

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

Jimmy Ferrer Carbonell*

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 ambientales¹.

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 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. El municipio de Soledad en el departamento del Atlántico no es ajeno a esta

* Economista de la Universidad del Atlántico, Magister en Economía del Medio Ambiente y de los Recursos Naturales, estudiante del doctorado de Economía en la Universidad Autónoma de México y ha sido profesor visitante de la Universidad del Magdalena. Cualquier comentario favor escribir al correo: ji-ferre@uniandes.edu.co.

1. 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.



problemática ya que desde hace varios años se vienen generando externalidades² a la comunidad (familias y empresas) por la inadecuada disposición de los residuos que se hacen día a día en este. En el año 2005 la empresa concesionaria Aseo Soledad invirtió \$74.4 millones en la erradicación de los botaderos.

Dentro de este contexto, el objetivo del presente trabajo es establecer, mediante la metodología Función de Producción de Salud, si la cercanía de las viviendas a los botaderos de basura está influyendo en la morbilidad por enfermedad diarreica aguda en el municipio de Soledad. 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.

El trabajo está estructurado en siete 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. Luego se presenta el modelo teórico en el cual se basa el trabajo, siguiendo en la quinta sección con la metodología utilizada 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 concluye.

Estado de los residuos sólidos en Soledad

Tradicionalmente el servicio de recolección, transporte y disposición de los residuos sólidos en Soledad, Atlántico, se ha venido prestando por parte de los carromuleros³ de una manera poco técnica y sin cumplir con las exigencias de las autoridades ambientales del departamento, ya que

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

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



los residuos sólidos que recogen de las viviendas son arrojados en lotes baldíos. A partir del 15 de diciembre de 2000, se entregó en concesión la prestación del servicio de aseo a una empresa privada para que esta 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.

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.

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, (CRA, 2005). El municipio 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, 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.

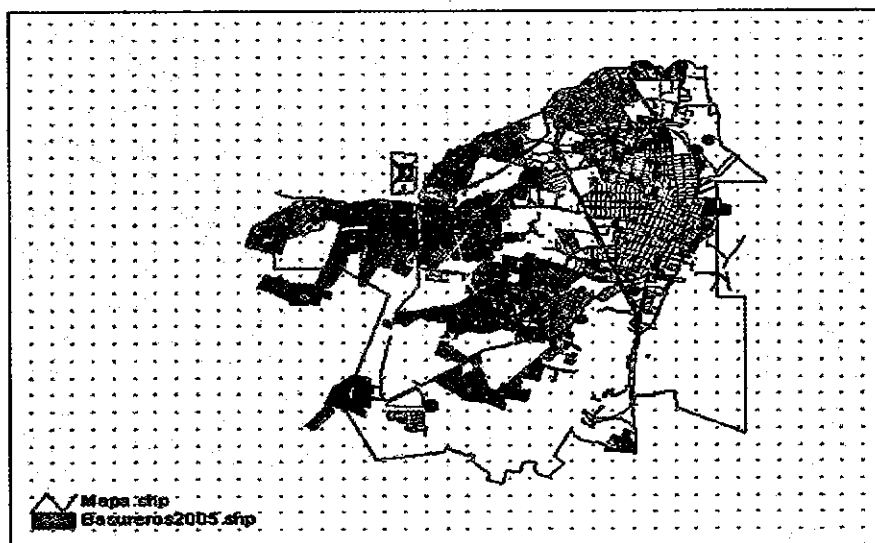


Situación de los botaderos a cielo abierto

La Secretaría de Medio Ambiente de Soledad ha venido verificando y localizando los distintos basureros a cielo abierto en el municipio, y de acuerdo con el 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 para frenar la disposición de residuos en sitios no autorizados, se han utilizado medidas como las multas.

Los botaderos se encuentran georeferenciados en el POT del municipio de Soledad y actualizados con base en información de los promotores ambientales con que cuenta el municipio (Figura 1). La existencia de estos botaderos ha creado una situación adicional de 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.

Figura 1. Botaderos a Cielo Abierto en Soledad-Atlántico



Fuente: Autor.



Literatura Relacionada

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. Por un lado, están los epidemiólogos, que se han interesado en identificar las enfermedades que ocasiona la cercanía a los lugares donde se depositan los residuos sólidos municipales. Por otra, se encuentran los economistas, en especial los ambientalistas, que 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.

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" en New York, E.E.U.U. 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 entre 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 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.

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 consumen.

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 proxy del consumo de cuidados médicos.

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.

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



BIBLIOTECA AGROPECUARIA
15000000

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, 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.

Modelo Función de Producción de Salud

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), con la cual 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).

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:

$$s_i = s_i(d, b_i) \quad (1)$$

$$d = d(c, a) \quad (2)$$

Por sustitución se tiene: $s_i = s_i(c, a, b_i) \quad (3)$

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).

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: $u = u(X, f, s_i)$.

La restricción que enfrenta el individuo está dada por:

$$I + p_w(T - f - s_i) = X + p_a \cdot a + p_i \cdot b_i \quad (4)$$

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 más 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:



$$\text{Max } u = u(X, f, s_i) \quad \text{sujeto a } I + p_w(T - f - s) = X + p_a \cdot a + p_i \cdot b_i \quad (5)$$

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

$$L = u(X, f, s_i) + \lambda(I + p_w(T - f - s) - X - p_a \cdot a - p_i \cdot b_i) \quad (6)$$

El primer paso en la derivación de una expresión que muestre la disponibilidad a pagar 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.

Desarrollando el modelo completamente⁴ 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).

$$w_c = p_w \cdot \frac{ds_i}{dc} + p_i \cdot \frac{\partial b_i^*}{\partial c} + p_a \cdot \frac{\partial a^*}{\partial c} - \frac{\partial u / \partial s_i}{\lambda} \cdot \frac{ds_i}{dc} \quad (7)$$

Metodología

La metodología Función de Producción de Salud relaciona variables exógenas con variables de elección, y a través de estas, se puede 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. 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

4. El desarrollo del modelo se puede encontrar en The Measurement of Environmental and Resource Values. Theory and Methods, Second Edition, Resources for the Future. Washington, D. C. Freeman (2003).



la enfermedad diarreica aguda; 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.

Información Utilizada

Se utilizaron 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. Siguiendo a Franchini (2004), se utilizó la distancia de las personas a los puntos de mayor riesgo ambiental como medida de contaminación.

Con el apoyo de la Corporación Autónoma Regional del Atlántico se logró realizar una encuesta en 319 viviendas 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, fuentes de abastecimiento de agua, disponibilidad del servicio de alcantarillado, la forma de eliminación de las basuras, actividades que realizan los hogares para prevenir y tratar las EDAS y los gastos de cada una de estas actividades entre otros factores.

Modelo Econométrico

Se estimó 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. 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). Se utilizó como medida de las actividades preventivas la cantidad de litros de agua purificada consumidos por persona en el hogar (*naprpeheda*).

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 (*natrpeh*). Otra decisión que puede tomar la familia para prevenir las enfermedades diarreicas es la compra de insecticidas (*cantinssec*) que prevengan la presencia de moscas, cucarachas y otros vectores generadores de enfermedad diarreica.

$$permorbi = \alpha_{10} + \beta_{11}disbas + \beta_{21}naprpeheda + \beta_{31}cantinssec + \beta_{41}lamaasi + \beta_{51}atmagld + e_1 \quad (8)$$

$$naprpeheda = \alpha_{20} + \beta_{12}disbas + \beta_{22}cospreveda + \beta_{32}cosactr + \beta_{42}iphd + \beta_{52}niohog + e_4 \quad (9)$$

$$natrpeh = \alpha_{30} + \beta_{13}disbas + \beta_{23}cosactr + \beta_{33}cosactp + \beta_{43}est1 + \beta_{53}est2 + \beta_{63}edujuhog + e_6 \quad (10)$$

$$cantinssec = \alpha_{40} + \beta_{14}disbas + \beta_{24}permorbi + \beta_{34}cosinssec + \beta_{44}niohog + \beta_{54}edujuhog + e_4 \quad (11)$$

Estas cuatro ecuaciones conforman el sistema de ecuaciones que permitió 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. La Tabla 1 muestra las variables que hacen parte de las ecuaciones, indicando su respectiva definición.

Tabla 1. 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).
cantinssec	Continua	Número de Insecticidas que compran en el hogar para prevenir la EDA



Variable	Tipo	Definición
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.
costinsect	Continua	Costo de cada insecticida que compra la familia para prevenir los vectores transmisores de la EDA.
edujehog	Categórica	Máximo nivel educativo alcanzado por el jefe del hogar
disbas	Continua	Distancia en Km. de la vivienda al botadero a cielo abierto más cercano.
costinsect	Continua	Costo de los insecticidas comprados para prevenir los vectores
lphd	Continua	Ingreso anual por persona en el hogar.
niohog	Conteo	Número de niños menores de 5 años que residen en la vivienda.
lamaasl	Dummy	1 si siempre se lavan las manos antes de comer los alimentos.
almag1d	Dummy	1 si almacenan el agua máximo un día antes de consumirla

Fuente: Autor.

Como se puede ver en la primera ecuación del sistema, la variable (*cantinsec*) 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 (*cantinsec*), 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 errores 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.

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 (Greene, 2003). Se comprobó a través de las condiciones de orden y de rango, que las cuatro ecuaciones están sobre-identificadas, en cuyo caso lo más recomendable es utilizar Mínimos Cuadrados en dos Etapas (MC2E) o Mínimos Cuadrados en tres Etapas (MCE3); con la ventaja 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 MCE3.

Resultados

Modelo de Ecuaciones Simultáneas

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. La tabla N° 2, muestra los resultados de las estimaciones. 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. El uso de un insecticida adicional en el hogar reduce en 0.006 puntos la tasa de morbilidad en el hogar.

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 0.02 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 0.01 punto más baja que en los hogares donde almacenan el agua más de un día antes de utilizarla.

Tabla 2. Definición de las variables

Variables	Definición de las Variables	Modelo MC3E	
		Coef.	P> z
permorbi	Tasa de morbilidad por EDA en el hogar		
disbas	Distancia al basurero más cercano (en km)	-0.0429612	0.000
naprpeheda	Actividades preventivas para EDA, por persona en el hogar	-0.0001036	0.726
cantnsec	Número de insecticidas comprados para prevenir moscas	-0.0065593	0.259
almag1d	1 si almacenan el agua un día y 0 si no	-0.0175	0.201
lamáis	1 si siempre se lavan las manos antes de comer los alimentos y 0 si no	-0.0248401	0.171
_cons		0.1819497	0.000



Variables	Definición de las Variables	Modelo MC3E	
		Coef.	P> z
R-sq			0.0798
P-value			0.0005

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

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 3 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 prevencciones para la diarrea. Un niño más en una vivienda estaría representando un aumento de 2 litros más de agua purificada por persona.

Tabla 3. Definición de las variables

Variables	Definición de las variables	Modelo MC3E	
		Coef.	P> z
nappreheda	Actividades preventivas para EDA, por persona en el hogar		
distas	Distancia al basurero más cercano (en km)	-12.08812	0.003
cospreveda	Costo de las actividades preventivas para EDA	-0.0685992	0.001
cosactr	Costo de las actividades tratamiento para EDA	0.0001619	0.731
niohog	Número de niños menores de 5 años en el hogar	2.157199	0.620
lphd1	Ingreso por persona en el hogar	0.0007219	0.464
_cons		36.55689	0.000



Variables	Definición de las variables	Modelo MC3E	
		Coef.	P> z
R-sq			0.0604
P-value			0.0009

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

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 en la tabla de resultados N° 4, 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.

Tabla 4. Definición de las variables

Variables	Definición de las Variables	Modelo MC3E	
		Coef.	P> z
natrpeh	Actividades tratamiento EDA, por persona en el hogar		
distas	Distancia al basurero más cercano (en km)	-0.0408495	0.001
cosactr	Costo de las actividades tratamiento para eda	5.13e-06	0.000
cosactp	Costo de las actividades preventivas para eda	6.23e-07	0.931



Variables	Definición de las Variables	Modelo MC3E	
		Coef.	P> z
est1	1 si la vivienda pertenece al estrato 1 y 0 sino	-0.0245493	0.402
est2	1 si la vivienda pertenece al estrato 2 y 0 sino	-0.0242975	0.359
edujuhog	Máximo nivel educativo alcanzado por el jefe del hogar	0.0019236	0.712
_cons		0.1545069	0.000
R-sq			0.1794
P-value			0.0000

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

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 de la tabla 5, la presencia de padres con mayor nivel educativo hace que la demanda por los insecticidas aumente.



Tabla 5. Definición de las variables

Variables	Definición de las Variables	Modelo MC3E	
		Coef.	P> z
cant insect	Número de insecticidas comprados para prevenir moscas		
distas	Distancia al basurero más cercano (en km)	-0.2635516	0.028
permorbi	Tasa de morbilidad por EDA en el hogar	-2.656158	0.011
cost insect	Costo por unidad de los insecticidas	0.0000742	0.000
niñohog	Número de niños menores de 5 años en el hogar	0.1434991	0.230
edujehog	Máximo nivel educativo alcanzado por el jefe del hogar	0.0930309	0.203
_cons		1.134601	0.0007
R-sq			0.2217
P-value			0.000

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

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 representa a las familias pasar de un lugar más cercano a la contaminación, por los efectos de los botaderos a cielo abierto, a un 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.

$$d_{apm} = \text{ingreso} \left(\frac{\partial edatasamor}{\partial disbas} \right) + eda \cos actp \left(\frac{\partial naaprpheda}{\partial disbas} \right) + \cos actr \left(\frac{\partial edanatrpeh}{\partial disbas} \right) \quad (12)$$

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 de cinco personas en cada vivienda, el efecto económico



global por vivienda es de \$37.219, que equivale al ahorro en gastos por estar más alejados de los focos de contaminación. Si se tomaran en cuenta los resultados de la regresión por MCO, se obtendría un ahorro de \$6.535, lo cual equivale a \$32.674 en ahorro por vivienda.

Conclusiones

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 Atlántico. Las estimaciones realizadas a través del modelo de ecuaciones simultáneas planteado, permitieron comprobar que la Enfermedad Diarreica Aguda se relaciona con la proximidad de las personas a los botaderos de basura a cielo abierto. 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.

A través de la metodología Función de Producción de Salud se encontró que alejarse de los sitios 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 está 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.

Bibliografía

- Berry, M. & Bove, F. (1997). Birthweight reduction association with residence near a hazardous waste landfill. *Environ Health Perspect* 105: 856-61.
- Braden, J. y Kolstad, C. (1998). *Measuring the demand for environmental Quality*. Contributions to economics analysis. Third printed. North Holland.
- Caycedo, J. (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.
- Cropper, M. (1981). *Measuring the Benefits from Reduced Morbidity*. *American Economic Review*, V. 71, iss. 2, pp. 235-40.
- Dickie, M. & 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.
- Franchin, M.; Rial, M.; Buiatti, E. & 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. (2003). *The Measurement of Environmental and Resource Values. Theory and Methods*, Second Edition, Resources for the Future. Washington, D. C.
- Gerking, S. & 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. & 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. (1987). "Valuing the Benefits of Health and Safety Regulation" *Journal of Urban Economics*, July 1987, v. 22, iss. 1, pp. 101-12.
- Hussen, A. (2004). *Principles of environmental economics*. Second Edition. New York.
- Judge, G.; Hill, R.; Griffiths, W.; Lutkepohl, H. & Lee T. (1988) *Introduction to theory and practice of econometrics*. Second editions. John Wiley & Sons.
- 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. & Gulaty, S. (2003). *Welfare gains from urban-air pollution abatement in the Indian subcontinent*. Institute of Economic Growth. Delhi University Enclave.
- Shaw, G., Schulman, J., Frisch, J., Cummins, S. & Harris, J. (1992). *Congenital malformations and birthweight in areas with potential environmental contamination*. *Arch Environ Health* 47: 147-54



- Soniak, W., Kaye, W. & Gómez, T. (1994). *Dose-response to explore the risk of low birthweight associated with maternal proximity to hazardous waste sites from the National Priorities list. Arch Environ Health* 49: 251-5
- Vargas, C. & 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. (1984). *Incidence of low birthweight among Love Canal residents. Science* 1984; 226: 1217-9.
- Vrijheid, M. (2000). *Health effects of residence near hazardous waste landfill sites: a review of epidemiologic literature. Environ Health Perspect* 108 (Suppl 1):101-12.