

Capítulo 3

VALORACIÓN ECONÓMICA DEL IMPACTO DE LA CONTAMINACIÓN HÍDRICA SOBRE LA SALUD HUMANA APLICADA A LA CUENCA DEL RÍO SAN JUAN*

Óscar Mauricio Orrego Gallego**

RESUMEN

El presente estudio está dirigido a cuantificar en términos monetarios la magnitud del impacto causado por la contaminación de la cuenca del río San Juan, sobre la salud humana. En el trabajo se presentan las características generales de la cuenca ubicada en el suroeste antioqueño; se desarrolla una metodología para valorar en términos monetarios la pérdida de bienestar que experimentan los pobladores de la zona, al incurrir en costos asociados a los tratamientos médicos, incapacidades laborales y pérdidas de escolaridad. Al efectuar la valoración económica se encontró que los municipios más afectados al asumir los costos incurridos por enfermedades de origen hídrico son: Andes y Ciudad Bolívar, con un gasto aproximado de 224 y 96 millones de pesos durante el período 2000-2001.

Palabras clave: contaminación, morbilidad, *Escherichia Coli*, función dosis-respuesta, salud humana.

ABSTRACT

The present study is conduct to quantify in monetary terms the magnitude of the impact produced for the pollution of the basin of San Juan river on the

* Este artículo está basado en la Investigación "Valoración Económica del Impacto de la Contaminación Hídrica en la cuenca del río San Juan" realizada en convenio inter-institucional con CORANTIOQUIA y presentada como tesis para optar por el título de Economista de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, 2002.

** Economista de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín.

human health. The work presents the general characteristics of the watershed located in the southwest of Antioquia; it develops a methodology to value in monetary terms the loss of welfare that the inhabitants of the zone face when they have to pay the cost associated to health treatment, labor disability and scholar loss.

When the economic valuation was done it was found that Andes and Ciudad Bolívar were the most affected regions that assumed the costs by the sicknesses of hydric origin. The approximate cost was 224 and 96 millions pesos during 2000-2001.

Keywords: Contamination, morbidity, Escherichia Coli, human health.

INTRODUCCIÓN

En el marco de la implementación del decreto 901/97, la entidad ambiental regional, CORANTIOQUIA, decidió aunar esfuerzos para iniciar la recuperación de la red hídrica de la cuenca del río San Juan, haciendo uso de la normatividad vigente que permite la aplicación de instrumentos económicos como lo son las tasas retributivas por vertimientos líquidos. La Tasa Retributiva por vertimientos líquidos (puntuales), es un instrumento económico basado en el cobro de un monto de dinero por unidad de contaminante que se vierta a las fuentes hídricas; con este instrumento se busca inducir a los agentes económicos a encontrar alternativas costo-efectivas para mitigar la contaminación.

La cuenca del río San Juan, está localizada en el suroeste antioqueño y se ha caracterizado por tener una alta actividad agrícola (especialmente cultivo de café) y pecuaria, lo que ha permitido el asentamiento de un número importante de población cuyas actividades sociales y económicas han ejercido una presión considerable sobre los recursos naturales de la cuenca, atentando contra su preservación. La deforestación progresiva de los bosques, los desechos domésticos y las técnicas agrícolas utilizadas tales como uso de agroquímicos y disposición final de residuos del beneficio del café, han tenido un importante impacto contaminante sobre el recurso hídrico afectando notablemente tanto la calidad como la cantidad de agua disponible para consumo humano y otros usos. Se cree que los altos niveles de contaminación, están afectando la salud de la población humana, evidenciándose en un alto número de consultas por enfermedades diarreicas y parasitarias.

El presente estudio está dirigido a cuantificar en términos económicos la magnitud del impacto causado por la contaminación del recurso hídrico sobre la salud humana. En la primera parte del trabajo se presentan las características generales de la cuenca y los métodos de valoración económica aplicados a la salud humana. Luego, en desarrollo de la metodología, se procede a establecer la relación causa-efecto entre la contaminación hídrica y los casos reportados de morbilidad por enfermedad diarreica, en el área de estudio; después se procede a valorar en términos económicos la pérdida de bienestar que experimentan los pobladores al incurrir en costos asociados a los trata-

mientos médicos, incapacidades, pérdidas de productividad, pérdidas de escolaridad, entre otros costos generados por la enfermedad. Finalmente, se analizan los resultados y se presentan las conclusiones.

1. Características generales del área de estudio

La cuenca del río San Juan, tributaria del río Cauca, se encuentra localizada en la región del suroeste antioqueño en el territorio conformado por la vertiente oriental de la cordillera occidental, comprendiendo los municipios de Andes, Betania, Ciudad Bolívar, Hispania, Jardín y Salgar en su totalidad y parcialmente los municipios de Pueblo Rico y Tarso.

La región se extiende a lo largo de 1.598 Km² y está conformada por un relieve montañoso con áreas de fuerte pendiente y hondonadas, con suelos de relativa fertilidad los cuales han sido destinados en un gran porcentaje a cultivos permanentes y a ganadería extensiva.

El recurso hídrico de la región es abundante, el río San Juan además de representar un límite territorial, se constituye en el sistema de abastecimiento de agua para los acueductos veredales, corregimentales y municipales, como también, en el sistema de vertimiento de las aguas residuales domésticas y agropecuarias, ya que de cierta manera los desechos líquidos y sólidos de la región van a dar a esta cuenca. El río San Juan tiene su nacimiento en la cuchilla Paramilfo, en límites con el departamento de Risaralda y los municipios de Andes y Jardín. En su recorrido de sur a norte recibe las aguas de las quebradas Bonita y Chaparrala y los ríos Santa Rita, Tapartó, Guadualejo, Bolívar, Pedraí y Barroso.

La cuenca del río San Juan es por excelencia una zona cafetera de gran importancia tanto en el ámbito departamental como nacional, es por ello que este cultivo ocupa aproximadamente el 30% del uso del suelo de la zona. Otro renglón muy significativo de uso del suelo municipal lo constituyen los potreros y la ganadería extensiva.

El desarrollo económico de la cuenca está centrado en las actividades agrícola y pecuaria, destacándose especialmente el cultivo del café, labor que representa la principal fuente de ingresos de la población. El cultivo del café es el motor que impulsa el crecimiento económico y el desarrollo social por su influencia en los otros sectores de la economía y por su participación en el ingreso per cápita de la región.

El mayor número de predios cafeteros se encuentra situado en el municipio de Andes con 4.817 predios, seguido de Salgar con 2.734 predios y Ciudad Bolívar que cuenta con 1.980 predios. En total, para los municipios considerados, hay 12.349 predios dedicados al cultivo del café.

Los cultivos de café de la región del San Juan no cuentan con distritos de riego debido a que la topografía de la región no lo permite. El desarrollo de este cultivo depende de las épocas de lluvias, las cuales no deben ser muy abundantes ni muy escasas pues cualquiera de estas situaciones afectan el rendimiento de la cosecha.

En el proceso del beneficio de café se demandan grandes cantidades de agua, lo que ha originado un impacto ambiental considerable en los cursos de agua de la región. Aunque la pulpa y el mucilago resultantes del beneficio del café no constituyen elementos tóxicos o venenosos, la presencia de esta carga orgánica genera una modificación, directamente medible y apreciable, en las condiciones de la calidad del agua. La reducción del oxígeno por la descomposición de la materia orgánica presente en el agua, hace que el sistema se convierta en anaerobio (no puede ser capaz de autodepurarse a sí mismo) presentando problemas de olores y proliferación de microorganismos productores de sabores y turbiedad del agua, situación que restringe el uso del recurso como bien de consumo final o bien intermedio en los procesos productivos y ayuda en la aparición de enfermedades bien sea de tipo viral o bacteriano.

La problemática ambiental que se presenta en la cuenca del río San Juan se deriva principalmente por los vertimientos contaminantes a las corrientes de aguas que bañan esta región. El recurso hídrico siendo abundante en cantidad, se ha visto afectado por los aportes de aguas residuales domésticas de los asentamientos poblacionales y por las descargas contaminantes del sector agropecuario, especialmente la pulpa y el mucilago resultante del beneficio húmedo del café.

Aunque no existen mediciones periódicas y consistentes de la calidad del agua de la zona, las muestras que toman las empresas de acueducto sobre los cauces naturales que suministran el agua para la población urbana antes de ser sometida a tratamiento, permiten evidenciar la presencia de una contaminación por presencia de coliformes totales y fecales, que según los técnicos consultados, no deben estar presentes en el agua que se destina para consumo humano.

2. Métodos de valoración económica aplicados a la salud humana

Al realizar estudios dirigidos a estimar en términos monetarios los efectos de los cambios en la calidad ambiental sobre la salud de las personas, es importante tener en cuenta dos tipos de relaciones que se establecen:

1. La relación entre el cambio en la calidad ambiental y el cambio en el estado de salud. Para establecer esta relación se necesitan mediciones de parámetros de calidad ambiental como lo pueden ser la DBO, DQO, SST, coliformes fecales u oxígeno disuelto, en el caso del agua, o SO_2 , CO_2 ; NO_2 , etc. En el caso del aire. De otra parte, se deben recopilar mediciones de los casos de morbilidad que están relacionados con la contaminación del recurso hídrico, en este caso.
2. La relación existente entre el cambio en el estado de salud y alguna medida monetaria que permita expresar el cambio de bienestar, equivalente al cambio en la salud. Los autores Cropper (1981) y Freeman III (1993), sugieren que la contaminación ambiental afecta la salud de las

personas generando pérdidas de bienestar a partir de los siguientes canales:¹

- Aparición de gastos médicos asociados con los tratamientos a las enfermedades inducidas por la contaminación del ambiente, incluyendo el costo de oportunidad del tiempo gastado en obtener tratamiento.
- Pérdida de salario.
- Gastos en actividades defensivas y de evasión con las cuales se intenta prevenir las enfermedades inducidas por la contaminación.
- Desutilidad asociada con los síntomas de la enfermedad y pérdida de oportunidad de disfrute del ocio.
- Cambios en las expectativas de vida o en el riesgo prematuro de muerte.

Valoración económica de los cambios en tasas de morbilidad y mortalidad

Los efectos sobre la salud humana pueden ser medidos en términos de morbilidad o mortalidad, definiéndose mortalidad como el número de muertes por diferentes causas para un período de tiempo sobre el total de la población correspondiente o como la probabilidad de muerte de una persona para un período determinado. A través de la morbilidad, definida como el número de personas enfermas (por una patología particular) durante un período de tiempo sobre el número total de personas de la población. La morbilidad puede estar definida de acuerdo a la patología, duración, causa, daño, población expuesta y número de casos o consultas presentados. Al igual que en el caso de mortalidad, en la morbilidad el tiempo es un factor que imposibilita la determinación exacta del efecto de la enfermedad sobre el individuo, dado que no son eventos discretos y pueden desarrollarse en el tiempo secuencialmente.

Dentro de los enfoques que se ha planteado para valorar económicamente la reducción de los riesgos de muerte por contaminación, se encuentran los que mencionan Cropper y Freeman en Braden y Kolsted (1991), el primero basado en la medición de la productividad económica de las personas que se encuentran en riesgo de muerte por un agente contaminante; este enfoque se conoce como "enfoque de capital humano" y utiliza las ganancias descontadas a lo largo del tiempo de vida de la persona como una medida de valor. El segundo enfoque es la disponibilidad a pagar (DAP), donde se indaga a las personas sobre su disposición a pagar por reducir su probabilidad de muerte por alguna causa específica (contaminación) o cuánto está dispuesto a aceptar por el caso contrario.

Uno de los supuestos de este enfoque es el perfecto conocimiento por parte de las personas entrevistadas de sus preferencias de consumo y su

1. Mendieta, Juan Carlos. *Manual de valoración económica de bienes no mercadeables. Aplicaciones de las técnicas de valoración no mercadeables y el análisis de costo beneficio y medio ambiente*. CEDE, julio de 1999.

conciencia de maximizar el bienestar económico, así como el conocer que la disponibilidad a pagar se basa en un comportamiento individual y no incluye consideraciones de relación con otras personas, así como tener en cuenta que lo que se paga no es para reducir una alta probabilidad de morir o el evento de una muerte eminente, sino que se paga es por reducir en una porción la probabilidad de muerte desde un enfoque individualista.

La función daño:

A partir de una relación causa-efecto que se verifica mediante una función dosis-respuesta, se pretende establecer el costo de la enfermedad a partir de las pérdidas por los costos destinados a los cuidados médicos, las pérdidas en productividad y producto así como el no poder disfrutar del tiempo libre a plenitud, el costo que genera el propio malestar y el costo para la familia por tener un pariente enfermo.

Con respecto a los costos por pérdidas de actividad laboral o escolar se tiene:

- a. **Días de incapacidad laboral:** se calcula con base en el salario que se deja de recibir si la persona enferma es trabajador independiente o por la pérdida que sufre la sociedad donde labora (si la incapacidad es cubierta) por la baja en la productividad, por el costo que genera un reemplazo mientras dura la incapacidad y por el costo que implica tener que pagar un empleado que no está laborando directamente. Si la incapacidad no es cubierta totalmente, entonces habría que analizar las pérdidas en que incurre el trabajador al no tener cubierto totalmente los gastos de tratamiento, hospitalización y la incapacidad laboral.
- b. **Días de actividad restringida:** se calcula valorando el porcentaje del salario o de la productividad que se pierde, cuando se restringe dentro de la jornada laboral ciertas actividades, esto dependiendo del grado de severidad de la enfermedad.
- c. **Días escolares perdidos:** dado el carácter no productivo de estos días, se procede a imputarles el costo que se pierde por dejar de asistir al centro de estudio. Este costo generalmente es representado por el costo de un período escolar (día al año) que se paga por asistir al centro educativo.

Los problemas que presenta este método consiste en que:

- Subestima el costo real de la enfermedad, al no considerar los costos sociales perdidos.
- Al basarse en una función dosis-respuesta, no tiene en cuenta el hecho de que las personas incurran en medidas defensivas para reaccionar frente a la contaminación, bien sea adquiriendo tecnologías o evitando el contacto con ambientes y/o recursos contaminados.

Función de producción de salud:

El modelo de producción en salud y valoración marginal de una reducción en la contaminación fue diseñado inicialmente por Grossman (1972), luego Cropper (1981) introdujo una variable ambiental en el modelo y Harrington y Portnen (1987) desarrollaron el modelo para examinar explícitamente la relación entre disposición a pagar (DAP) por una reducción en la contaminación, reducción en costos de la enfermedad y cambio en el gasto de actividades defensivas. Es así como la función de producción en salud, relaciona variables exógenas donde se incluye la variable ambiental y las variables de elección donde se incluye la medicina preventiva y el costo de tratamiento para alguna medición del estado de salud.

La persona, en efecto, tiene una función de utilidad tal como:²

$$U = U(X, H)$$

En la que su utilidad depende de su estado de salud (H), y de su acceso a toda una serie de bienes que le proporcionan satisfacción, sin afectar su salud (X).

Se puede especificar la siguiente función de producción en salud:

$$H = H(M, \alpha, \beta)$$

En la que el estado de salud depende de los gastos en cuidados médicos (M); el valor de la calidad ambiental (α) y un conjunto de variables exógenas que también afectan el estado de salud (variables socioeconómicas). Teniendo en cuenta la restricción presupuestaria y luego de obtenerse el modelo de elección, éste puede ser utilizado para derivar una medida de disponibilidad a pagar de las personas para reducir los niveles de contaminación, la DAP será definida como la cantidad monetaria que se está dispuesta a entregar para volver a su nivel de utilidad inicial pero con una reducción de la contaminación.

En el modelo de producción de salud, la contaminación afecta la utilidad de las personas a través de la salud, luego la DAP es una expresión de la disponibilidad a reducir los costos de salud que se derivan de la contaminación del ambiente y que se realizan para alcanzar un nivel óptimo de salud cuando se disminuye la contaminación.

Según Freeman (1993) el enfoque de la producción de salud considera el supuesto de que los individuos conocen su función de producción de salud y escogen el nivel óptimo de producción seleccionando los insumos para minimizar los costos que están relacionados con algún nivel de salud.

La valoración marginal por una reducción en la contaminación, considera que es necesario identificar el comportamiento mitigante y defensivo y medir sus costos. Sin embargo la estimación de los costos resulta difícil, pues los costos en que se incurren para mitigar algún efecto contaminante pueden

2. Azqueta O. Diego. *Valoración Económica de la Calidad Ambiental*.

prestar otro servicio que no sea exclusivamente el mejoramiento de la salud, por lo que la asignación de costos a esta función de producción de salud sería inapropiado.

Función dosis-respuesta:

Este tipo de funciones buscan informar sobre la respuesta de un receptor determinado ante un cambio de la variable objeto de estudio. Para el caso de salud, permite conocer el cambio en la tasa de morbilidad o mortalidad ante un cambio en la calidad ambiental.

En el campo práctico, permite conocer el cambio en la tasa de morbilidad ante un cambio en la calidad del agua o del aire. Este método se usa bajo el supuesto de que la población no es consciente ni tiene claridad sobre los efectos en la salud que causa la contaminación.

El tipo de variables que utilizan estas funciones, son generadas por otras disciplinas que distan del análisis económico, como es el caso de los estudios macro epidemiológicos, toxicológicos y factores evaluadores de riesgo, así como también sobre las encuestas de tipo socioeconómico, donde se encuentran las características de la población que se estudia.

Esta información debe recogerse para cada una de las variables que se analizan y para una zona determinada, bien sea por períodos de tiempo, trimestrales, semestrales o anuales.

Se debe tener en cuenta que los efectos en la salud humana están influenciados por otros factores, lo que hace necesario analizar con cuidado estos efectos. La influencia de la calidad ambiental sobre la salud humana puede ser de tres tipos:³

- **Indirecta:** cuando el recurso natural afectado es distinto al que finalmente está incidiendo sobre la salud humana.
- **No específico:** cuando el impacto sobre la salud puede ser causado por una variedad de factores ambientales, sin que sea fácil determinar cuál o cuáles son los que están incidiendo sobre la salud.
- **A largo plazo:** cuando el impacto sobre el estado de salud, no es detectado inmediatamente, sino que obedece a un período de incubación de los microorganismos que lo generan, como es el caso de los metales pesados presentes en cuerpos de agua. Esto hace que no sea posible establecer una relación inmediata sobre las causas que puedan estar asociadas a la contaminación.

Otro de los problemas que pueden surgir con la utilización de funciones dosis-respuesta, tiene que ver con los niveles y tiempos de exposición por parte de la población afectada con la contaminación, variable que es difícil controlar por el investigador, así como la medición de las variables ambientales, pues una mala medición conlleva a problemas econométricos en la ge-

3. Azqueta O. Diego. *Valoración Económica de la Calidad Ambiental*, McGraw Hill, 1995.

neración de los modelos o funciones. De otra parte, existe escasa investigación sobre la incidencia verdadera de algunas condiciones ambientales y los casos de morbilidad. Es decir no se está seguro de la relación causa-efecto que se puede o está generando.

Se debe tener presente que una mayor contaminación no implica mayores tasas de morbilidad o mortalidad, pues las personas pueden evitar el contacto o consumo en el caso de agua contaminada, lo que constituye una desventaja en el uso de esta metodología para la aplicación de contaminación hídrica. La función dosis-respuesta, no tiene en cuenta el hecho de que las personas pueden reaccionar frente a la contaminación que estén padeciendo bien sea evitando el consumo o contacto de las aguas en el caso de la contaminación hídrica, o la compra de purificadores de aire para la contaminación atmosférica.

Sin embargo a pesar de los sesgos que presenta, es a la vez la metodología más empleada en la valoración de los impactos en salud por contaminación ambiental, dada la relación que establece entre contaminación y morbilidad y de otro lado se complementa con el uso del método de los costos de tratamiento. El procedimiento usual para la aplicación del método dosis-respuesta, consiste en tomar una base de datos de niveles de morbilidad y mortalidad y relacionarlos con factores observables que afecten los indicadores de salud. Esta relación se obtiene por medio del análisis de regresión lineal, el cual se desarrolla en mayor detalle en el anexo 2.

Costos de tratamiento: son todos aquellos gastos médicos que están asociados al tratamiento de las enfermedades generadas por la contaminación del medio ambiente.

Costos de prevención: la contaminación del medio ambiente, puede generar una serie de condiciones adversas para la salud, las cuales van desde simples malestares hasta hechos graves como la hospitalización. Por esta razón, las personas a menudo realizan una serie de gastos para tratar de evitar o prevenir estas condiciones y estos costos de prevención, son una forma de expresar su disponibilidad a pagar con el fin de evitarlos.

3. Valoración económica del impacto de la contaminación hídrica en la cuenca del río San Juan

La contaminación del agua tiene efectos sobre la salud humana en la medida en que ésta es ingerida o usada para preparar alimentos, higiene personal, riego de cultivos y usos con fines pecuarios e industriales. Las enfermedades asociadas a la contaminación del agua, comúnmente han sido las de tipo infeccioso, que incluyen⁴: "el cólera, las diarreas por *Escherichia*

4. Tomado de: Descripción de las fuentes contaminantes del río Tunjuelito y morbilidad en la zona alta, media y baja en la localidad sexta Santa Fe de Bogotá. Autores: Ruth Pérez Grau, César Caicedo, Ross Mary Cabrejo A. Adielia Ruiz. Universidad de Antioquia. Facultad Nacional de Salud Pública "Héctor Abad Gómez". Especialización en Epidemiología. Santa Fe de Bogotá, 2000.

Coli, las diarreas virales, la hepatitis A, la fiebre tifoidea, y demás enfermedades intestinales provocadas por parásitos”.

Para evidenciar la relación entre la contaminación del agua y las enfermedades más frecuentes por esta causa, se decidió trabajar con el número de consultas por enfermedades como las diarreicas y parasitarias, las cuales serán denominadas para este trabajo, enfermedades de origen hídrico, y entre las cuales se encuentra la enfermedad diarreica aguda (EDA) y la parasitosis intestinal. Estas patologías se seleccionaron teniendo en cuenta que es posible relacionarlas con el microorganismo que las produce y que se encuentra presente en el agua contaminada con excretas, además por ser la única información sobre morbilidad que se pudo obtener.

3.1. Medición del impacto de la contaminación sobre la salud humana en la cuenca del río San Juan

Para la medición del impacto de la contaminación sobre la salud de la población, se estimó una función dosis-respuesta que permitió determinar en cuánto contribuye la contaminación por presencia de coliformes fecales (en los cuerpos de agua de la zona) a las enfermedades diarreicas que se presentan allí. La escogencia de los coliformes fecales obedece a que aguas contaminadas con excretas humanas o animales contienen microorganismos *Escherichia Coli*⁵ los cuales son los causantes de las enfermedades diarreicas.

Consideraciones teóricas del modelo:

Como ya se expuso anteriormente, la salud humana puede verse afectada por diversas causas, entre ellas, la contaminación del medio ambiente, por lo que se buscará determinar mediante la formulación de una función dosis-respuesta, en cuánto está contribuyendo la contaminación de los cuerpos de agua al empeoramiento de la salud de la población de la cuenca del río San Juan. Además de tener en cuenta otras variables que tiene relación directa e indirecta con la aparición de enfermedades.

VARIABLES DEL MODELO:

Para la aplicación de los métodos de valoración de la contaminación en la cuenca del río San Juan, se estima la siguiente ecuación para los municipios de ANDES, BETANIA, CIUDAD BOLÍVAR, JARDÍN Y SALGAR, en la zona urbana. Para la zona rural no fue posible la estimación, por no contar con la información suficiente.

$$\text{MORB} = C + B1\text{CONT} + B2\text{COBA} + B3\text{COBAL} + B4\text{HAC} + B5 \text{ÉPOCA}$$

Donde:

-
5. El *Escherichia Coli* es un microorganismo que se encuentra presente en las excretas de humanos y animales de sangre caliente.

MORB: Representa el número de casos por morbilidad de origen hídrico, registradas en la zona urbana, para las enfermedades diarreicas, las cuales están clasificadas entre los códigos 0090–0093. Se tiene información para los años 2000 y 2001. En algunos casos esta variable sólo representa el número de casos por EDA (Enfermedad Diarreica Aguda).

Los datos se obtienen trimestralmente y corresponden a personas menores de 5 años y personas mayores de 5 años por trimestre para cada uno de los años. El dato correspondiente a número de consultas debe ser modificado debido a que un mismo caso puede consultar varias veces, en estas circunstancias la variable se divide por 1.5 el cual es el promedio según censo médico para consultas de esta patología, el resultado da el número de casos aproximándolo a un número entero.

C: Representa el intercepto de la ecuación. Indica el número de casos de morbilidad hídrica que se pueden presentar cuando el nivel de contaminación y las otras variables es cero.

CONT: Representa la variable ambiental, medida en número más probable de coliformes fecales en 100 mls. Se escoge esta variable por ser la única que reporta la presencia de los microorganismos denominados *Escherichia Coli* y que son los causantes de las diarreas. El signo esperado es positivo.

La fuente de infección de las diarreas son las personas infectadas (con o sin diarrea) y el agua o los alimentos contaminados con heces de humano y animales de sangre caliente.

Los datos de la variable ambiental (contaminación) corresponden a los resultados de las muestras del agua cruda que la Empresa de Acueducto Municipal realiza sobre la fuente que surte este acueducto. La razón para escoger como indicadores los coliformes fecales, como parámetro ambiental, obedece a que no existen mediciones de la calidad de los cuerpos de agua de la región, ni evidencia del consumo o contacto de la población con aguas contaminadas que permitan establecer algún tipo de relación entre morbilidad y contaminación hídrica, por lo que se busca una aproximación a los niveles de contaminación de aguas por coliformes fecales en la región, mediante estos resultados.

COBA: Es la cobertura del acueducto urbano. La información la suministra la Empresa de Servicios Públicos encargada. Sólo se obtuvieron datos para los años 2000 y 2001 para los cinco municipios. El signo esperado es negativo, ya que a mayor cobertura de acueducto con potabilización de agua, la morbilidad de origen hídrico es menor.

COBAL: Es la cobertura del alcantarillado urbano. La información la suministra la Empresa de Servicios Públicos encargada. Sólo se obtuvieron datos para los años 2000 y 2001 para cinco municipios. El signo esperado es negativo, ya que a mayor cobertura de servicio de eliminación de excretas, la morbilidad de origen hídrico es menor.

HAC: Hacinamiento, mide la cantidad de personas que habitan por vivienda en la zona urbana. Los datos son reportados por las estadísticas SISBEN actualizadas al año 2002, pero no existen reportes periódicos. El signo espe-

rado es positivo. A mayor número de personas por habitación, las condiciones de higiene y por ende de presencia de enfermedades de origen hídrico es mayor.

ÉPOCA: Variable dicotómica que toma el valor de cero (0) si es época húmeda, la cual coincide con la cosecha de café y el valor de uno (1) si es época seca. El signo esperado es negativo. Es decir que se espera que en época de cosecha, las enfermedades de origen hídrico se presentan con mayor frecuencia.

Las variables que finalmente se emplearon para correr el modelo, fueron MORB, CONT y Época. Las variables COBA, COBAL y HAC, no se tienen en cuenta para la estimación del modelo debido a que con la cantidad de información obtenida para esas variables, no fue posible observar una variabilidad a lo largo del período que se analiza. El modelo estimado con las variables MORB, CONT y Época, busca establecer cómo contribuye la existencia de coliformes fecales y la época de cosecha cafetera, en la explicación de la presencia de enfermedades diarreicas. En cada municipio se realizaron algunos ajustes a las dos variables finalmente usadas, los cuales se describen en el anexo X.

En el cuadro 1 se muestra la base de datos que se empleó para correr el modelo de los municipios para los que se encontró información.

Cuadro 1. Variables del Análisis de Morbilidad Hídrica 2000-2001

ANDES				
Año	Trimestre	Morbilidad Urbana	Coli. fecal nmp/100mls	Época
2000	I	205	4,E+02	1
	II	231	2,E+04	0
	III	189	1,E+04	1
	IV	200	2,E+04	0
2001	I	183	4,E+03	1
	II	185	2,E+04	0
	III	286	2,E+04	1
	IV	262	2,E+04	0

CIUDAD BOLÍVAR				
Año	Trimestre	Morbilidad Municipio	Coli Fecal	Época
2000	I	73	2,40E+04	1
	II	78	2,40E+04	0
	III	66	2,40E+04	1
	IV	81	2,40E+04	0
2001	I	117	2,40E+04	1
	II	141	1,45E+04	0
	III	152	1,63E+04	1
	IV	117	6,90E+03	0

JARDÍN

Año	Trimestre	Morbilidad Urbana	Coli. Fecal	Época
2000	I	22	9,E+01	1
	II	11	7,E+01	0
	III	8	8,E+02	1
	IV	9	9,E+01	0
2001	I	23	2,E+03	1
	II	13	1,E+04	0
	III	11	4,E+02	1
	IV	10	1,E+02	0

SALGAR

Año	Trimestre	Morbilidad Urbana	Coli. Fecal	Época
2000	I	33	9,E+01	1
	II	32	8,E+02	0
	III	24	8,E+02	1
	IV	33	5,E+03	0
2001	I	49	2,E+04	1
	II	35	2,E+04	0
	III	27	2,E+04	1
	IV	39	1,E+02	0

Fuente: Datos contruidos por el proyecto con base en información obtenida en Hospitales municipales, direcciones locales de salud e Ingeniería Total. 2002.

Las estimaciones se realizan por el método de mínimos cuadrados ordinarios, la letra *l*, representa logaritmo natural y la letra *D* representa variación trimestral.

Para cada uno de los cuatro municipios para los que se tiene información se plantea el modelo

$$MORB = C + \beta_1 CONT + \beta_2 ÉPOCA$$

Los resultados de la corrida del modelo, mostraron que la contaminación por coliformes fecales, en la zona, no incide sobre las enfermedades diarreicas, pues el parámetro *CONT* no explica cómo se incrementan las enfermedades diarreicas ante el aumento en 1% de los coliformes fecales, además, de que en ninguno de los casos la variable *CONT* fue significativa para explicar la presencia de enfermedades diarreicas a pesar de que el modelo, para cada uno de los municipios, presentó un *R*² adecuado.

Ante estos resultados y considerando la posibilidad de que las variables presenten tendencias,⁶ que en este caso no sería posible verificar dada la

6. En presencia de tendencias se pueden sobrevalorar los resultados obtenidos en la regresión, ya que si todas presentan la misma tendencia se puede asumir un alto grado de dependencia entre ellas, conduciendo a resultados falsos.

escasez de los datos, se considera esta posibilidad y se corre una segunda regresión en diferencias para cada uno de los municipios. El cuadro 2, muestra los principales resultados que se obtuvieron.

Cuadro 2. Principales resultados, segundo modelo

Municipio	DLCONT		ÉPOCA		R ²
	β	t	β	t	
Andes	0,07	1,09	0,20	0,85	0,23
C. Bolívar	0,36	1,15	-0,09	0,44	0,25
Jardín	0,02	0,23	0,42	0,92	0,21
Salgar*	0,01	0,30	-0,08	0,47	0,05

* La variable del modelo para Salgar es de la forma LCONT.

Fuente: Resultados obtenidos al correr el programa econométrico Eviews.

Si se observan los resultados para el municipio de Andes, se encuentra que ante un aumento del 1% en los niveles de CONT las enfermedades diarreicas se incrementan en un 7%, sin embargo, esta variable no es significativa para explicar el modelo, pues según el criterio de la tabla t, se considera que un parámetro es estadísticamente significativo si el t calculado del parámetro es mayor que 2 (en términos absolutos) y en este caso el resultado fue 1,09. Con respecto al R² (coeficiente de determinación muestral, que mide el porcentaje de la variación total en la variable dependiente y las variables explicativas) éste sólo explica la variabilidad del modelo en un 23%.

Con respecto a la variable Época, el signo esperado es negativo, pero el resultado arroja un signo positivo el cual indica que la aparición de las enfermedades diarreicas es explicada en un 20% por la época de no cosecha cafetera. Este porcentaje puede estar influenciado por el hecho de que sólo se está teniendo en cuenta para la corrida del modelo, la morbilidad de origen hídrico y las muestras de agua para consumo humano en la zona urbana.

En general, se puede afirmar que con la información existente no es contundente estadísticamente la relación causa-efecto entre la morbilidad de origen hídrico y la contaminación de los cuerpos de agua. La no contundencia en el análisis estadístico se debe a problemas de cantidad y calidad de la información disponible en lo relacionado con: número de datos insuficientes, registros médicos de consulta incompletos y poca confiabilidad en los datos registrados en algunas de las muestras de agua analizadas (acueducto rural Ciudad Bolívar) entre otros. Para este análisis se requiere recoger información a nivel de censo sobre la ubicación y estado de las fuentes de agua para consumo de la población, así como las condiciones de higiene, estado habitacional y educación de la misma.

Como ya se ha señalado, la cuenca del río San Juan se caracteriza por ser una zona netamente cafetera, por lo que es posible deducir que los cuerpos de agua se contaminan por los residuos del beneficio húmedo del café,

además de las aguas residuales domésticas que son vertidas a los cuerpos de agua sin ningún tipo de tratamiento.

3.2. Modelo para estimar y diferenciar la carga orgánica

Para la formulación de un modelo de medición de carga orgánica, que permita confirmar la cantidad de materia orgánica ocasionada por la actividad humana y animal así como la ocasionada por la carga orgánica generada por la producción de café, tanto para época de cosecha como de no cosecha, dado que es ésta la actividad económica predominante en la zona, se plantea una metodología para validar el uso del método dosis-respuesta. El planteamiento de esta metodología busca dar a conocer en cuánto contribuye la producción de café cereza beneficiado y la emisión de materia orgánica de actividad humana y producción animal (producción intensiva) en las microcuencas que surten acueductos o que son representativas para la comunidad, bien sea por su uso productivo o ubicación cercana a centros urbanos, comerciales, educativos o productivos. Una vez obtenida la carga que aporta cada actividad al cuerpo de agua, se empieza como variable ambiental y se relaciona con los niveles de morbilidad presentes en la zona. Esta formulación queda como un aporte susceptible de ser aplicado a futuro una vez se hayan realizado las muestras de laboratorio en los cuerpos de agua y se hayan obtenido los datos necesarios para la corrida del modelo. La metodología se expone a continuación.

Consideraciones teóricas del modelo:

Es importante tener en cuenta al momento de analizar los impactos de la contaminación sobre el medio ambiente, las relaciones que se producen entre los ciclos productivos de la economía y los ciclos naturales, ya que éstos están determinados por la capacidad de asimilación del ecosistema que está siendo receptor de la contaminación.

Los residuos contaminantes al depositarse en el medio ambiente, generan problemas de contaminación cuando el ecosistema pierde la capacidad para degradarlos y convertirlos en productos no dañinos, al ser la cantidad de carga contaminante superior a la capacidad de asimilación. Sobre este aspecto, el comportamiento de la capacidad de asimilación del ecosistema se puede medir calculando las diferencias entre cargas de demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5) y demanda química de oxígeno (DQO) sobre el caudal de la zona donde se producen estas emisiones.⁷

La Demanda Química de Oxígeno, es usada para determinar el contenido total de materia inorgánica de las aguas residuales. Es decir para determinar la materia no biodegradable.

7. Cerda Ampíe Rosa Lila. *Valoración del Impacto de Contaminación Hídrica de la Actividad Cafetera en Microcuencas*. Bogotá, 1996.

La Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅) corresponde a la carga orgánica biodegradable por la actividad biológica la cual proviene de diferentes fuentes y emplea el oxígeno disuelto presente en el agua. Las fuentes de carga orgánica pueden ser naturales o antrópicas. Dentro de las naturales está la vegetación y arrastre de materiales por escorrentía y entre las antrópicas, las aportadas por las aguas residuales domésticas, excretas, residuos sólidos y subproductos de la actividad agrícola, agroindustrial, industrial y comercial. Los problemas que genera el agua contaminada se reflejan en la imposibilidad de ser empleada en forma directa o indirecta por la comunidad para realizar actividades económicas o para consumo humano.

Una vez obtenida la información sobre la capacidad de asimilación del ecosistema que se está analizando, se construye un modelo de regresión lineal que permita estimar el posible impacto de estas cargas sobre las microcuencas.

VARIABLES DEL MODELO:

Se considera el siguiente modelo:⁸

$$DCO = DCO(CMB, CMQ, \acute{E}POCA)$$

DCO: Demanda combinada de oxígeno. Definida como la variable dependiente y que es medida por los resultados de muestras de agua en mg/ día de DBO y DQO, tomadas en las fuentes de agua definidas por el investigador y para período de cosecha y no cosecha cafetera.

CMB: Carga de materia biológica, definida como una variable proxy que es medida en época de cosecha como en época de no cosecha, en cada una de las fuentes de agua definidas por el investigador. Toma como dato la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) que es depositada por la actividad humana y animal de la población, todo dividido por el caudal en los respectivos puntos.

$$CMB = \frac{DBO \text{ humano (gr /día/ persona) + DBO animal (gr / día/ animal)}}{\text{Caudal (l / seg./ día)}}$$

CMQ: Carga de materia química, definida como una variable proxy que es medida en época de cosecha como en época de no cosecha, en cada una de las fuentes de agua definidas por el investigador. Toma como dato la demanda química de oxígeno (DQO) que es depositada por la producción de arroba de café cereza beneficiado, en cada una de las zonas ya definidas.

$$CMQ = \frac{DQO \text{ café (gr /día / arroba)}}{\text{Caudal (l / seg./ día)}}$$

ÉPOCA: Definida como una variable dicotómica, que toma el valor de cero (0) para época de cosecha, la cual coincide con la estación de invierno,

8. Ibid.

y toma el valor de uno (1), para época de no cosecha, que coincide con la estación de verano.

Una vez obtenido los resultados de la regresión, se procede a analizar las elasticidades que están indicando cómo aporta cada carga contaminante a la degradación del cuerpo de agua y cómo es la relación existente entre las actividades domésticas y la producción económica para la contaminación de los cuerpos de agua.

3.3. Valoración económica del impacto en salud

Para la valoración económica de los impactos de la contaminación en la salud, resulta fundamental establecer estadísticamente la relación causa-efecto entre la contaminación hídrica y los casos de morbilidad.

Una vez determinada esta relación, se procede a establecer la relación existente entre el cambio en el estado de salud y alguna medida monetaria que permita expresarlo. Para esto se procedió a estimar los costos en que incurre la población afectada por enfermedades de origen hídrico.

El procedimiento para el cálculo de costos, toma en cuenta todas las consultas por enfermedades diarreicas y parasitarias que se presentaron en el municipio, tanto zona urbana como rural, como una aproximación de las enfermedades que están relacionadas con el consumo o contacto de agua con coliformes fecales, teniendo en cuenta que la presencia de estas enfermedades también obedecen a la presencia de otros factores como es el caso de condiciones higiénicas, situación de pobreza, educación y hábitos culturales.

3.4. Costos asociados a la pérdida de salud

Para la estimación de estos costos, se calculan inicialmente los costos por tratamiento (costos directos) para las enfermedades de origen hídrico de las cuales, se tiene conocimiento son causadas por contacto o consumo con agua contaminada con algún microorganismo que incida sobre la salud humana. Estos costos fueron calculados para cada uno de los municipios objeto de estudio como Costos Directos Asociados a las Enfermedades de Origen Hídrico. Luego con la información obtenida en este cuadro, se calculan los costos indirectos asociados a la contaminación hídrica, los cuales incluyen los costos por días perdidos por consulta, hospitalización e incapacidad, así como los perdidos por faltar a la escuela colegio o jornada laboral, Costos Indirectos Asociados a las Enfermedades de Origen Hídrico. Por último se tiene el costo total por costos directos e indirectos asociados a las enfermedades de origen hídrico, los cuales son el resumen de los costos directos e indirectos.

Una vez recopilada la información anterior, se procedió a construir cada una de las variables municipio por municipio, realizando extrapolaciones por grupos etáreos para determinar rango de costos por edad, días de inasistencia escolar o laboral y días por consulta y hospitalización. Las cifras correspondientes al año 2002 de los costos médicos incurridos por el padecimiento de

enfermedades de origen hídrico y costos educativos; fueron deflactadas, con el fin de conocer los valores para los años 1998, 1999, 2000 y 2001.

Los resultados de estos costos se presentan en el cuadro 3.

Cuadro 3. COSTOS TOTALES POR CONTAMINACIÓN

Municipio	AÑO	COSTOS DIRECTOS				COSTOS INDIRECTOS			Costo total
		Total Consulta	Costo total por consul	Costo total Hospitaliz.	Costo total Droga	Costo total Primaria	Costo total Bachillerato	Costo Laboral	
Andes	2000	2 212	25 057 656	33 762 880	24 586 380	371 901	285 679	18 943 950	
	2001	2380	29 422 674	39 798 925	28 755 160	429 241	330 214	22 145 925	
	Total	4.592	54 480 330	73 561 805	53 341 540	801 142	615 893	41 089 875	223.890.585
Betania	2000	651	6 845 916	3 864 520	6 127 785	211 924	185 087	771 630	
	2001	372	4 252 332	2 100 360	3 501 976	97 442	94 034	648 267	
	Total	1.023	11.098.248	5.964.880	9.629.761	309.366	279.121	1.419.897	28.701.273
Ciudad Bolívar	2000	773	8 195 346	5 232 510	6 924 645	33 558 465	26 154	1 734 000	
	2001	1 263	14 554 812	10 111 520	12 627 694	60 464	48 111	3 155 423	
	Total	2.036	22 750 158	15 344 030	19 552 339	33 618 929	74 265	4 889 423	96.229.144
Jardín	2000	286	3 032 172	829 330	3 178 890	112 168	89 526	242 760	
	2001	526	6 061 624	1 352 220	6 355 132	292 823	236 088	629 178	
	Total	812	9 093 796	2 181 550	9 534 022	404 991	325 614	871 938	22 411 911
Salgar	2000	752	5 079 008	3 731 985	6 773 310	321 333	251 478	971 040	
	2001	529	3 883 918	4 056 660	5 744 562	187 887	165 108	705 467	
	Total	1.281	8 962 926	7 788 645	12 517 872	509 220	416 586	1 676 507	31.871.756

Fuente: Cálculo elaborado por el autor, con base en información recopilada en la zona de estudio.

4. Conclusiones

En el estudio realizado, se empleó el método dosis-respuesta para estimar la relación entre contaminación hídrica y morbilidad. De acuerdo con los resultados obtenidos, no se logra establecer la relación estadística contundente entre estas variables, sin embargo, si se obtiene una relación positiva entre niveles de morbilidad y contaminación hídrica medida en número más probable de coliformes fecales, lo que evidencia la existencia de un problema real de contaminación en la cuenca.

Los modelos estadísticos que se plantearon para explicar el comportamiento de la morbilidad de origen hídrico, empleando dos variables CONT y ÉPOCA, no explicaron satisfactoriamente la situación que se presenta en la zona. Para mejorar la capacidad explicativa de estos modelos es necesario

incluir más variables que ayuden a explicar la morbilidad de origen hídrico. Como variables idóneas que ayuden a explicar la morbilidad de origen hídrico se plantearon las variables COBA, COBAL y HAC, pero para poder ser incluidas en el modelo se deben resolver los sesgos de información existentes.

Se debe tener en cuenta que para el caso de la contaminación hídrica, las personas asumen medidas preventivas, lo que puede reflejarse en la poca capacidad explicativa de la variable ambiental de contaminación frente a la presencia de enfermedades de origen hídrico. Además, es importante tener presente que existe un grupo de la población que por diversas causas no consulta cuando padece alguna enfermedad de tipo infeccioso-parasitario o diarreica.

Pese a las limitaciones encontradas para el desarrollo del ejercicio estadístico, esta metodología constituye un importante ejercicio teórico y práctico que permite evidenciar los grandes sesgos de información existentes, así como el uso de técnicas inadecuadas para la toma de muestras y medición de indicadores ambientales.

Al efectuar la valoración económica por el método de los costos de tratamiento, los municipios que más resultaron afectados por los costos incurridos por enfermedades hídricas fueron Andes con \$223.890.585 millones de pesos para el período 2000 y 2001 y Ciudad Bolívar con \$96.229.144 para el mismo período, siendo Andes, el que presenta mayores pérdidas en términos de costos sociales. Los municipios de Betania, Jardín y Salgar, tuvieron pérdidas por \$28.701.273, \$22.411.911 y \$31.871.756 respectivamente; que si se comparan con las que presentaron Andes y Ciudad Bolívar representan menores pérdidas económicas por causa de las enfermedades de origen hídrico.

El método de los costos de tratamiento, aporta información valiosa acerca de los costos en que incurren las personas afectadas por enfermedades de origen hídrico. Además, provee información que facilita la toma de decisiones en cuanto a política e inversión social.

Independientemente de los resultados obtenidos en las regresiones estadísticas, la situación de contaminación hídrica en la región es un problema claro, que es posible detectar intuitivamente por las cifras de morbilidad hídrica que se presentaron en la zona, además de la misma preocupación de la población de la región, aunque la población no perciba completamente la magnitud y origen del problema.

La mala calidad de información obtenida no permitió determinar la contaminación que las aguas residuales domésticas producen a los cuerpos de agua de la región, así como la generada por el sector cafetero. Por la falta de mediciones periódicas de indicadores de calidad ambiental (DBO, DBO5, SST, etc) en los sitios de descarga de los alcantarillados, no se pudo establecer el impacto contaminante generado a la población asentada alrededor de estos sitios de descarga.

Hasta la fecha no se han realizado estudios serios sobre caracterización de vertimientos contaminantes del sector cafetero. No se tiene conocimiento real de los sistemas de beneficio empleados por cada una de las fincas de la

cuenca, tampoco se conocen las fuentes a donde vierten los desechos producidos por estos sistemas o como disponen de ellos. Ante la ausencia de mediciones no se tiene conocimiento de la cantidad de Kg de DBO₅ y SST reales aportados a las fuentes de agua de la cuenca.

5. Recomendaciones

Es importante realizar caracterizaciones de los cuerpos de agua más contaminados y más representativos de cada municipio, de manera que se puedan llevar a cabo estudios de impactos ambientales en esa cuenca cuyos resultados se puedan extrapolar a otros sectores de la zona dada su similitud. Estas caracterizaciones deben ser realizadas tanto en época de cosecha cafetera como en época de no cosecha.

Es primordial comenzar a llevar los registros adecuados en los SIS (Sistema Identificación Salud), categorizando la procedencia de las personas que consultan, así como las posibles causas que pueden explicar la procedencia de la enfermedad. Si bien es cierto que estos datos se consignan en las historias clínicas de cada paciente, no aparece registrada en los reportes estadísticos.

Es necesario unificar criterios para la recolección y manejo de la información que cada dependencia hospitalaria o administración pública municipal maneja, ya que en todos los municipios de la zona de estudio, se presentaron grandes inconvenientes por problemas en los sistemas de información.

6. Bibliografía

ANTIOQUIA. COMITÉ DEPARTAMENTAL DE CAFETEROS. *El Beneficio del Café*. Primera edición. Medellín, Colombia, 1991.

AZQUETA O., Diego. *Valoración económica de la calidad ambiental*. Mac Graw Hill, 1995.

BARRY C., Field. *Economía Ambiental, una introducción*. Mac Graw Hill, 1995.

CENICAFÉ. "Programa de Postcosecha". En: *Beneficio ecológico del café*. Chinchiná, 1996.

CENTRO MÉDICO DE ANDES. Base de datos, Antioquia, 2000-2001.

CERDA AMPIE, Rosa Lila. *Valoración del Impacto de Contaminación Hídrica de la Actividad Cafetera en Microcuencas*. Bogotá 1996. 58 p. Trabajo de grado (Maestría Ciencias Económicas y Ambientales). Universidad de los Andes. Facultad de Economía.

CORANTIOQUIA. *Plan de gestión ambiental, 1998-2006*.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACION. *Anuario estadístico de Antioquia, 2000*.

DIXON A., John. *The economic valuation of health impact*. World Bank.

- DIRECCIÓN LOCAL DE SALUD, Municipios de Andes, Ciudad Bolívar, Jardín y Salgar, 2002.
- FERREIRA, Paola y RODA, Pablo. "Tasas por contaminación industrial de agua". En: *Planeación y Desarrollo*. Bogotá. Vol. XXVII, N° 2, abril-junio 1996.
- Gómez Giraldo y otros. *Valoración Económica de los Costos Sociales a la Salud por la Contaminación Hídrica en el Municipio de Heliconia*. Medellín, 2001, 90 p. Trabajo de grado (Economista). Universidad de Antioquia. Facultad de Ciencias Económicas.
- GONZÁLEZ, Jaime H.; MÁRQUEZ T., Luis G.; ORTIZ A., Patricia Inés. *Diagnóstico para la Implementación del Plan de Reforestación de la Cuenca del Río San Juan en el Municipio de Ciudad Bolívar, Antioquia*. Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid. Ciudad Bolívar.
- FORERO A., Jaime y TORRES G., Luz Elba. "Sistemas de Producción y Recuperación de Microcuencas Andinas en Colombia". En: *Ensayos de Economía*. Universidad Nacional de Colombia. Medellín, N° 19, octubre de 2001.
- GUJARAT, Damodar N. *Econometría*. 3ª ed. Mac Graw Hill, 1999.
- HERRADOR, Doriber. *Introducción a la Economía Ambiental y de Recursos Naturales*.
- HOSPITAL SAN RAFAEL. Estadísticas Salud. Andes, Antioquia, 2001.
- HOSPITAL SAN ANTONIO. Base de datos. Betania, Antioquia, 2001.
- HOSPITAL LA MERCED. Base de datos Ciudad Bolívar, Antioquia, 2000-2001.
- HOSPITAL GABRIEL PELÁEZ MONTOYA. Sistema de Información de Salud SIS. Jardín, Antioquia, 2000-2001.
- LLORENTE, Blanca et al. "Valoración económica de los costos a la salud por la contaminación hídrica". En: *Planeación y Desarrollo*. Bogotá. Vol. XXVII, N° 2, abril-junio, 1996.
- MENDIETA, Juan Carlos. *Manual de valoración Económica de bienes no mercadeables*. Universidad de los Andes. Facultad de economía. Bogotá, 1999.
- MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. Aguas Limpias para Colombia al Menor Costo. Implementación de las Tasas Retributivas por Contaminación Hídrica.
- MUNICIPIO DE ANDES. *Plan Básico de Ordenamiento Territorial, Fase Diagnóstico*, Antioquia, febrero de 2000.
- MUNICIPIO DE ANDES. *Plan de Desarrollo 1998-2000*, Antioquia.
- MUNICIPIO DE CIUDAD BOLÍVAR. *Plan Básico de Ordenamiento Territorial. Fase Diagnóstico*, Antioquia, 1999.
- MUNICIPIO DE CIUDAD BOLÍVAR. *Programa Agropecuario Municipal P.A.M. UMATA 1998-2000*, Antioquia.
- MUNICIPIO DE JARDÍN. *Esquema de Ordenamiento Territorial. Fase de diagnóstico*. Documento Técnico, Antioquia, 1998-1999.
- MUNICIPIO DE JARDÍN. *Plan de Desarrollo Municipal*, Antioquia, 1998-2000.
- MUNICIPIO DE SALGAR. *Esquema de Ordenamiento Territorial 1998-2006*.

- MUNICIPIO DE SALGAR. *Plan de Desarrollo Municipal*, Antioquia, 1998-2000.
- MUÑOZ RODAS, Dorian Alberto. *Implementación del Decreto 901 de 1997 en la Cuenca del Río San Juan - Suroeste Antioqueño*. Tasas Retributivas por Vertimientos Líquidos. Corporación Autónoma Regional de Antioquia CORANTIOQUIA.
- ORTIZ H., Carlos; Escobar, Jaime y García, Diego. "Contaminación atmosférica y salud: estimación de una función dosis respuesta para Cali". En: *Planeación y Desarrollo*. Bogotá. Vol. XXVII, Nº 2, abril - junio 1996.
- OSTRO, Bart. *Estimating the Health and Economic Effects of Particulate Matter in Jakarta: A Preliminary Assessment*, paper presented at the Fourth Annual Meeting of the International Society for Environmental Epidemiology, Cuernavaca, Mexico, 26-29 August 1992.
- OSTRO, Bart. *Estimating Health Effects of Air Pollutants: A Methodology with an Application to Jakarta*. Policy Research Working Paper 1301. Washington, D.C. the World Bank, 1994.
- PEARCE W., David y TURNER, Kerry. *Economía de los recursos Naturales y del Medio Ambiente*. Celeste ediciones, 1995.
- SECRETARÍA DE AGRICULTURA. *Inventario Pecuario Zona Suroeste, Antioquia; años 1999, 2000 y 2001*.
- SECRETARÍA DE AGRICULTURA URPA - UMATA. *Evaluación Definitiva Municipal de Cultivos Permanentes y Semipermanentes; municipios de Andes, Ciudad Bolívar, Jardín, Hispania, Tarso, Betania, Salgar y Pueblo Rico*. Antioquia, 2001.
- SIMEÓN CAÑAS, José. *Práctica sobre valoración económica bajo el método de los costos evitados o inducidos*. Universidad Centroamericana, 1998.
- SISBEN. Estadísticas actualizadas a 27 de febrero de 2002. Municipio de Ciudad Bolívar, Departamento de Antioquia.
- SISBEN. Estadísticas actualizadas a marzo 22 de 2002. Municipio de Andes, Departamento de Antioquia.
- SISBEN. Estadísticas actualizadas a marzo 18 de 2002. Municipio de Jardín. Departamento de Antioquia.