, transporte y disposición de los residuos sólidos en Soledad lo han venido prestando los carromuleros⁵ de una manera poco técnica y sin cumplir con las exigencias de las autoridades ambientales del Departamento, ya que los residuos sólidos que recogen de las viviendas son arrojados en lotes enmontados por evitarse el largo recorrido hasta el relleno sanitario. A partir del 15 de diciembre de 2000, se entregó en concesión la prestación del servicio de aseo a una empresa privada para que ésta se encargara del barrido y limpieza de vías y áreas públicas, recolección, transporte, aprovechamiento, tratamiento y disposición de residuos sólidos.

De acuerdo con lo anterior y dado que la Constitución Política de Colombia y la ley 142 de 1994 establecieron la libre competencia en la prestación de los servicios públicos domiciliarios en Colombia, los carromuleros en Soledad se organizaron en una cooperativa y siguieron prestando el servicio de recolección y transporte de residuos sólidos, compitiendo con la empresa concesionaria de esa época. Este nuevo esquema le ha restado eficiencia al proceso de recolección de residuos, debido a que en el municipio es común ver que en una misma calle coincidan como prestadores del servicio de aseo la empresa concesionaria y más de un carromulero.

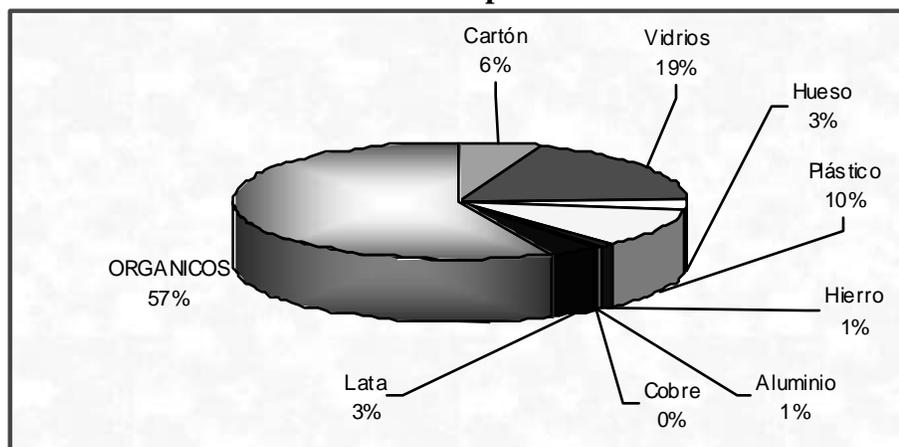
⁵ Carromuleros son las personas que en un vehículo de tracción animal recogen los residuos sólidos que se producen en las viviendas.

La frecuencia de recolección de residuos del concesionario es de tres veces por semana, mientras que la frecuencia de los recolectores con vehículos de tracción animal es de seis veces por semana, debido a que estos últimos tienen menores costos de operación y en su mayoría, disponen los residuos en botaderos a cielo abierto. Como resultado de este nuevo esquema la cobertura del servicio por parte de la empresa concesionaria es aproximadamente del 40% y el 60% restante es cubierto por 172 carromuleros, con 257 vehículos de tracción animal.

2.1. Producción de los Residuos Sólidos

En el municipio de Soledad se generan aproximadamente 240 ton/día de residuos, tanto aprovechables como no aprovechables, con una producción per cápita de 0.53 kg/hab-día, inferior al 0.70 Kg/hab/día que presentan en promedio las grandes ciudades del país (CRA, 2005). Según el PEGIR de Soledad, se pueden identificar claramente las siguientes fuentes generadoras de residuos sólidos en el municipio: domiciliarias, institucionales (colegios, oficinas, alcaldía), comerciales (almacenes, entidades bancarias, restaurantes, tiendas), industriales (104 empresas industriales localizadas en el municipio) y hospitalarias (clínicas, hospitales y consultorios). En el gráfico 1 se pueden ver la composición de los residuos generados en Soledad.

Gráfico 1. Porcentaje de residuos orgánicos e inorgánicos generados por los habitantes del municipio de Soledad



Fuente: PEGIR 2004

En el municipio de Soledad no se realiza separación primaria de los residuos, lo cual significa que los residuos aprovechables son mezclados con los no aprovechables durante el almacenamiento en la fuente, en la recolección y durante el transporte de los mismos. Esto hace que los recicladores no puedan aprovechar todo el material reciclable disponible en los botaderos de basura y en las estaciones de transferencia con que cuenta el municipio. En la Tabla 1 se pueden ver los tipos de residuos que se producen en Soledad por estrato socioeconómico.

Tabla 1. Caracterización de los residuos sólidos domiciliarios en Soledad

Estrato	Tipo de residuos	PPC*
1	Desperdicios de alimentos, lata, desechos de poda, papel, papel higiénico, arena.	0.51
2	Desperdicios de alimentos, papel y cartón, hojas de árboles, plástico, bolsas de leche, papel, arena.	0.53
3	Desperdicios de alimentos, plástico, papel higiénico, lata, poda de árboles y desperdicios de jardinería, papel y cartón.	0.57

Fuente: PEGIR 2004. * Producción per cápita.

A pesar de que se han desarrollado en el municipio muchos proyectos de educación ambiental, estos han sido poco efectivos ante la actitud de la comunidad en torno al manejo inadecuado de los residuos, no separación primaria, desinterés por informarse a donde son llevados los residuos recolectados por el prestador del servicio, mantener su predio y alrededores con residuos y permitir que otras personas dispongan los residuos en calles, canales, arroyos y demás áreas públicas.

2.2. Disposición Final de los Residuos

El municipio de Soledad cuenta con un relleno sanitario que venía siendo utilizado para la disposición de los residuos generados en la municipalidad. Sin embargo, a pesar de que las autoridades han venido imponiendo sanciones como multas y arrestos, persiste la cultura por parte de los carromuleros de disponer los residuos en áreas públicas, lotes privados y arroyos, entre otros, propiciando la degradación del medio ambiente, poniendo en riesgo la salud

pública y desmejorando la calidad de vida de la población. Esta conducta se ha venido presentando a pesar de que la alcaldía municipal llegó a un acuerdo con la empresa concesionaria para no cobrarles por la disposición final en el relleno sanitario. Como resultado de lo anterior y como lo muestra la Tabla 2, en Soledad el 56% de los carromuleros arrojan las basuras en basureros a cielo abierto.

Tabla 2. Residuos sólidos depositados por carromuleros en sitios indebidos

Sitios de disposición	Porcentaje
Basureros ilegales	56
Lotes baldíos	23
Vías y áreas públicas	15
Arroyos	6

Fuente: PEGIR 2004

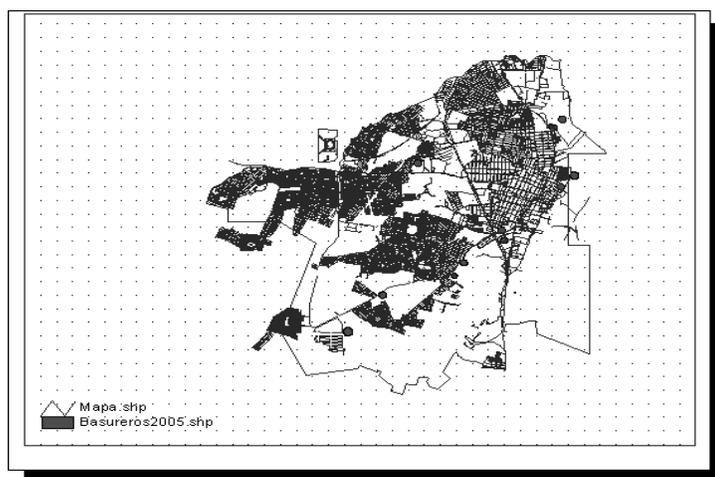
Los botaderos a cielo abierto son alimentados a diario por los recolectores con vehículos de tracción animal, que tienen el “respaldo” del 60% de la población usuaria del servicio, acudiendo a estos por cobrar un menor precio por el servicio y por presentar una mayor frecuencia en el servicio de recolección. Las grandes cantidades de basuras que han sido dispuestas, en un lote aledaño al Río Magdalena, a escasos 500 metros, así como al arroyo Platanal, han generando los consecuentes problemas de percolación de lixiviados contaminando las masas de aguas del Río (CRA, 2005).

2.3. Situación de los Botaderos a Cielo Abierto

La Secretaría de Medio Ambiente de Soledad ha venido verificando y localizando los distintos basureros a cielo abierto en el municipio y de acuerdo a criterio de los distintos mandatarios se han ejercido actividades de limpieza de los predios donde se establecen dichos basureros. En 1998 en el municipio existían 12 basureros a cielo abierto y a pesar de haber sido erradicados muchos de estos, hoy en día, según información de la CRA, existen alrededor de 15 botaderos.

Ante la falta de un cambio de conducta por parte de los carromuleros, se han adoptado medidas represivas (multas y arrestos) para frenar la disposición de residuos en sitios no autorizados. Los botaderos que se encuentran georeferenciados en el POT del municipio de Soledad y actualizados son base en información de los promotores ambientales con que cuenta el municipio se pueden observar en la Figura 1.

Figura 1. Botaderos a Cielo Abierto en Soledad-Atlántico



Fuente: Elaboración propia a partir del POT de Soledad de 2001.

La existencia de estos botaderos ha creado una situación adicional emergencia en el municipio por el riesgo para la seguridad en la aeronavegación, ante la nutrida presencia de aves de carroña cuyo hábitat son estos sitios de disposición final. De los botaderos georeferenciados en el mapa anterior el de mayor tamaño es La Concepción, sobre el cual el Tribunal Administrativo del Atlántico profirió en el año 2003 como medida cautelar el cierre inmediato. La responsabilidad de clausura y sellado de este botadero así como la recuperación ambiental del área, fue uno de los compromisos que asumió la Corporación Autónoma Regional del Atlántico. No obstante las medidas tomadas, estos botaderos todavía existen y aquellos que se han logrado erradicar han dado origen a nuevos botaderos en otros sectores del municipio.

3. REVISIÓN DE LA LITERATURA

El tema del tratamiento, recolección y disposición final de los residuos sólidos municipales ha sido objeto de mucho análisis y son varios los enfoques que se le han dado a los diferentes trabajos que han tratado esta problemática, llegando cada uno de estos enfoques a resultados distintos. Por un lado, están los epidemiólogos, que se han interesado en identificar las enfermedades y efectos en la salud que ocasiona la cercanía a los lugares donde se depositan los residuos sólidos municipales. Por otra parte se encuentran los economistas, en especial los ambientalistas, que tomando parte del trabajo de los epidemiólogos han estudiado la relación entre contaminación medioambiental (aire, suelo, agua) y el estado de salud de la población, medido a través de las metodologías de valoración de bienes no mercadeables. Los ingenieros también se han interesado en el tema específicamente buscando darle solución a los problemas de recolección y disposición final.

3.1. Residuos sólidos y Epidemiología

Los profesionales de la salud, especialmente los epidemiólogos, han realizado numerosos trabajos para identificar las relaciones estrechas que pueden existir entre la proximidad a los focos de contaminación generados por los botaderos de basuras y algunas enfermedades. Entre los efectos en la salud que se han investigado se incluyen malformaciones congénitas, nacimientos con bajo peso, cáncer, problemas respiratorios, irritación en la piel y los ojos, problemas gastrointestinales, dolores de cabeza y alergias; sin embargo, estos efectos en algunos casos son ambiguos (Rusthon, 2003).

Vianna y Polan (1984) y Goldman (1985) encontraron aumentos en la incidencia de nacimientos con bajo peso (menos de 2500 g) en la población que vive cerca del “*Love Canal*”, los primeros durante el periodo de alto vertimiento (1940-1953) y el segundo entre los propietarios de las casas, de 1965 a 1978. Así mismo, Berry, et al. (1997) lograron establecer un crecimiento en la proporción de recién nacidos con bajo peso en las personas que vivían en un radio de un kilómetro del vertimiento de *Lipari* en New Jersey en 1971-1975.

No obstante lo anterior, los resultados encontrados por Shaw, et al. (1992) y Sosniak, et al. (1994) permiten notar que la relación entre los nacimientos con bajo peso y la exposición a la contaminación es ambigua. En los casos estudiados por estos últimos autores en Estados Unidos, no se encontró asociación entre los nacidos con bajo peso y la contaminación generada por los desechos sólidos, usando la residencia como una medida de exposición a la contaminación.

El trabajo desarrollado por Franchini, et al. (2004) en el cual se hace una extensa revisión de estudios epidemiológicos sobre los efectos en la salud de la población que vive en la zona donde se encuentran localizados los botaderos de basura, permite evidenciar que la cercanía a estos sitios aumenta el riesgo en las personas de padecer cáncer de pulmón. Así mismo, Vrijheid (2000) encontró que la cercanía a los botaderos de basura aumentaba el riesgo de casos de nacimientos con malformaciones congénitas, aunque la falta de consistencia estadística en otros trabajos hacen difícil concluir si la relación es casual o no.

Una de las discusiones más fuertes que se ha presentado en torno al tema de residuos sólidos tiene que ver con la utilización de las máquinas incineradoras de residuos, como medio para eliminar la gran cantidad de residuos sólidos municipales. Johnston y Santillo (2001) presentan una crítica al trabajo de Farmer y Hjerp (2001) según el cual la contaminación que generan las incineradoras al medio ambiente es insignificante y muy baja en comparación con lo que sucedía hace diez años, sin embargo, estos últimos, no fundamentan sus afirmaciones en datos empíricos. En esta misma discusión Allsopp y Johnston (2001) sostienen que para el caso de los metales y otros contaminantes que son muy persistentes en el medio ambiente, el efecto potencial puede extenderse más allá del área cercana a las máquinas incineradoras, poniendo en alto riesgo la salud de las personas.

Por su parte Hu y Shy (2001), siendo conscientes del creciente uso de las máquinas incineradoras para el manejo de los residuos y del efecto negativo que esto puede tener para la salud de las personas que están expuestas a las emisiones que las máquinas generan, recomiendan realizar estudios en los que se compare la incidencia del cáncer, enfermedades

cardiovasculares y visitas hospitalarias de enfermedades respiratorias en áreas con y sin máquinas incineradoras y también para comunidades antes y después de la utilización de las máquinas incineradoras. Estos resultados podrían ser definitivos para finalizar la discusión sobre los efectos inciertos que generan las incineradoras.

Si bien en Colombia no se tiene conocimiento sobre el uso de las máquinas incineradoras, las cuales están dotadas de una serie de filtros y mecanismos para buscar las condiciones en que las emisiones perjudiciales para la salud sean mínimas, debería existir una preocupación aun mayor en el sentido de que algunos municipios del país (0.18%) utilizan la incineración como sistema de eliminación de los residuos sólidos y para ello no existe un sistema que minimice las emisiones.

3.2. Demanda por Salud

En la literatura sobre economía del medio ambiente se plantea que la contaminación tiene efectos adversos para la salud. En este sentido las personas suelen incurrir en gastos que puedan disminuir el impacto de la contaminación sobre su estatus de salud. Braden y Kolstad (1991) llaman a esto sustituibilidad entre el ingreso y la salud. Según estos autores las personas le asignan un valor a la salud a través de un “*trade off*” que implica la elección entre varias combinaciones de salud y otros bienes que consume.

El primero en desarrollar un modelo de demanda por salud fue Grossman (1972), según el cual, el stock de salud de las personas determina la cantidad de tiempo que un individuo puede gastar generando ingresos y bienes básicos; este stock de salud se deprecia con el tiempo, pero puede aumentarse invirtiendo en salud. A pesar de haber sido Grossman el pionero en este tipo de modelos fue Cropper (1981) la primera en incorporarle al modelo de demanda por salud la variable ambiental, encontrando cuánto una persona está dispuesta a pagar por un cambio en la calidad del aire, asumiendo que el capital de salud de las personas decrece a una tasa que depende de la calidad del aire. Posterior a este trabajo, Harrington y Portney (1987) examinaron la relación entre cambios en los costos de las enfermedades y cambios en los

gastos defensivos, con la disponibilidad a pagar por una reducción en los niveles de contaminación.

Dickie y Gerking (2002) revisaron algunos métodos ampliamente utilizados para la estimación del valor de reducir la morbilidad. Entre los métodos considerados por estos autores se mencionan el costo de las enfermedades, valoración contingente y comportamiento preventivo, en el cual la disponibilidad a pagar está relacionada con las acciones que realizan las personas para mitigar el impacto adverso de la salud producto de la contaminación. Esta metodología de gastos defensivos ya había sido utilizada por Gerking y Stanley (1986), para estimar la disponibilidad a pagar por una mejora en la calidad del aire, a partir de datos de sección cruzada sobre empleados adultos residentes en St Louis, Missouri. En este trabajo se tomó la variable visitas al médico como una proxi del consumo de cuidados médicos.

No obstante las bondades del método de comportamiento defensivo para valorar la salud, Burtraw y Krupnick (1999), presentan una crítica para el método por no separar los efectos de los productos utilizados para prevenir las enfermedades.

3.3. Estudios Empíricos.

Tanto a nivel internacional como a nivel nacional se han realizado trabajos para determinar los efectos de la contaminación ambiental sobre la salud de las personas. Murty y Gulaty (2003) utilizan el método de producción de salud en las áreas urbanas de Delhi y Kalkota, para medir los beneficios en términos de salud como producto de una disminución de la contaminación del aire. Usando un sistema de ecuaciones simultáneas encuentran la ganancia en bienestar para un hogar representativo en cada una de las dos ciudades.

Por otra parte, Dickie y Ulery (2001), valoran la salud al interior de los hogares. El trabajo investiga sobre las preferencias de los padres sobre su propio estatus de salud y el de sus hijos, a través de un método de elección de los hogares. Con datos provenientes de una encuesta estatal se encuentra un patrón de altruismo de los padres hacia los hijos, el cual se ve

representado en una disponibilidad a pagar por la salud de los niños, dos veces más grande que la disponibilidad a pagar por la salud de los padres.

Corman, Joyce y Grossman (1987) utilizaron el enfoque de producción de salud y un sistema de ecuaciones simultáneas para estimar el efecto directo e indirecto de cinco insumos básicos de salud sobre la mortalidad neonatal en razas específicas (blancos y negros) en los Estados Unidos. Los resultados mostraron que la tasa de mortalidad neonatal de los negros es más sensible al uso de cuidados médicos prenatal, cuidados perinatal y neonatal, uso de servicios de planificación familiar, consumo maternal de cigarrillos, que la tasa de mortalidad neonatal de los blancos.

De igual manera, Martínez (2003) utiliza un modelo de ecuaciones simultáneas para estudiar la demanda por combustible en Guatemala y el impacto en la salud de la contaminación que al interior de los hogares genera el consumo de leña para preparar los alimentos. En este trabajo se construye un modelo de decisión de hogares que permite observar cómo los hogares deciden de manera simultánea el combustible a utilizar, el estado de salud de los miembros del hogar y las medidas defensivas que pueden adoptar. Los resultados a los que se llegó muestran que evidentemente el consumo de leña tiene efectos nocivos sobre la salud y que la utilización de chimeneas para evacuar los gases puede prevenir que las personas contraigan IRA..

A nivel local, Arcilla (1998) determinó los efectos en la salud por contaminación hídrica en el municipio de Usme, usando para ello la función de producción de salud, el método de costos de tratamiento y la función dosis – respuesta. De la misma manera Caycedo, (2000) realizó un estudio de valoración económica usando la metodología Función Dosis – Respuesta con el fin de estimar los costos en que incurrían los habitantes de las zonas marginadas de la Dorada (Caldas) y Barranquilla por cambios en la calidad del agua para consumo humano; encontrando que resultaba más costoso tratar las enfermedades generadas por la mala calidad del agua como la enfermedad diarreica aguda, que eliminar sus causas, es decir, mejorar el servicio de agua potable.

Rodríguez (1999) también utilizó función de producción de salud para estimar la disponibilidad a pagar marginal que tienen los habitantes de Bogotá por una reducción en los niveles de contaminación del aire, bajo el supuesto que una disminución de la contaminación disminuye la morbilidad causada por enfermedades respiratorias agudas, relacionadas con la contaminación del aire. Una particularidad en el trabajo de Rodríguez fue la no utilización de las actividades preventivas dentro de la función de morbilidad por problemas en los resultados que arrojó el modelo econométrico en la estimación de dicha función.

En el caso específico de residuos sólidos en Colombia y con base en la revisión de literatura realizada hasta el momento, no se conocen trabajos que valoren económicamente el efecto de los botaderos de basura a cielo abierto sobre la salud de las personas. Entre los trabajos más cercanos se puede mencionar a Estrada (2003), quien aplicando la metodología de Gasto en Mitigación estudió la problemática de la contaminación ambiental que genera la disposición de los residuos sólidos municipales en Bogotá. Este trabajo solo se remitió a cuantificar el impacto de la contaminación que generan los lixiviados en el Relleno Sanitario Doña Juana en Bogotá, encontrando que el valor económico de dicha contaminación es de \$88.775.321.868. Como solución para el problema que genera la excesiva producción de los residuos sólidos se pensó en crear e implementar políticas que incentiven a los hogares a reducir la producción de basuras, de tal forma que haya una menor generación de lixiviados.

De acuerdo con lo anterior, se puede notar que ninguno de los trabajos realizados hasta el momento en Colombia ha valorado económicamente el impacto de la contaminación generada por botaderos de basura sobre la salud de las personas, por lo tanto se justifica realizar este trabajo en la medida que permite estimar el valor económico de los efectos que generan estos sitios sobre la salud de sus habitantes y permite encontrar una disponibilidad marginal a pagar por reducir la morbilidad que estos sitios generan.

3.4. Los Residuos Sólidos Vistos desde la Ingeniería

El tratamiento que le han dado los ingenieros a la problemática de los residuos sólidos tiene que ver mucho con la optimización de los sitios de disposición final y la generación de rutas para su recolección. Perilla (1999) reconociendo que el acelerado crecimiento de la población en áreas urbanas, asociado a crecimientos urbanísticos poco controlados, ha generado problemas ambientales que tienen que ver con la recolección y disposición de basuras, se interesó en la búsqueda de soluciones integrales para la generación de rutas de recolección de basura a través de algoritmos. De acuerdo con este análisis, se diseñó un algoritmo para la recolección de basuras utilizando modelos matemáticos integrado con sistemas de información geográfica (SIG), basado en los objetivos de minimización de distancias total de recolección, minimización del tiempo total de recolección y minimización de los costos totales. Este algoritmo incluyó restricciones para garantizar que todos los puntos de recolección sean recorridos, que la capacidad de los vehículos no sea sobrepasada, el tiempo disponible en la jornada y la continuidad del flujo.

Así mismo, Villafrade (2002) diseñó un modelo de recolección de basuras basado en sistemas de información geográfica sobre la plataforma Arcview. Utilizando las capacidades de la extensión de análisis de redes, el modelo permite establecer recorridos óptimos en tiempo o distancia aplicables a diferentes zonas urbanas.

En esta misma línea de trabajos, Corredor (2001), para el caso de Bogotá intentó encontrar alternativas de solución a los efectos negativos que generan el mal manejo y crecimiento de la producción de residuos sólidos. Reconociendo que son las instituciones (empresas, hospitales, centros de recreación, entre otros) un generador significativo de residuos sólidos, se propuso implementar el reciclaje como estrategia ecoeficiente en las instituciones, no solo por el incentivo económico que esta práctica representa al generar ahorros para las instituciones por la disminución de los volúmenes y el ingreso por ventas del material reutilizable; sino porque al mismo tiempo permite contribuir a la solución del problema de capacidad de los rellenos sanitarios para albergar estos desechos. Corredor diseñó una herramienta computacional que

facilita los cálculos para el desarrollo de la metodología en las instituciones y permite mostrarles los beneficios que trae la implementación de la estrategia de reciclaje.

4. MODELO TEÓRICO

El consenso dentro de los economistas parece ser que los beneficios o los costos evitados por mejoras en el medio ambiente deben ser medidos a través de la disponibilidad a pagar del individuo. Dentro de las metodologías para encontrar la disponibilidad a pagar por un bien no mercadeable, como la calidad ambiental, se encuentra la Función de Producción de Salud (FPS).

Como se mencionó, Grossman (1972) fue el primero en trabajar con este tipo de modelos. En síntesis la propuesta de Grossman se basa en que un aumento en el stock de salud reduce el tiempo que se pierde en la producción de bienes básicos e ingresos, y el valor monetario de esta reducción es un índice del retorno de la inversión en salud.

El modelo que se presenta en este trabajo se basa en el modelo de Función de Producción de Salud para múltiples síntomas desarrollado por Freeman (2003). De acuerdo con la metodología de FPS, los beneficios en la calidad ambiental son medidos observando los gastos en que incurren los hogares en bienes y/o servicios sustitutos o complementarios, con el propósito de evitar los daños que causa el medio ambiente deteriorado Hussen (2004). Dentro de los gastos que permiten reducir los impactos negativos de un ambiente contaminado se pueden señalar la compra de filtros para reducir el riesgo de tomar agua contaminada, frecuentes visitas al médico para reducir la posibilidad de contraer enfermedades por estar expuesto a un ambiente de baja calidad y hasta cambiar de vivienda para alejarse de los sitios de disposición..

La función de producción de salud cuenta con variables exógenas (la contaminación del medio ambiente) y elige variables para algún status de salud como el costo de las actividades preventivas y de tratamiento. Se supone que los individuos conocen su función de producción

de salud, eligen el nivel de producción óptima y escogen los insumos para minimizar el costo de producir algún nivel de salud, (Freeman, 2003).

La función de producción de salud se puede escribir como:

$$s_i = s_i(d, b_i)$$

$$d = d(c, a)$$

Por sustitución se tiene: $s_i = s_i(c, a, b_i)$

Según lo anterior, los días que una persona permanece enferma por un determinado síntoma (s_i) son explicados por la exposición a la contaminación (d) y las actividades de tratamiento médico y de mitigación (b_i). Por su parte, la exposición a la contaminación es función de los niveles de contaminación (c) y las actividades para prevenir y evitar su impacto (a).

De acuerdo con lo anteriores expresiones debe cumplirse $\partial s_i / \partial c > 0$, $\partial s_i / \partial b_i > 0$, $\partial s_i / \partial a < 0$, debido a que se espera que los días que una persona se mantiene enferma aumenten con la contaminación. En forma contraria, se espera que los días de enfermedad disminuyan cuando la persona realiza actividades de mitigación, como consultas médicas y medicamentos, y actividades preventivas, como compra de filtros, agua tratada, vidrios especiales, chimeneas, entre otras.

Por otra parte, se tiene que las personas derivan utilidad del consumo de un bien numerario, X , normalizado con un precio de uno, y del ocio, f , y derivan desutilidad de un mal como las enfermedades, de tal manera que: $u = u(X, f, s_i)$. Según esta función de utilidad del individuo debe cumplirse $\partial u / \partial X, \partial u / \partial f > 0$ y $\partial u / \partial s_i < 0$, ya que se espera que la utilidad aumente con el aumento del consumo del bien numerario y del ocio, mientras se espera que disminuya con un mayor número de días de enfermedad.

La restricción que enfrenta el individuo está dada por:

$$I + p_w(T - f - s_i) = X + p_a a + p_i b_i$$

Donde I es el ingreso no laboral, p_w el salario, T el tiempo total disponible, p_a el precio de las actividades preventivas y p_i el precio de las actividades de mitigación. Es decir, el ingreso laboral mas el ingreso no laboral debe ser igual a los gastos del individuo en el bien numerario y en actividades preventivas y de mitigación.

De acuerdo con este planteamiento el problema que enfrenta el individuo es maximizar la función de utilidad sujeta a la restricción presupuestal y a la restricción de tiempo:

$$\text{Max } u = u(X, f, s_i) \quad \text{sueto a } I + p_w(T - f - s) = X + p_a a + p_i b_i$$

El lagrangeano queda de la siguiente forma, donde las variables de decisión son X, f, a, b .

$$L = u(X, f, s_i) + \lambda(I + p_w(T - f - s) - X - p_a a - p_i b_i)$$

Las condiciones de primer orden del problema se muestran a continuación

$$\frac{\partial u}{\partial X} = \lambda \quad (1)$$

$$\frac{\partial u}{\partial f} = \lambda \cdot p_w \quad (2)$$

$$\lambda \frac{p_i}{\partial s_i / \partial b_i} = \frac{\partial u}{\partial s_i} - \lambda \cdot p_w = \lambda \cdot \frac{p_a}{\partial s_i / \partial a} \quad (3)$$

De la primera condición de primer orden se puede decir que λ es el multiplicador lagrangeano y se puede interpretar como la utilidad marginal del ingreso o el valor que le asigna el individuo a un cambio en una unidad en el ingreso. De la segunda condición se puede ver que la utilidad que le representa al individuo una hora de tiempo libre es igual al costo de esa hora no trabajada, o lo que es lo mismo, es la tasa salarial. Descomponiendo la tercera condición se

obtiene que el beneficio marginal de los gastos en actividades preventivas y de tratamiento es igual al costo marginal de adquirir las actividades preventivas y de tratamiento.

Formalmente, la disponibilidad a pagar marginal por una reducción en la contaminación (w_c) esta dada por la reducción en el tiempo de enfermedad asociado al costo marginal de reducir el tiempo de duración de la enfermedad cuantas veces exista reducción en la contaminación. Este valor puede estar dado también por el costo adicional de un insumo utilizado en el tratamiento dividido por la reducción en el tiempo de duración de la enfermedad que resulta de la utilización de dicho insumo, o alternativamente, a través del costo en actividades evasivas dividido por la reducción en el tiempo de duración de la enfermedad provocado por las actividades de mitigación (Freeman, 2003).

Lo expresado anteriormente puede obtenerse diferenciando totalmente la función de utilidad indirecta $v(I, p_w, p_a, p_i, c)$ y resolver para (w_c) definida como dI/dc , para obtener:

$$\frac{dI}{dc} = -\frac{(\partial v / \partial c)}{\partial v / \partial I} = -\frac{(\partial v / \partial c)}{\lambda} \quad (4)$$

$$\frac{\partial v}{\partial c} = \left(\frac{\partial u}{\partial s_i} \cdot \frac{\partial s_i}{\partial c} \right) - \left(\lambda \cdot p_w \cdot \frac{\partial s_i}{\partial c} \right) = \left[\frac{\partial u}{\partial s_i} - (\lambda \cdot p_w) \right] \frac{\partial s_i}{\partial c} \quad (5)$$

La anterior expresión, el efecto de la contaminación sobre la utilidad, tiene dos componentes: la perdida directa de utilidad debido a la enfermedad y el costo de oportunidad del tiempo que permanece enferma la persona, valorado a la tasa del salario. Ahora, sustituyendo (3) por el término entre corchetes de (5) se puede llegar a:

$$\frac{\partial v}{\partial c} = \left(\lambda \cdot \frac{p_i}{(\partial s_i / \partial b_i)} \right) \cdot \frac{\partial s_i}{\partial c} \quad (6)$$

Finalmente sustituyendo (6) en (4) se obtiene una expresión para la disponibilidad a pagar por una reducción en la contaminación.

$$w_c = \sum p_i \frac{(\partial s_i / \partial c)}{(\partial s_i / \partial b_i)} = \sum p_i \cdot \frac{\partial b_i}{\partial c} \quad (7)$$

$$w_c = p_a \frac{(\partial s_i / \partial c)}{(\partial s_i / \partial a)} = p_a \cdot \frac{\partial a}{\partial c} \quad (8)$$

Para la estimación de estas últimas dos expresiones es necesario estimar una función de producción de salud y evaluar el numerador y denominador de la ecuación en los niveles actuales de todos los insumos; lo cual no es una tarea fácil. Debido a la dificultad de implementar estas medidas, es útil considerar una expresión alternativa que represente la relación entre el costo observable de la enfermedad y la disponibilidad a pagar marginal. El primer paso en la derivación de esta expresión es obtener las funciones de demandas por las actividades preventivas $a^*(I, p_w, p_a, p_i, c)$ y la función de demanda para las actividades de tratamiento médico $b_i^*(I, p_w, p_a, p_i, c)$, que como puede verse están en función de los precios de estas actividades, del ingreso y de la contaminación. El segundo paso es sacar la derivada total de la función de producción de salud:

$$\frac{ds_i}{dc} = \frac{\partial s_i}{\partial a} \frac{\partial a^*}{\partial c} + \frac{\partial s_i}{\partial b_i} \frac{\partial b_i^*}{\partial c} + \frac{\partial s_i}{\partial c} \quad (9)$$

La anterior expresión mide el impacto de un cambio en la contaminación sobre el nivel de enfermedad, tomando en cuenta el ajuste óptimo de a y b_i , por el cambio en la contaminación. Reorganizando se puede llegar a (10) que muestra el cambio en los días en que una persona puede durar enferma, cuando cambian los niveles de contaminación:

$$\frac{\partial s_i}{\partial c} = \frac{ds_i}{dc} - \frac{\partial s_i}{\partial a} \frac{\partial a^*}{\partial c} - \frac{\partial s_i}{\partial b_i} \frac{\partial b_i^*}{\partial c} \quad (10)$$

Multiplicando los términos de la anterior expresión por las condiciones de primer orden de (3) se tiene:

$$-\frac{P_a}{\partial s_i / \partial a} = P_w - \frac{\partial u / \partial s_i}{\lambda} \quad (11)$$

para obtener luego (12) como:

$$-P_a \frac{\partial s_i / \partial c}{\partial s_i / \partial a} = \left(P_w - \frac{\partial u / \partial s_i}{\lambda} \right) \frac{ds_i}{dc} - \left(P_w - \frac{\partial u / \partial s_i}{\lambda} \right) \frac{\partial s_i}{\partial a} \frac{\partial a^*}{\partial c} - \left(P_w - \frac{\partial u / \partial s_i}{\lambda} \right) \frac{\partial s_i}{\partial b_i} \frac{\partial b_i^*}{\partial c}$$

Reordenando términos se puede llegar a la expresión de la disponibilidad marginal a pagar, como la suma de las reducciones observables en los costos de la enfermedad y las actividades preventivas y el equivalente valor monetario de la desutilidad de la enfermedad que genera la contaminación Freeman (2003).

$$w_c = P_w \cdot \frac{ds_i}{dc} + P_i \cdot \frac{\partial b_i^*}{\partial c} + P_a \cdot \frac{\partial a^*}{\partial c} - \frac{\partial u / \partial s_i}{\lambda} \cdot \frac{ds_i}{dc} \quad (13)$$

5. MODELO EMPÍRICO

La metodología Función de Producción de Salud relaciona variables exógenas con variables de elección y a través de estas se podrá estimar el efecto de los botaderos de basura a cielo abierto sobre la percepción del estado de salud que tienen los hogares del municipio de Soledad. La mayoría de trabajos que han aplicado la metodología Función de Producción de Salud han utilizado para sus estimaciones modelos como mínimos cuadrados ordinarios, logit, probit, binomial negativo, entre otros. En este trabajo se utiliza un modelo en el que las familias deciden simultáneamente su estado de salud y las actividades para prevenir y mitigar los efectos de la enfermedad diarreica agua; para tal efecto, se trabaja con un modelo de ecuaciones simultáneas a través del cual se encuentran las funciones de demanda por actividades preventivas y de tratamiento para la enfermedad diarreica aguda. Dado que el estado de salud de las personas también es afectado por variables socioeconómicas, de entorno

y de higiene, fue necesario recoger información de corte transversal a través de una encuesta realizada en el mes de abril del presente año.

5.1. Información Utilizada.

Para el desarrollo del trabajo se necesitaron dos tipos de información: información espacial e información socioeconómica de las personas que viven en el municipio de Soledad y pudieran verse afectados o no por los focos de contaminación que generan los botaderos de basura a cielo abierto.

5.1.1. Información espacial.

La medida de contaminación que se utilizó en este trabajo tiene que ver con la cercanía de las personas a los puntos de contaminación que tiene en estos momentos el municipio. Se tomó como fuente de información el Plan de Ordenamiento Territorial en el cual se encuentran georeferenciados los sitios de mayor riesgo ambiental por contaminación industrial, aguas residuales, arroyos, botaderos a cielo abierto y redes eléctricas entre otros.

Con base en esta información y con la ayuda del programa ArcView 3.1. se pudo encontrar la distancia de cada vivienda hasta los distintos puntos de contaminación y de esta manera tomar la variable distancia como una medida de la cercanía a la contaminación ambiental. Esta manera de medir la proximidad a las fuentes de contaminación ha sido ampliamente utilizada en trabajos epidemiológicos. Franchini (2004) utiliza la cercanía de las viviendas a los sitios de disposición de residuos para determinar el efecto en la salud de las emisiones que genera la quema de residuos sólidos.

5.1.2. Información Socioeconómica.

Con el apoyo de la Corporación Autónoma Regional del Atlántico y del grupo de Promotores Ambientales de Soledad se logró realizar una encuesta que permitió recoger información sobre

algunas variables que pueden influir en el estado de salud de las personas. Se preguntó básicamente sobre niveles de educación, ingreso, edad, sexo, estrato, entre otros aspectos. Así mismo, se recogió información sobre los hábitos de higiene de las familias y las características físicas de las viviendas, que pudieran estar incidiendo en los niveles de morbilidad por Enfermedad Diarreica Aguda. En este último aspecto se preguntó sobre fuentes de abastecimiento de agua, disponibilidad del servicio de alcantarillado y la forma de eliminación de las basuras, entre otros factores.

De igual manera, la encuesta desarrollada permitió recoger información sobre las actividades que realizan los hogares para prevenir y tratar la EDA y los gastos de cada una de estas actividades. El formato completo de la encuesta se puede ver en el Anexo No. 1.

5.2. Selección y Tamaño de la Muestra.

Se seleccionó una muestra de manera aleatoria tomando como criterio la distancia al foco de contaminación. Para tal efecto, se utilizó como herramienta las aplicaciones del ArcView, de tal forma que fue el mismo software el que escogió las viviendas dentro del área urbana de Soledad, alrededor de 130 anillos, separados cada uno a 50 metros.

Para escoger el tamaño de la muestra, dado que se conoce el tamaño de la población y se desconoce su varianza, se utilizó la siguiente formula:

$$n = \frac{\frac{t^2 \cdot p \cdot q}{\varepsilon^2}}{1 + \left(\frac{t^2 \cdot p \cdot q}{N^2 \cdot \varepsilon^2} \right)}$$

Donde:

t = es el valor en tabla del estadístico t al 95% de confianza. (valor estándar de 1.96).

ε = es el margen de error permitido por el investigador. En este caso será del 5%.

N = es el tamaño de la población objeto de estudio. Para soledad se tienen 102.000 viviendas.

p = es la proporción esperada. Dado que no se espera ninguna proporción específica, tanto p como q toman un valor de 0.50.

Dados los valores para cada uno de los componentes de la fórmula escogida, se obtiene un tamaño para la muestra de 384 viviendas. En el proceso de crítica y digitación de la información se rechazaron algunas encuestas, quedando en total una muestra de 319 viviendas.

5.3. Modelo Econométrico

En la literatura sobre epidemiología se encuentra ampliamente sustentado que entre los factores de riesgo para contraer enfermedades diarreicas agudas se encuentran los vectores originados en los sitios de disposición de residuos, como moscas, cucarachas, entre otros. En vista de lo anterior las familias que se encuentran expuestas a este tipo de riesgos deciden de manera simultánea realizar gastos preventivos y de mitigación que redunden en un nivel determinado de salud. De acuerdo con lo anteriormente anotado, se estima un modelo de ecuaciones simultáneas que relaciona, al mismo tiempo, la morbilidad y la demanda de actividades preventivas y de tratamiento, con la exposición a la contaminación que generan los botaderos.

El estado de salud de los hogares se midió a través de la percepción que tienen las familias sobre la ocurrencia de la enfermedad diarreica aguda (*permorbi*) dentro de sus hogares, a partir de los signos y síntomas propios de esta enfermedad. Esta percepción fue manifestada por las familias a través del número de enfermos que ellos consideran, padecieron la enfermedad diarreica en los últimos doce meses. Según el modelo a especificar, la morbilidad por diarrea está en función, de la exposición al botadero de basura más cercano (*disbas*), del número de actividades que realizan los hogares para prevenir las diarreas (*naprpeheda*), que se toma como la cantidad de litros de agua purificada en bolsa que consume la familia, de la

cantidad de insecticidas (*cantin sec*) que compran para evitar la presencia de moscas, mosquitos y cucarachas, del tiempo que dura almacenada el agua antes de consumirla (*almagld*) y de los hábitos de higiene.

$$permorbi = \alpha_{10} + \beta_{11} disbas + \beta_{21} naprpeheda + \beta_{31} cantin sec + \beta_{41} lamaasi + \beta_{51} almagld + e_1$$

Para estimar las funciones de demanda para las actividades preventivas y de tratamiento se tomó una relación lineal entre las variables, al igual que Cropper, Haile, Lampietti y Poulos (2004) y Vargas y Rosales (2006). Para prevenir la enfermedad diarreica se pueden realizar actividades como la compra de agua tratada, ya sea agua purificada en bolsa, agua embotellada, compra de filtros purificadores de agua o hervir el agua. Se tomó como medida de las actividades preventivas la cantidad de litros de agua purificada consumidos, por persona en el hogar, la cual en el modelo propuesto depende de la cercanía a los botaderos a cielo abierto (*disbas*), del costo de las actividades preventivas (*cos preveda*), del costo de las actividades de tratamiento (*cos actr*), de los ingresos por persona del hogar (*iphd*) y del número de niños menores de cinco años que hacen parte del hogar..

$$naprpeheda = \alpha_{20} + \beta_{12} disbas + \beta_{22} cos preveda + \beta_{32} cos actr + \beta_{42} iphd + \beta_{52} niohog + e_4$$

Una vez las personas padecen alguna enfermedad el tratamiento comienza con una consulta médica, por lo tanto se tomó esta actividad como forma de tratar las diarreas. De acuerdo con esto, las actividades de tratamiento dependen de la distancia al foco de contaminación más cercano, en este caso, los botaderos a cielo abierto (*disbas*), del costo de las actividades de tratamiento (*cos actr*), es decir, de las consultas médicas, de los medicamentos, así como de otros gastos que ello conlleva y del costo de las actividades preventivas (*cos actp*). Al mismo tiempo las actividades de tratamiento que decide realizar la familia, dependen de variables socioeconómicas como el estrato socioeconómico (*estr1*), (*estr2*) y la educación del jefe del hogar (*edujehog*).

$$natrpeh = \alpha_{30} + \beta_{13} disbas + \beta_{23} cosactr + \beta_{33} cosactp + \beta_{43} est1 + \beta_{53} est2 + \beta_{63} edujuhog + e_6$$

Otra decisión que puede tomar la familia para prevenir las enfermedades diarreicas es la compra de insecticidas que prevengan la presencia de moscas, cucarachas y otros vectores generadores de enfermedad diarreica. En el modelo especificado, la cantidad de insecticidas (*cantinsect*) que decide comprar el hogar va a depender de la distancia al foco de contaminación (*disbas*), de la percepción sobre la enfermedad que haya en el hogar (*permorbi*), del precio de los insecticidas (*costinsect*), del número de niños menores de cinco años que hacen parte del hogar (*niohog*) y del nivel de estudios más alto alcanzado por el jefe del hogar (*edujehog*).

$$cantinsect = \alpha_{40} + \beta_{14} disbas + \beta_{24} permorbi + \beta_{34} costinsect + \beta_{44} niohog + \beta_{54} edujuhog + e_4$$

Las últimas cuatro ecuaciones presentadas conforman el sistema de ecuaciones que permitirá determinar el impacto de la cercanía a los botaderos de basura a cielo abierto, sobre la percepción del estado de salud que tienen los hogares

En la siguiente tabla se presentan las variables que hacen parte de las ecuaciones, indicando que tipo de variables son (continua, de conteo o dummy) y su respectiva definición.

Tabla 3. Definición de las variables

Variable	Tipo	Definición
permorbi	Continua	Tasa de morbilidad por EDA en la vivienda encuestada, según la percepción del jefe del hogar.
naprpeheda	Continua	Número de actividades realizadas para prevenir la EDA, por persona en el hogar. (# de litros de agua purificada consumidos por personas en el hogar).
natrpeh	Continua	Número de actividades realizadas para tratar la EDA, por personas en el hogar. (# de visitas al médico por personas en el hogar).

cant insect	Continua	Número de insecticidas que compran en el hogar para prevenir la EDA
cosactp	Continua	Costo de las actividades realizadas para prevenir la EDA, en este caso es el costo de los litros de agua purificada.
cosactr	Continua	Costo por actividad de tratamiento Para la EDA, es decir, el costo de la consulta médica.
cant insect	Continua	Costo de cada insecticida que compra la familia, para prevenir los vectores trasmisores de la EDA.
edujehog	Catógica	Máximo nivel educativo alcanzado por el jefe del hogar
disbas	Continua	Distancia en Km. de la vivienda al botadero a cielo abierto más cercano.
cost insect	Continua	Costo de los insecticidas comprados para prevenir los vectores
iphd	Continua	Ingreso anual por persona en el hogar.
niohog	Conteo	Número de niños menores de 5 años que residen en la vivienda.
lamaasi	Dummy	1 si siempre se lavan las manos antes de comer los alimentos.
almagld	Dummy	1 si almacenan el agua máximo un día antes de consumirla

Fuente: Elaboración propia

Como se puede ver en la primera ecuación del sistema, la variable (*cant insect*) aparece explicando el comportamiento de la percepción de la morbilidad (*permorbi*), mientras que en la cuarta ecuación la variable (*permorbi*) explica el comportamiento de la cantidad de insecticidas comprados en el hogar (*cant insect*), dando lugar a una relación simultánea. Se utilizaron las variables número de actividades preventivas y de tratamiento, por persona en el hogar, para la diarrea, en vez del número total de actividades preventivas y de tratamiento ya que permite corregir posibles sobre impactos que generarían los hogares con mayor tamaño. El costo de las actividades realizadas para prevenir la EDA incluyen los gastos en agua purificada en bolsa. El costo de las actividades de tratamiento por EDA incluye los gastos en consultas médicas, los gastos en transporte que estas consultas conllevan, los gastos en medicamentos, exámenes médicos y los gastos de hospitalización, cuando se presentan.

A falta de indicadores sobre la concentración de partículas y de sustancias contaminantes en los sectores aledaños a los botaderos de basura a cielo abierto y en general de la calidad del medio ambiente en Soledad, se toma como medida de riesgo a la contaminación la distancia al botadero de basura más cercano, ya que son muy frecuentes en el municipio y son generadores de focos de contaminación. Como medida del ingreso se utilizó el ingreso por personas en el hogar. Se utilizan otras variables que pueden afectar la morbilidad por EDA, como el tiempo de almacenamiento del agua antes de su consumo y los hábitos de higiene, para la segunda enfermedad.

6. ESTIMACIÓN DEL MODELO Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

Teniendo en cuenta que se tiene un modelo de ecuaciones simultáneas, las estimaciones de los coeficientes no deben hacerse por medio de mínimos cuadrados ordinarios ya que se estarían encontrando estimadores sesgados e inconsistentes (Greene, 2003). Para este trabajo se comprobó a través de las condiciones de orden y de rango que las cuatro ecuaciones están sobreidentificadas, en cuyo caso lo más recomendable es utilizar mínimos cuadrados en dos etapas (MC2E) o mínimos cuadrados en tres etapas (MCE3); con la ventaja de que este último método además de corregir la relación de las variables endógenas y el error de cada ecuación, también corrige la correlación contemporánea entre ecuaciones (Judge, 1988).

A partir de la muestra de 319 observaciones que abarcan todos los estratos socioeconómicos del municipio y múltiples distancias de las viviendas al foco de contaminación, se corrieron dos regresiones que permitirán capturar el impacto de la distancia a la contaminación, sobre la percepción de morbilidad por EDA, utilizando como método de estimación mínimos cuadrados en tres etapas.

6.1. Estadísticas Descriptivas

Las estadísticas descriptivas de la encuesta realizada reflejan las proporciones de la morbilidad del municipio de Soledad. La percepción de morbilidad por EDA, dentro de los hogares, se encuentra en promedio en 8.13%, los días enfermos promedio por personas en el hogar son de 0.24 días para la enfermedad diarreica aguda.

Tabla 4. Estadísticas Descriptivas

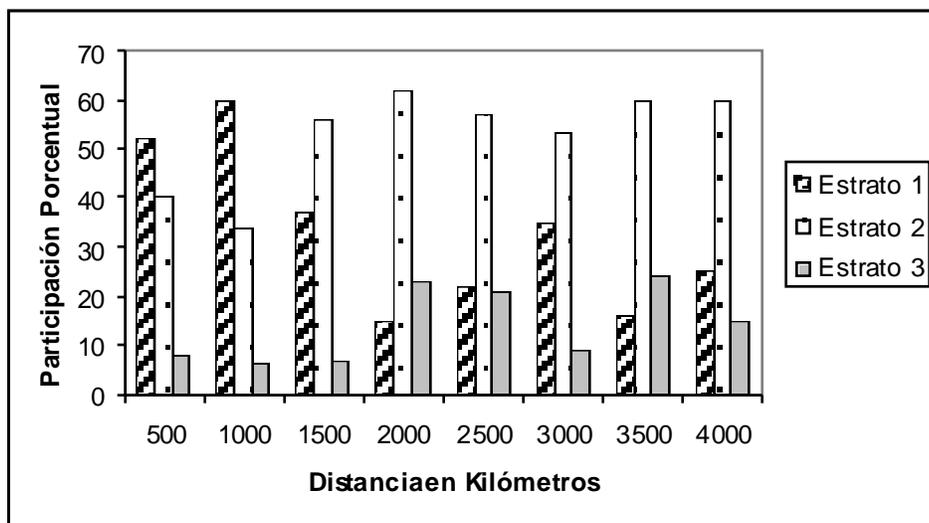
Variable	Obs.	Desviación			
		Media	estándar	Mínimo	Máximo
edadenfpeh	319	0.2445262	0.6030056	0	4.8
permorbi	319	0.0813876	0.1932227	0	1
naprpeheda	319	15.44044	73.25736	0	725
natrpeh	319	0.0975728	0.2429594	0	1.5
cosactp	319	167.2947	190.6945	0	1000
cosactr	319	2537.32	8456.913	0	68.600
cant insect	319	1.648903	2.270038	0	15
cost insect	319	7295.925	14409.06	0	180.000
disbas	319	1.401097	1.002563	0.05	3.95
nihog	319	0.862069	0.921325	0	4
iphd	319	5319.549	4077.119	328.76	31232.88

Fuente: Elaboración propia

El costo promedio de las actividades para prevenir la enfermedad diarreica aguda a través del agua purificada es de \$167.29, mucho menor que el costo promedio de las actividades preventivas a través de insecticidas, que se encuentra en \$7295. Para el caso de los costos de las actividades de tratamiento las cifras muestran que el gasto promedio en que incurren las familias para tratar la EDA es de \$2537. Con respecto a la cercanía de las personas a los focos de contaminación que generan los botaderos, llama la atención que existen viviendas a tan solo 50 metros de distancia al botadero más cercano y a 200 metros del botadero más grande que tiene el municipio.

En cuanto al estrato donde se realizó la encuesta el 53% de las viviendas encuestadas pertenecen al estrato dos, le siguen las viviendas del estrato uno con el 37% y el estrato con menor número de viviendas en la muestra fue el tres con solo el 10%. Por el lado del ingreso se encontró un ingreso promedio por persona en el hogar, por día de \$5319, sin embargo, se nota una gran dispersión en cuanto a la distribución del ingreso debido a que se encuentran hogares con ingresos mensuales que no alcanzan el salario mínimo y otros hogares con ingresos que superan los dos millones de pesos mensuales.

Gráfico 2. Estratos y distancias de las viviendas encuestadas

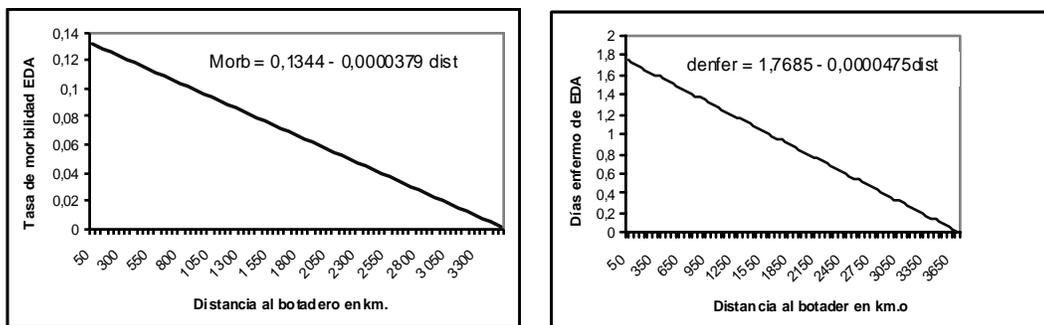


Fuente: Elaboración propia

6.2. Tendencia de la Morbilidad

A través de los datos recogidos en la encuesta se realizaron algunas regresiones que permitieron encontrar una relación lineal entre la enfermedad diarreica aguda y la distancia al botadero de basura más cercano. En todos los casos se encontró una relación significativa y negativa con la percepción de morbilidad.

Gráfico 3. Tendencia de la morbilidad por EDA en función de la distancia al botadero de basura más cercano



Fuente: Elaboración propia

En el gráfico 3 se puede observar la línea de tendencia de la morbilidad, primero por tasa de morbilidad al interior del hogar y luego por número de días enfermo, en función de la distancia a los botaderos a cielo abierto, tomando la distancia en kilómetros. Para el caso de la tasa de morbilidad se puede apreciar que la pendiente es mayor que para la relación entre número de días enfermo de EDA en el hogar y la distancia al botadero

6.3. Modelo de Ecuaciones Simultáneas

En la sección cinco se definió el modelo de ecuaciones simultáneas que relaciona la morbilidad por enfermedad diarreica con la distancia a los focos de contaminación y algunas variables socioeconómicas. El modelo se estimó utilizando mínimos cuadrados en tres etapas. Con este modelo se obtiene la reducción en la tasa de morbilidad por enfermedad diarreica en cada hogar, por alejarse de los focos de contaminación, que para este trabajo son los botaderos a cielo abierto.

En la tabla 5 se presentan los resultados de las estimaciones, primero por mínimos cuadrados en tres etapas y luego por mínimos cuadrados ordinarios, el cual a pesar de arrojar estimadores sesgados e ineficientes puede servir de comparación para los resultados que se encuentran con el método de mínimos cuadrados en tres etapas.

Los resultados del modelo muestran que la distancia a los botaderos a cielo abierto tiene un efecto sobre la percepción que tienen los hogares por la morbilidad por EDA. Como se esperaba, alejarse de los focos de contaminación originados en los botaderos a cielo abierto, tiene un efecto negativo sobre la morbilidad. Según los resultados obtenidos, alejarse un kilómetro de los botaderos generaría una reducción en la tasa de morbilidad por EDA al interior del hogar de 0.04 puntos.

Las familias al aumentar el número de actividades preventivas (tomar agua purificada en vez de agua de la llave) logran reducir la tasa de morbilidad por EDA dentro del hogar. De igual manera incurrir en gastos por productos como insecticidas que previenen la enfermedad diarreica aguda, tiene efectos en la reducción de la tasa de morbilidad por EDA. Un insecticida adicional en el hogar reduce en 0.006 puntos la tasa de morbilidad en el hogar.

Tabla 5. Resultados del Sistema de Ecuaciones Simultáneas.

Variables	Definición de las Variables	Modelo MC3E		Modelo MCO	
		Coef.	P> z	Coef.	P> t
permorbi	Tasa de morbilidad por eda en el hogar				
disbas	distancia al basurero más cercano (en km)	-0.0429612	0.000	-0.0390858	0.001
naprpeheda	actividades preventivas para eda, por persona en el hogar	-0.0001036	0.726	-0.0000972	0.499
cantinsec	Número de insecticidas comprados para prevenir moscas	-0.0065593	0.259	-0.0060027	0.189
almagld	1 si almacenan el agua un día y 0 sino	-0.0175	0.201	-0.0459193	0.031
Lamáis	1 si siempre se lavan las manos antes de comer los alimentos y 0 sino	-0.0248401	0.171	-0.1022053	0.000
_cons		0.1819497	0.000	0.251776	0.000
R-sq			0.0798		0.1096
P-value			0.0005		0.0000
naprpeheda	actividades preventivas para eda, por persona en el hogar				
distas	distancia al basurero más cercano (en km)	-12.08812	0.003	-11.90921	0.003
cospreveda	Costo de las actividades preventivas para eda	-0.0685992	0.001	-0.0677263	0.001

cosactr	Costo de las actividades tratamiento para eda	0.0001619	0.731	0.0004105	0.390
niohog	número de niños menores de 5 años en el hogar	2.157199	0.620	2.190953	0.619
iphdl	Ingreso por persona en el hogar	0.0007219	0.464	0.0006289	0.529
_cons		36.55689	0.000	37.18093	0.000
R-sq			0.0604		0.0613
P-value			0.0009		0.0013
natrpeh	actividades tratamiento eda, por persona en el hogar				
distas	distancia al basurero más cercano (en km)	-0.0408495	0.001	-0.0399695	0.002
cosactr	Costo de las actividades tratamiento para eda	5.13e-06	0.000	0.0000141	0.000
cosactp	Costo de las actividades preventivas para eda	6.23e-07	0.931	5.89e-06	0.512
est1	1 si la vivienda pertenece al estrato 1 y 0 sino	-0.0245493	0.402	-0.0871729	0.051
est2	1 si la vivienda pertenece al estrato 2 y 0 sino	-0.0242975	0.359	-0.0538495	0.199
edujehog	Máximo nivel educativo alcanzado por el jefe del hogar	0.0019236	0.712	-0.0018009	0.824
_cons		0.1545069	0.000	0.1825349	0.002
R-sq			0.1794		0.2836
P-value			0.0000		0.0000
cantinsec	Número de insecticidas comprados para prevenir moscas				
distas	distancia al basurero más cercano (en km)	-0.2635516	0.028	-0.1825077	0.114
permorbi	Tasa de morbilidad por eda en el hogar	-2.656158	0.011	-0.745534	0.207
costinsect	Costo por unidad de los insecticidas	0.0000742	0.000	0.0000757	0.000
niohog	Número de niños menores de 5 años en el hogar	0.1434991	0.230	0.143797	0.241
edujehog	Máximo nivel educativo alcanzado por el jefe del hogar	0.0930309	0.203	0.0912048	0.222
_cons		1.134601	0.0007	0.8625435	0.036
R-sq			0.2217		0.2523
P-value			0.000		0.0000

Fuente: Elaboración propia a partir de resultados de las regresiones.

En las viviendas donde se tienen buenos hábitos de higiene, como lavarse las manos antes y después de consumir los alimentos, la tasa de morbilidad por EDA es 0.001 puntos más baja que en las casas donde no se tiene esta costumbre. Así mismo en las casas donde almacenan el

agua cuando mucho un día antes de consumirla, la tasa de morbilidad por EDA es 0.006 punto más baja que en los hogares donde almacenan el agua más de un día antes de utilizarla.

Los resultados del modelo también muestran el impacto que tiene la cercanía a los focos de contaminación que se generan en los basureros, sobre la demanda de actividades para prevenir la EDA. La Tabla 5 permite notar que al alejarse un kilómetro del botadero de basura más cercano, las familias reducen los gastos en actividades para prevenir la enfermedad diarreica aguda. La variable costo de las actividades preventivas arroja el signo negativo esperado. Se encontró que al aumentar el ingreso por persona en el hogar y el precio de las actividades de tratamiento las personas realizan mayores actividades preventivas para la enfermedad diarreica, con el fin de no tener que padecer la enfermedad y evitar mayores gastos en medicamentos y consultas médicas. La presencia de niños en las casas hace que se tengan mayores prevenciones para la diarrea. Un niño más en una vivienda estaría representando un aumento de 2 litros más de agua purificada por persona.

De los resultados del modelo para las actividades de tratamiento de la enfermedad diarreica, se puede resaltar el impacto que tiene la proximidad a los botaderos de basura sobre la demanda por consultas médicas y medicamentos para superar la enfermedad diarreica. Alejarse un kilómetro de los botaderos a cielo abierto reduciría en 0.04 las consultas médicas por persona del hogar. Un aumento en los costos de las actividades preventivas aumenta la demanda de actividades de tratamiento, ya que los precios más elevados de las actividades de prevención disminuyen el cuidado de las familias y por lo tanto se presentan mayores casos de morbilidad que deben ser atendidos con visitas médicas y medicinas. Como se puede apreciar, el costo de las actividades de tratamiento no explica su demanda. La razón de esto puede ser el hecho que la mayoría de las personas del municipio son beneficiarias del régimen subsidiado y no pagan el verdadero precio de estos servicios médicos. El nivel de ingresos de las familias, medidos a través del estrato socioeconómico, deja ver que las familias de estrato uno y dos realizan 0.02 visitas menos que las familias de estrato tres (estrato base). La educación del jefe del hogar hace que aumenten el número de visitas al médico y el consumo de medicamentos, una vez las personas se enferman de diarrea.

Para el caso de las elecciones que hacen las familias para prevenir la enfermedad diarreica aguda a través de insecticidas, se encontró que igualmente la distancia a los botaderos de basura afectan esta decisión. Al alejarse un kilómetro de los puntos de disposición ilegalmente formados en el municipio, las familias estarían reduciendo en 0.26 unidades la compra de insecticidas para prevenir la presencia de moscas y otros insectos que propician las diarreas, especialmente en los niños y los ancianos que son las personas más vulnerables a este tipo de enfermedades. Un reflejo de lo anterior es el efecto que tienen los niños en los hogares sobre la demanda de insecticidas. Al adicionar un niño menor de cinco años a la familia, estaría provocando un aumento de 0.14 unidades de insecticida. El nivel educativo de los adultos también tiene un efecto sobre las actividades tendientes a prevenir la EDA. Como se puede leer de la salida, la presencia de padres con mayor nivel educativo hacen que la demanda por los insecticidas aumenten.

6.4. Disponibilidad a Pagar

De los anteriores resultados se toman los efectos marginales que se obtienen para las demandas por salud, actividades preventivas y tratamiento, y siguiendo la metodología Función de Producción de Salud se puede encontrar el ahorro que le representaría a las familias pasar de un lugar más cercano a la contaminación, por los efectos de los botaderos a cielo abierto, a otro lugar más alejado donde el impacto es mucho menor. El ahorro está representado en menores gastos en actividades preventivas y menor número de visitas médicas, entre otros gastos.

$$dapm = ingreso \left(\frac{\partial edatasamor}{\partial disbas} \right) + edacosactp \left(\frac{\partial naprpeheda}{\partial disbas} \right) + cosactr \left(\frac{\partial edanatrpeh}{\partial disbas} \right)$$

De acuerdo con este procedimiento, el impacto económico de alejarse de los botaderos de basura es de \$7.444 por persona en el hogar. Dado que hay en promedio cinco personas en cada vivienda, el efecto económico global por vivienda es de \$37.219, que equivale al ahorro en gastos por estar menos cerca de los focos de contaminación. Si se tomaran en cuenta los

resultados de la regresión por mínimos cuadrados ordinarios se obtendría un ahorro de \$6.535, lo cual equivale a \$32.674 en ahorro por vivienda

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los resultados encontrados en el trabajo permiten hacer algunas afirmaciones puntuales acerca de la problemática de los botaderos a cielo abierto y su incidencia sobre la morbilidad por EDA en el municipio de Soledad. Las estimaciones realizadas a través del modelo de ecuaciones simultáneas planteado permitieron comprobar que la enfermedad diarreica aguda se ve afectada por la proximidad de las personas a los botaderos de basura a cielo. De igual manera se encontró que la proximidad o la mayor distancia a los botaderos de basura influyen en las decisiones de las familias para realizar más o menos actividades para prevenir y tratar las enfermedades mencionadas.

Los resultados encontrados no cambian drásticamente cuando se realizaron las estimaciones por medio del método de mínimos cuadrados ordinarios, es decir, la distancia de la vivienda a los botaderos, como medida de proximidad a los focos de contaminación, en un contexto de M.C.O. también explican la percepción de los hogares sobre la morbilidad por diarrea, e influyen en las decisiones de demanda de actividades preventivas y defensivas.

A través de la metodología función de producción de salud se encontró que alejarse de los sitio más cercanos a los botaderos representa para las familias un ahorro de \$37.219, expresado en menores gastos en actividades preventivas y de tratamiento. Si los resultados encontrados para una persona se agregan para toda la población afectada por esta enfermedad se tendría un ahorro total de \$23.746.360.

Teniendo en cuenta que los botaderos a cielo abierto son generados por los carromuleros, se podría contemplar como alternativa para solucionar este problema, la declaración del municipio de Soledad como Área de Servicio Exclusivo para la prestación del servicio de recolección, transporte y disposición final de residuos, lo cual esta reglamentado en el artículo

40 de la ley 142 de 1994 y el artículo 9 de la ley 632 de 2000. Esta declaración de Área de Servicio Exclusivo se puede lograr tramitándola ante la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico. En este contexto, las áreas del municipio sólo serían entregadas a las empresas organizadas que cumplan con los requisitos legales y cuenten con la infraestructura necesaria para prestar un servicio de calidad con impactos mínimos al medio ambiente.

8. BIBLIOGRAFÍA

Allsopp M, Costner P, Johnston P. (2001). Incineration and human health. State of knowledge of the impacts of waste incinerators on human health. Greenpeace Research Laboratories, University of Exeter.

Arcilla, E. (1998). Determinación de los efectos en salud por contaminación hídrica. El caso del Río Tunjuelo, municipio de Usme. Tesis Magíster en Economía del Medio Ambiente y de los Recursos Naturales. Facultad de Economía. Universidad de los Andes.

Baumol, W.J. y Oates, W.E. The theory of environmental policy, Segunda Edición. Cambridge University Press, Cambridge (1988).

Berry M, y Bove F. Birthweight reduction association with residence near a hazardous waste landfill. *Environ Health Perspect* 1997; 105: 856–61.

Braden, J. y Kolstad, C. (1998). Measuring the demand for environmental Quality. Contributions to economics analysis. Third printed. North Holland.

Burtraw, D. y Krupnick, A. (1999). Measuring the Value of Health Improvements from Great Lakes Cleanup. Discussion Paper 99-34. Resources for the Future.

Caycedo, J. C. (2000). Valoración económica del efecto en la salud por el cambio en la calidad del agua en dos localidades: Barranquilla y La Dorada (Caldas). Tesis Magíster en Economía del Medio Ambiente y de los Recursos Naturales. Facultad de Economía. Universidad de los Andes.

Contraloría General de la República (CGR). (2005). Contraloría Delegada del Medio Ambiente. Auditoría Especial al Manejo de Residuos.

Corman, H., Joyce, T. y Grossman, M. (1987). Birth Outcome Production Function in the United States. *Journal of Human Resources*, Summer 1987, v. 22, iss. 3, pp. 339-60.

Corporación Autónoma Regional del Atlántico (C.R.A.). Inventario de cuerpos de agua lagunares por cuencas hidrográficas en el departamento del Atlántico. 2005.

Corredor, J. (2001). Manejo ecoeficiente de los residuos sólidos institucionales. Tesis Magíster en Ingeniería Civil. Facultad de Ingeniería. Universidad de los Andes.

Cropper, M. L. (1981). Measuring the Benefits from Reduced Morbidity. *American Economic Review*, V. 71, iss. 2, pp. 235-40.

Cropper M.L., Haile M., Lampietti J., Poulos C., Whittington D. (2004). The Demand for a Malaria Vaccine: Evidence from Ethiopia. *Journal of Development Economics*. 75.

Dickie, M. y Gerking, S. (2002) Willingness to Pay for Reduced Morbidity. Department of Economics. University of Central Florida.

Dickie, M. Ulery, V. (2001). Valuing health in the household: are kids worth more than parents?. Association of Environmental and Resource Economists 2001 Workshop.

Dimas, L. (1998). Estimación óptima del tamaño y ubicación de rellenos sanitarios para la ciudad de Bogotá: un enfoque económico-ambiental. Tesis Magíster en Economía del Medio Ambiente y de los Recursos Naturales. Facultad de Economía. Universidad de los Andes.

Estrada, J. (2003). Valoración económica de la contaminación por lixiviados del Relleno Sanitario Doña Juana: Aplicación del Método de Gasto en Mitigación. Tesis Magíster en Economía del Medio Ambiente y de los Recursos Naturales. Facultad de Economía. Universidad de los Andes.

Farmer, A. y Hjerp, P. (2001). Municipal Solid Waste Incineration, Regulation and Public Communication. Institute for European Environmental Policy. Publ. National Society for Clear Air and Environmental Protection. ISBN 0903.

Franchin, M., Rial, M., Buiatti, E. y Bianchi F. (2004). Health effects of exposure to waste incinerator emissions: a review of epidemiological studies. *Ann Ist Super Sanità*. Vol,40(1).

Freeman A. M.. (2003). The Measurement of Environmental and Resource Values. Theory and Methods, Second Edition, Resources for the Future. Washington, D. C.

Gerking, S. y Stanley, L. (1986). "An economic analysis of Air Pollution and Health: the case of St.Louis", *Review of Economics and Statistics*, Vol. 68, No.1.

Goldman, L, Paiguen, B. Magnant, M. y Highland, J.. (1985). Low birthweight, prematurity and birth defects in children living near the hazardous waste sites, Love Canal. *Hazard Waste Hazard Mater.*

Grossman, M. (1972). *On the Concept of Health Capital and the Demand for Health*. *Journal of Political Economy*., V. 80, iss. 2, pp. 223-55.

Greene, W. (2003). *Econometric Analysis*. 5th ed. Prentice Hall.

Harrington, W., Portney, P.R. (1987) "Valuing the Benefits of Health and Safety Regulation" *Journal of Urban Economics*, July 1987, v. 22, iss. 1, pp. 101-12.

Hu SW y Shy CM. (2001). Health effects of waste incineration: a review of epidemiologic studies. *Journal of the Air and Waste Management Association* 51: 1100-1109.

Hussen, A. (2004). *Principles of environmental economics*. Second Edition. New York.

Jaramillo, J.. (Agosto, 2003). Efectos de la inadecuada gestión de residuos sólidos. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. Universidad de Antioquia. Recuperado el 4 de septiembre de 2005 en <http://www.eco2site.com>.

Johnston, P. y Santillo, D. (2001). *Municipal Solid Waste Incineration: Observations on the IEEP Report for the Nacional Society For Clean Air*. Greenpeace Research Laboratories, University of Exeter, Prince of Wales Road, Exeter, EX4 4PS.

Judge, G., Hill, R., Griffiths, W., Lutkepohl, H. y Lee T. (1988). *Introduction to theory and practice of econometrics*. Second editions. John Wiley & Sons.

Lievano, Roberto. (1999). *Instrumentos económicos para el manejo eficiente de residuos sólidos residenciales en Santafe de Bogotá*. Tesis Magíster en Economía del Medio Ambiente y de los Recursos Naturales. Facultad de Economía. Universidad de los Andes.

Lozano, N. (2004) *Air Pollution in Bogota , Colombia: A Concentration-Response Approach*. *Desarrollo y Sociedad*. (54), 133-177.

Llorente, B., Rodríguez, J., Rincón, M. y Barrera, X. (1996). Valoración económica de los costos a la salud por la contaminación hídrica. *Revista Planeación y Desarrollo* Vol 27. No. 2. Págs. 159-174.

Martínez, M. (2003). La Demanda por Combustible y el Impacto de la Contaminación al Interior de los Hogares sobre la Salud: El caso de Guatemala. Documento CEDE 2003-06.

Murty, M. y Gulaty, S. (2003). Welfare gains from urban-air pollution abatement in the Indian subcontinent. Institute of Economic Growth. Delhi University Enclave.

Ortiz, C., Escobar, J., y García, D. (1996). Contaminación atmosférica y salud: Estimación de una función dosis-respuesta para Cali. *Revista Planeación y Desarrollo* Vol 27. No. 2. Págs. 175-192.

Perilla, M.. (1999). Optimización de la recolección de basuras en áreas urbanas. Tesis Magíster en Ingeniería Civil. Facultad de Ingeniería. Universidad de los Andes.

Rodríguez, A. (1999). Valoración económica de los efectos de la contaminación del aire sobre la salud de los habitantes de Santa fe de Bogotá. Tesis Magíster en Economía del Medio Ambiente y de los Recursos Naturales. Facultad de Economía. Universidad de los Andes.

Rushton, L. Health hazards and waste management. MRC Institute for Environment and Health, Leicester, UK. *British Medical Bulletin* 2003; 68: 183–197.

Secretaría de Medio Ambiente de Soledad.(2004). Descripción y estado del sistema de manejo de residuos sólidos en el municipio de Soledad.

Shaw G., Schulman, J., Frisch, J., Cummins, S. y Harris, J. Congenital malformations and birthweight in areas with potential environmental contamination. *Arch Environ Health* 1992; 47: 147–54

Soniak, W., Kaye W. y Gómez T., Data linkage to explore the risk of low birthweight associated with maternal proximity to hazardous waste sites from the National Priorities list. *Arch Environ Health* 1994; 49: 251–5

Urdaneta, Noemí. (1999). Mortalidad por infecciones respiratorias agudas y contaminación del aire: Una estimación de Funciones Dosis – Respuesta. Tesis Magíster en Economía del Medio Ambiente y de los Recursos Naturales. Facultad de Economía. Universidad de los Andes.

Vargas, C. y Rosales, R. (2006). Valoración económica de la prevención pública de la malaria en los hogares del Caquetá. Documento CEDE 2006-14. Febrero de 2006.

Vianna, N., Polan, A. Incidence of low birthweight among Love Canal residents. *Science* 1984; 226: 1217–9.

Villafrade, F. (2002). Modelo de recolección de basuras basado en ArcView, aplicable a diferentes zonas urbanas. Tesis Ingeniería Civil y Ambiental. Facultad de Ingeniería. Universidad de los Andes.

Vrijheid, M. Health effects of residence near hazardous waste landfill sites: a review of epidemiologic literature. *Environ Health Perspect* 2000;108 (Suppl 1):101-12.

III. Entorno de la vivienda

4. Tipo de vivienda ocupada

1. Casa _____ 3. Cuarto _____
2. Apartamento _____ 4. Otro _____

5. Esta vivienda es estrato:

1. _____ 2. _____ 3. _____ 4. _____

6. Incluyendo sala-comedor ¿De cuántos cuartos para dormir dispone esta vivienda? _____

7. La vivienda es?:

1. Propia _____
2. Arrendada _____
¿Cuánto paga de arriendo? \$ _____
3. Familiar (prestada sin pagar) _____

8. Con cuáles de los siguientes servicios públicos, privados o comunales cuenta la vivienda. (Para saber cuánto es el gasto mensual podría pedir el favor que le muestren el recibo)

1. Energía eléctrica _____

Cuánto es el gasto mensual? \$ _____

1. Gas natural conectado a red pública _____

Cuánto es el gasto mensual? \$ _____

1. Acueducto _____

Cuánto es el gasto mensual? \$ _____

1. Alcantarillado _____

Cuánto es el gasto mensual? \$ _____

1. Recolección de basuras _____

Cuánto es el gasto mensual? \$ _____

1. Teléfono _____

Cuánto es el gasto mensual? \$ _____

1. Ninguno de estos servicios _____

9.Cuál es la principal fuente de abastecimiento del agua que utilizan para beber?:

1. Acueducto por tubería (Triple A) _____

2. Agua embotellada _____

3. Agua purificada en bolsa _____

4. Carrotanque _____

Cuántas latas compra en un día? _____

5. Aguatero _____

Cuántas pimpinas compra en un día? _____

6. Otro (pozo, caño, río, jagüey) _____

¿Cuál? _____

10.Cuál es la principal fuente de abastecimiento del agua que utilizan para bañarse y lavar la ropa?

1. Acueducto por tubería (Triple A) _____

2. Agua embotellada _____

3. Agua purificada en bolsa _____

4. Carrotanque _____

5. Aguatero _____

6. Otro (pozo, caño, río, jagüey) _____

11. Si cuenta con el servicio de acueducto, este es ?

1. Permanente _____ 2. No permanente _____

Si no es permanente:

Cuántas horas al día? _____

Cuántos días a la semana? _____

12. Con que clase de servicio sanitario cuenta el hogar?

1. Inodoro conectado al alcantarillado _____

2. Inodoro conectado a pozo séptico _____

3. Inodoro sin conexión _____

4. Letrina (pozo negro, hoyo) _____

5. Arrojos al monte _____

6. Otro lugar _____ Cuál? _____

13. Eliminación de las basuras en esta casa?

1. La recoge la Empresa Aseo Soledad _____

2. La recogen los carromuleros _____

3. Se entierra _____

4. Se quema _____

5. Se arroja al monte _____

6. Se tiran al río o caño _____

7. Otro _____ Cual? _____

14. El material predominante de las paredes es?

1. Bloque, ladrillo, piedra, prefabricado _____

2. Tapia pisada o adobe _____

3. Madera burda _____

4. Guadua, caña, esterilla _____

5. Zinc, tela, cartón, plástico _____

6. Otro _____

15. El material predominante del piso es?

1. Alfombra, mármol, madera pulida _____

2. Baldosa, vinilo, tableta o ladrillo _____

3. Cemento o gravilla _____

4. Madera burda, tabla o tablón _____

5. Tierra o arena _____

6. Otros _____

16. Qué energía o combustible utilizan principalmente para cocinar:

1. Gas natural conectado a red pública _____

2. Gas propano (cilindro / pipeta) _____

3. Kerosene, Petróleo, Cocinol, ACPM _____

4. Lúz eléctrica _____

5. Leña, Madera, Carbón de leña _____

6. Carbón mineral _____

7. Material de desecho _____

8. No cocina _____

9. Otro ¿Cuál? _____

17. En dónde preparan los alimentos las personas de este hogar?

- 1. En un cuarto usado sólo para cocinar _____
- 2. En un cuarto usado también para dormir _____
- 3. En una sala - comedor con lavaplatos _____
- 4. En una sala - comedor sin lavaplatos _____
- 5. En un patio, corredor, al aire libre _____
- 6. Otra parte, ¿cuál? _____
- 7. En ninguna parte (no preparan alimentos) _____
- 18. La vivienda se encuentra ubicada cerca de:

- 1. Fábricas o industrias _____
- 2. Caños de aguas negras _____
- 3. Planta de tratamiento aguas residual _____
- 4. Basureros _____
- 5. Plazas de mercado o matadero _____
- 6. Arroyos _____
- 7. Otro ____ Cual? _____
- 8. Ninguna de las anteriores _____

19. Realizan dentro de la casa alguna actividad de producción?

- 1. No ____ 2. Si ____ Cual? _____

IV. Información sobre Actividades Preventivas

Las preguntas que vienen a continuación tienen por objetivo identificar y cuantificar las actividades realizadas por los hogares para prevenir las enfermedades respiratorias y diarreicas.

20. Que medidas utilizan para consumir agua apta para el consumo humano (se puede marcar más de una opción).

- 1. Compra de filtro _____
- ¿Cuál es su costo? \$ _____
- ¿Cuántos litros de agua consumen al día? _____
- 1. Compra de agua embotellada _____
- ¿Cuántas botellas de agua compra al mes? _____
- ¿Cuánto es el costo de un botellón de agua? \$ _____
- 1. Compra de agua purificada en bolsa _____
- ¿Cuántas bolsas de agua compra al día? _____
- ¿Cuánto es el costo de una bolsa de agua purificada? \$ _____
- 1. Hervir el agua _____
- ¿Cuántos litros de agua hierve al día? _____
- ¿Cuántos minutos hierve el agua? _____
- 1. Ninguna _____

21. Utilizan algún insecticida para prevenir la presencia de moscas, mosquitos y cucarachas?

- 1. No ____ 2. Si ____
- ¿Cuántos compra a la semana? _____
- ¿Cuánto cuesta este insecticida? \$ _____

22. Ha fumigado esta vivienda en los últimos doce meses para prevenir o eliminar la presencia de mosquitos, cucarachas, moscas, entre otros?

- 1. No ____ 2. Si ____
- ¿Cuál fue el costo? \$ _____

23. Los niños y adultos que viven en esta vivienda han sido vacunados en este último año contra:

- 1. DPT No ____ Si ____ Quienes _____
- 1. BCH No ____ Si ____ Quienes _____
- 1. Triple viral No ____ Si ____ Quienes _____
- 1. Sarampión No ____ Si ____ Quienes _____
- 1. Difteria No ____ Si ____ Quienes _____
- 1. Neumococo No ____ Si ____ Quienes _____
- 1. Influenza No ____ Si ____ Quienes _____
- 1. Tos ferina No ____ Si ____ Quienes _____
- 1. Tétano No ____ Si ____ Quienes _____

24.Cuál fue el costo de las vacunas aplicadas?

- _____ \$ _____
- _____ \$ _____
- _____ \$ _____
- _____ \$ _____
- _____ \$ _____
- _____ \$ _____

25. Han utilizado algún otro tratamiento para prevenir las enfermedades respiratorias (gripas, tos, asma, entre otras) y cuál fue su costo?

- 1. No ____ 2. Si ____ ¿Cuáles?:
- _____ \$ _____
- _____ \$ _____
- _____ \$ _____
- _____ \$ _____

V. Información sobre Actividades de Tratamiento

26. Qué enfermedades han padecido los miembros de este hogar en los últimos doce meses?

- _____ Quienes _____

27. En los últimos 12 meses algún miembro de este hogar ha padecido algunas de los siguientes síntomas, dolencias o enfermedades?

- 1. Diarrea (Deposiciones constantes)
- No ____ Si ____ Quienes _____
- 1. Cólera (Diarrea constante, por materia fecal en el agua)
- No ____ Si ____ Quienes _____
- 1. Fiebre y gripa
- No ____ Si ____ Quienes _____

1. Tos seca, común
No ___ Si ___ Quienes _____
1. Dificultad para respirar y/o respiración ruidosa
No ___ Si ___ Quienes _____
1. Dolor de garganta
No ___ Si ___ Quienes _____
1. Secreción y obstrucción nasal
No ___ Si ___ Quienes _____
1. Dolor de oídos
No ___ Si ___ Quienes _____
1. Disfonía
No ___ Si ___ Quienes _____

28. En salud, usted es afiliado de:

1. Entidad Promotora de Salud (EPS) _____
Cuál? _____
2. Administradora del Régimen Subsidiado (ARS).
Cuál? _____
3. SISBEN (Si tiene hoja de vinculado, es decir, que no está asegurado a una ARS y el gobierno es quien responde por él) _____
4. Fuerzas Militares - Policía Nacional _____
5. Ninguna _____
6. Otra entidad. _____
¿Cuál? _____

Las preguntas 29 a la 45 deben ser contestadas para cada uno de los miembros de la familia, para cada enfermedad o síntoma padecido en el último año. Las respuestas se deben anotar en los respectivos cuadros de gastos ocasionados por las enfermedades.

29. Escriba el número de los miembros de la familia que sufrieron diarrea / cólera / ...en el cuadro de gastos? (Remítase a las preg. 26 y 27)

30. Cuántas veces padeció (NOMBRE) esta misma enfermedad en el último año? (Escriba en el cuadro de gastos el número de veces que la persona mencionada contrajo esa enfermedad)

31. Cuántos días permaneció enfermo en total de diarrea / cólera / ...(NOMBRE)? (Escriba el número de días que duró enferma la persona, en el cuadro de gastos)

32. Se dirigió (NOMBRE) a un hospital, clínica, centro o puesto de salud, centro de EPS o ARS, consultorio médico particular, homeópata, curandero, yerbatero, droguería, farmacia, botica para tratar esta enfermedad? (Escriba SI ó NO en el cuadro de gastos según corresponda)

1. Si _____
2. No ___ (pase a la pregunta 43)

33. De este número de veces (MENCIONELE EL NÚMERO) que se enfermó (NOMBRE) de diarrea / cólera / ..., cuántas veces visitó un hospital, clínica, centro o puesto de salud, centro de EPS o ARS, consultorio médico particular, homeópata, curandero, yerbatero, droguería, farmacia, botica para tratar la enfermedad. (Escriba en el cuadro de gastos el número de veces que visitó los sitios mencionados)

34. Cuál fue el costo de la consulta? (Escriba el valor en el cuadro de gastos)

35. Cuánto dinero gastó en transporte para ir a la consulta? (Escriba el valor en el cuadro de gastos)

36. Le ordenaron exámenes de laboratorio? (Escriba 1 ó 2 en el cuadro de gastos según corresponda)

1. Si _____ Cuáles _____
2. No ___

37. Cuánto le costó practicarse los exámenes? (Escriba el valor en el cuadro de gastos)

38. Cuánto dinero gastó en transporte para practicarse los exámenes? (Escriba el valor en el cuadro de gastos)

39. Cuánto fueron los gastos en medicamentos para tratar esta enfermedad? (Escriba el valor en el cuadro de gastos)

40. (NOMBRE) requirió de hospitalización para tratar esta enfermedad? (Escriba el número de días que estuvo hospitalizado en el cuadro de gastos)

Si ___ ¿Cuántos días? _____ (El # en el cuadro)

No ___ (escriba 0 en el cuadro de gastos) (si la respuesta fue no, pase a la preg. 39)

41. Cuál fue el costo de la hospitalización? (Escriba el valor en el cuadro de gastos)

42. Fue incapacitado (NOMBRE) por motivo de esta enfermedad. (Escriba el número de días que estuvo hospitalizado en el cuadro de gastos)

Si ___ ¿Cuántos días? ___ (El # en el cuadro)

No ___ (escriba 0 en el cuadro de gastos)

43. Si no fue donde el médico entonces que actividades realizó (NOMBRE) para curarse? (Puede marcar las dos opciones si es necesario)

(Escriba en el cuadro de gastos, el valor total gastado en comprar los medicamentos automedicados y preparar los remedios caseros)

1. Se automedicó _____

Cuál fue el costo de los medicamentos utilizados? \$ _____

ANEXO 2. PROGRAMACIÓN

1. PROGRAMACIÓN PARA EL MODELO POR MC3E

```
reg3 (eda_tasa_mor = disbas_km napr_peh_eda cantinsec lamaa_si almag_1d)/*  
*/ (napr_peh_eda = disbas_km cos_prev_eda cos_actr2 niohog iphd1)/*  
*/ (eda_natr_peh = disbas_km eda_cos_actp2 cos_actr2 eda_est_1 eda_est_2 eda_edujehog  
)/*  
*/ (cantinsec = disbas_km eda_tasa_mor costinsect niohog eda_edujehog), 3sls
```

2. PROGRAMACIÓN PARA EL MODELO POR MCO

```
regress pemorbi disbas naprpeheda cantinsec lamaasi almag1  
regress naprpeheda disbas cospreveda cosactr niohog iphd1  
regress edanatrpeh disbas cosactp cosactr est1 est2 edujehog  
regress cantinsec disbas pemorbi costinsect niohog edujehog
```