

**COSTOS DE LA ENFERMEDAD ASOCIADOS A LA CONTAMINACION DE
LA CIENAGA DE LA VIRGEN EN CARTAGENA DE INDIAS**

MARTHA ALICIA YANEZ CONTRERAS

**Tesis de Magíster en Economía y Magíster en
Economía del medio ambiente y los Recursos Naturales**

**Asesor: Juan Carlos Mendieta López
Magíster en Economía del Medio Ambiente y los Recursos Naturales**

**UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
SANTAFE DE BOGOTA**

2007

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCION	1
2. LOS DATOS	9
3. METODOLOGIA	19
3.1 EL MODELO POISSON	20
3.2 EL MODELO	21
4. DISCUSION DE RESULTADOS	24
4.1 RESULTADOS ECONOMETRICOS	24
4.2 NUMERO ESPERADO DE CASOS POR ENFERMEDAD	28
4.3 UNA APLICACIÓN DE LOS RESULTADOS: EL CASO DEL EMISARIO SUBMARINO	30
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	38
BIBLIOGRAFIA	40
ANEXOS	46

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Barrios y Corregimientos por zonas consideradas en el estudio	12
Tabla 2 Normas colombianas para aguas destinadas a recreación	15
Tabla 3 Promedio aritmético y geométrico de coliformes totales y fecales por zona	16
Tabla 4 Regresión OLS para constatar sobredispersión el modelo Poisson	24
Tabla 5 Regresiones Poisson estimadas para EDA, IRA y Dermatitis	27
Tabla 6 Cambio en el número esperado de casos a partir de un cambio marginal en la contaminación	29
Tabla 7 Costos de tratamiento del número de casos estimado	30
Tabla 8 Población expuesta a la contaminación de la Ciénaga de la Virgen	33
Tabla 9 Número esperado de casos. Escenario actual y futuro	33

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 Localización de puntos de monitoreo, barrios y corregimientos	13

LISTA DE GRAFICOS

	Pág.
Grafico 1 Participación de las enfermedades	12
Grafico 2 Contaminación por Barrios	16
Grafico 3 Cobertura de servicios públicos	17
Grafico 4 Numero esperado de casos por enfermedad	33

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A Estadísticas descriptivas	46
Anexo B Regresiones	46
Anexo C Tabla de datos	48
Anexo D Proyecto de abastecimiento de Agua, Alcantarillado y Ordenamiento Ambiental de Cartagena. Componentes del Proyecto.	49
Anexo E Sistema Principal De Impulsión De Aguas Residuales, Planta De Tratamiento Y Emisario Submarino	50

COSTOS DE LA ENFERMEDAD ASOCIADOS A LA CONTAMINACION DE LA CIENAGA DE LA VIRGEN EN CARTAGENA DE INDIAS*

MARTHA ALICIA YANEZ CONTRERAS

RESUMEN

Este estudio calcula el costo económico de tratar los efectos de la contaminación de la Ciénaga de la Virgen en Cartagena de Indias, sobre la salud de la población asentada en su área de influencia.

En 2007, el año más reciente para el cual se dispone de un monitoreo continuo y completo de la calidad de agua de la Ciénaga, es el año 2002. En el análisis, la población residente en 22 barrios ubicados a orillas de esta, es agrupada en 12 zonas que reportan su morbilidad en el sistema de estadísticas del Departamento Administrativo Distrital de Salud (DADIS). Los datos utilizados son los casos reportados de EDA, IRA y Dermatitis en el año 2002. El nivel de exposición a la contaminación de la Ciénaga es determinado por zona, de acuerdo a los reportes de lecturas de coliformes totales y fecales provenientes de las 24 estaciones de monitoreo existentes en el año 2002. Las funciones dosis-respuesta para EDA, IRA y Dermatitis se construyeron con estos datos.

* Artículo realizado como tesis de Magíster en Economía del Medio Ambiente y los Recursos Naturales, de la Universidad de los Andes bajo la asesoría de Juan Carlos Mendieta.

Los resultados muestran que el número de casos esperado por Dermatitis, EDA e IRA, así como los costos asociados a su tratamiento, son considerablemente mayores en las zonas expuestas a mayor contaminación.

Al final se utilizan los resultados para calcular los ahorros en costos de tratamiento de estas enfermedades derivados de la ejecución de políticas públicas de saneamiento, como la construcción de un emisario submarino que eliminará el uso de la Ciénaga como receptor de aguas residuales, y cuya construcción empieza en 2007 como parte de la implementación del Plan Maestro de Acueducto y Alcantarillado en la ciudad. Se encontró que, a precios del 2006, los ahorros anuales en costos de tratamiento son de \$17.531.000 por zona y de \$6554 por hogar.

PALABRAS CLAVES: Costos de la enfermedad, contaminación, aguas servidas, modelo poisson.

Clasificación JEL: I12, I38, C21, C29, R59.

I. INTRODUCCION

Inicialmente desarrollado por Grossman (1972), el modelo de Producción de Salud, supone que los individuos producen su capital de salud dentro de un esquema de maximización de utilidad y que están dispuestos a ajustar su comportamiento con tal de defenderse frente a cambios en los niveles de contaminación. Teniendo en cuenta que el individuo conoce su función de producción, el modelo prevé que escogerá su nivel de salud y los insumos para alcanzarlo, al mínimo costo. Fue Crooper (1981) quien introdujo en la función de Producción de Salud una variable exógena de contaminación. Mas adelante, contribuciones de Harrington y Portney (1987) extendieron el modelo para

analizar de manera explícita las relaciones entre la disponibilidad a pagar por reducciones en el nivel de contaminación y cambios en los costos asociados a la enfermedad y en los gastos defensivos. Una presentación de Freeman (1992), recoge estos avances para derivar una medida observable de la disponibilidad marginal a pagar de un individuo (DMAP) por reducir la contaminación¹. En esta se asume que los gastos en los que el individuo incurre para prevenir y tratar las enfermedades (gastos defensivos) están inversamente relacionados con el nivel de salud; que a medida que aumentan los niveles de contaminación, también se incrementan los días de incapacidad atribuibles a la enfermedad y que estos aportan desutilidad al consumidor. Finalmente, la DMAP resulta de sumar la reducción observable en los costos de las enfermedades y las actividades para prevenirlas y la monetización de la desutilidad causada por la enfermedad. A su vez, la reducción en el costo de la enfermedad consiste en el valor económico de la reducción en los gastos de tratamiento y las reducciones en el tiempo libre.

De esta forma, el modelo de Producción de salud, muestra los costos de tratar la enfermedad o restablecer el estado de salud, como uno de los componentes de la expresión obtenida para la DMAP por evitar la contaminación. Pero, aspectos prácticos como la poca factibilidad de hacer entrevistas a una muestra representativa cuando la población estudiada es muy grande, o la dificultad para identificar demanda por bienes de mercado que revelen acciones defensivas, cuando la población afectada es muy pobre, han llevado a considerar el uso del enfoque de costos de tratar la enfermedad

¹ $DMAP = P_w * \frac{ds}{dc} + P_a * \frac{\partial a^M}{\partial c} + P_b * \frac{\partial b^M}{\partial c} - \frac{\partial U / \partial s}{\lambda} * \frac{ds}{dc}$. Con esta expresión, la DMAP aparece como la suma de tres componentes $P_w * ds/dc$, es el valor monetario del impacto de la reducción de la unidad de contaminación (c) sobre el número de días de incapacidad por la enfermedad (s). El segundo $P_a * \partial a^M / \partial c$ y $P_b * \partial b^M / \partial c$ muestran en términos monetarios los ajustes óptimos de las demandas por las actividades defensivas (a^M y b^M) frente al cambio en c. El término $(-\partial U / \partial s) / \lambda * ds/dc$ corresponde el valor monetario de la desutilidad producida por la enfermedad. La monetización se obtiene a partir de la tasa de salarios (P_w), el precio de actividades preventivas (P_a) y el precio de actividades de mitigación (P_b).

como una aproximación de la DMAP. Este enfoque ha recibido críticas como método para obtener la DMAP debido a que la reemplaza con la medida de un costo ex post. De allí que normalmente se tome como una simplificación de la medida de la disponibilidad marginal a pagar (Berger, Blomquist, Kenkel y Tolley, 1987). En una revisión exhaustiva de las aplicaciones de este método, Dickie y Gerking (2002), presentan evidencia proveniente de estudios empíricos que muestra como las DMAP estimadas exceden en una relación de uno a tres o más, los correspondientes costos de la enfermedad estimados (Berger et al. 1987, Chesnut et al. 1988, Chesnut, Keller, Lambert y Rowe 1996, Dickie y Gerking 1991, Rowe y Chesnut, 1985, Agee y Crocker 1996, Viscusi, Magat y Huber 1991, y Krupnick y Cropper 1992). En la actualidad, se tiende a aceptar la sugerencia de Harrington y Portney (1987), en el sentido de que el cálculo de los costos de tratamiento de la enfermedad puede ser considerado como el límite inferior de la DMAP.

El método de Costos directos de la enfermedad presenta la variable contaminación como una variable exógena que afecta el estado de salud. Los cambios en la salud de las personas pueden darse en términos de morbilidad. La morbilidad a su vez puede ser expresada a través del número de casos reportados de una enfermedad y finalmente el cálculo de los costos de tratamiento de esta enfermedad representaría el límite inferior de la DMAP por reducir a morbilidad asociada a la contaminación.

La relación entre nivel de salud y la contaminación hídrica por disposición de aguas servidas en aguas de uso recreativo, ha sido ampliamente explorada. Investigaciones previas desarrolladas en diferentes países, Cabelli, Dufour, McCabe y Levin (1982) en Estados Unidos, Cheung, Chang y Hung (1990) en Hong Kong, Corbett, Rubin, Curry y Kleinbaum (1993) en Sydney y Fleisher, Kay, Salmon, Jones, Weir y Godfree (1996) en Inglaterra, han establecido fuertes relaciones entre la contaminación hídrica por disposición de residuos y el reporte de enfermedades gastrointestinales, síntomas respiratorios e infecciones de la piel.

De manera similar a los estudios de Cabelli, et al. (1982) y Fleisher, et al. (1996), la mayor parte de la literatura producida en torno a este tema, ha encontrado resultados relevantes para asociar un mayor reporte de enfermedades gastrointestinales a los aumentos en el nivel de contaminación. Corbett et al. (1993), en un estudio que utiliza datos provenientes de usuarios de 12 playas en Sydney, monitoreadas durante 44 días, destaca el tiempo de exposición para explicar la frecuencia de casos reportados. En este trabajo, la incidencia de los síntomas de infección respiratoria y de la piel aumentó tanto con los niveles de contaminación como con el tiempo de exposición. Para el caso de los síntomas gastrointestinales, el autor no encontró relación con el nivel de contaminación pero sí con el tiempo de exposición. Concretamente, la probabilidad de presentar síntomas fue 4,6 veces mayor en individuos expuestos un mayor tiempo². El estudio de Cabelli, et al. (1982) revela relaciones a niveles muy bajos de contaminación, por lo que sugiere estudiar otras rutas potenciales de transmisión de la contaminación, diferente a la de nadar en aguas costeras, como vapores provenientes de las aguas receptoras de aguas servidas municipales.

Estos resultados, sugieren la importancia de valorar el impacto sobre la salud y el bienestar de los habitantes, derivado de la aplicación de políticas de saneamiento básico como la decisión de disponer las aguas cloacales en cuerpos de agua situados en proximidades de populosos asentamientos urbanos. Decisiones como estas, elevan la exposición a la contaminación, disminuyen el estado de salud e incrementan el costo económico de restablecerlo. Cualquier valoración económica de los beneficios asociados a la ejecución de proyectos de infraestructura o normatividad relacionados con políticas de saneamiento básico y salud pública, deberá tener en cuenta el cambio en los costos económicos de tratar las enfermedades cuando cambia el nivel de contaminación.

² El autor construye una razón de probabilidades de presentar síntomas entre los individuos que se sumergen en el agua por más de treinta minutos y los que nadan por menos de ese tiempo.

La Ciénaga de la Virgen recibe el 60% de las aguas servidas (no tratadas) generadas por la población cartagenera. El caudal es de 62.000 m³/día distribuidos entre colectores, estaciones de bombeo, estaciones elevadoras y canales³. Cerca de 400.000 personas viven en sus orillas y cercanías, estableciendo relaciones de vecindad o económicas con este cuerpo de agua. Considérese que de acuerdo al censo de 2006 la población Cartagenera es de aproximadamente 900.000 habitantes.

El Plan maestro de alcantarillado en el distrito de Cartagena tiene entre sus objetivos eliminar los vertimientos de alcantarillado a la Ciénaga de la virgen mediante la construcción de un emisario submarino⁴. Los ejercicios de simulación realizados por la empresa de acueducto de la ciudad (ACUACAR), muestran el descenso en las concentraciones de coliformes en gran parte de la Ciénaga de la Virgen, una vez esté operando el Emisario. Se prevé alcanzar niveles por debajo de los requeridos en el decreto 1594 de 1984, para aguas de contacto primario y secundario.⁵ Adicionalmente, el plan maestro incluye la expansión del sistema de acueducto a una cobertura del 95%, beneficiando a 260.000 personas ubicadas principalmente en la zona de influencia de la Ciénaga de la virgen⁶.

En un trabajo reciente, Meer, Milen y Rosen (2003), utilizan los resultados de una encuesta aplicada a una muestra representativa de la población de Estados Unidos durante el periodo 1984-1999 para analizar el impacto del bienestar sobre el estado de salud individual. Sus conclusiones defienden la idea de que solo cambios de largo plazo en el bienestar puede explicar cambios significativos del estado de salud.

³ Información suministrada por la Empresa Aguas de Cartagena (ACUACAR).

⁴ ACUACAR. Consideraciones Técnicas del Emisario Submarino de Cartagena. 2003

⁵ ACUACAR. Gerencia de Medio Ambiente y Calidad. Informe de Parámetros de coliformes totales y fecales esperados en un escenario futuro con un 5% de descargas y funcionando el emisario.

⁶ Aguas de Cartagena (ACUACAR). Plan Maestro de acueducto, alcantarillado y gestión ambiental de Cartagena. Un Emisario de Vida.

En este documento, la cobertura de acueducto, tradicionalmente utilizada para en la definición de indicadores de bienestar, es una variable exógena que condiciona el estado de salud.

Para efectos de este análisis, se ha considerado como población de riesgo frente a la contaminación de la Ciénaga, los habitantes de los barrios y corregimientos circundantes. La extrema pobreza predominante determina una cultura de convivencia con un cuerpo de agua cuyos elevados niveles de contaminación son reconocidos y no registra demanda como aguas aptas para nadar en la mayoría de su extensión. Por lo tanto, la exposición de los individuos a su contaminación no proviene de usos recreativos sino que esta determinada por su demanda insatisfecha de suelos urbanizables a bajo o cero costos. La exposición a la contaminación es diaria y esta relacionada con sus actividades cotidianas que involucran las orillas contaminadas de la Ciénaga, las cuales en unos casos sirven de suelo para sus viviendas, y en otros de patio, baño o terraza de estas. Según Van Zon y Muyskin (2004), las preferencias en salud de los individuos están positivamente influenciadas por el crecimiento de su ingreso. En el caso de la Ciénaga de la virgen, tal relación se analiza incluyendo como variable independiente la cantidad de habitantes por barrio que se encuentra vinculado a una actividad con un ingreso económico estable.

Las características particulares de la población asentada en el área de influencia de la contaminación de la Ciénaga de la Virgen y la forma particular de relacionarse con este cuerpo de agua, justifica la realización de una investigación que tome en cuenta estas peculiaridades y revele diferentes formas de asociar cambios en la salud y contaminación hídrica de cuerpos de agua internos.

La recuperación ambiental de la Ciénaga impone la eliminación definitiva de su uso como sitio de descarga de aguas cloacales. Con este fin, entre 1995 y 1999 autoridades locales y nacionales elaboraron el Proyecto de abastecimiento de agua, alcantarillado y

ordenamiento ambiental de Cartagena. Este proyecto incluye la construcción de un emisario submarino para la disposición de las aguas servidas de la ciudad en el Mar Caribe y la eliminación del vertido en la Ciénaga de la Virgen⁷. Una estimación de los beneficios económicos de eliminar el vertido de aguas residuales a la Ciénaga, fue realizada a fin de soportar y evaluar la solicitud de préstamo del distrito de Cartagena al Banco Mundial para financiar el Proyecto⁸. Los resultados arrojaron una relación beneficio-costos para todo el proyecto de 1.17, una tasa interna de retorno del 16% y un valor presente neto de \$14 billones de pesos colombianos⁹. Sin embargo, pese a haber demostrado su viabilidad económica, el proyecto no ha contado con el respaldo total de las comunidades afectadas por la ubicación final del emisario (frente a la costa de Punta Canoa, 20 Kilómetros al norte de Cartagena), generando la oposición de los residentes en el norte de la ciudad localizados en sus cercanías (Punta Canoa, Manzanillo del Mar y Arroyo de Piedra). Como consecuencia, en Abril de 2004, residentes de estas comunidades y de Cartagena, presentaron ante el Banco Mundial una solicitud de inspección del proyecto, argumentando que el Banco había violado sus propias políticas en su diseño, evaluación e implementación y que se causarían daños a la salud humana y el medio ambiente. En esta solicitud, la mayoría de las objeciones al Análisis Beneficio-Costo se basaron en la afirmación de que los efectos económicos y sociales solo fueron considerados de manera superficial¹⁰. Otras acciones civiles similares, contribuyeron a dilatar la concesión de la Licencia Ambiental para la construcción de la planta de tratamiento y el emisario submarino. De manera que, aunque el proyecto inicial tenía

⁷ La descripción y análisis inicial del Proyecto se encuentra disponible en la dirección www.worldbank.org/Servlet/WDSP/IB/1999/10/21/00094946_9907

⁸ Este préstamo fue aprobado por el Directorio Ejecutivo del Banco Mundial el 20 de Julio de 1999 (préstamo No.4507 CO). Un resumen del Análisis Beneficio-Costo del proyecto corresponde al anexo 4 del Documento de Evaluación del mismo (WORLD BANK, Project Appraisal Document on a Proposed Loan in the Amount of US\$85 Million to the District of Cartagena with the Guarantee of the Republic of Colombia for the Cartagena Water Supply, Sewerage and Environmental Management Project. Document of the World Bank, Report No. 18989 CO. Junio 28 de 1999).

⁹ La factibilidad económica evaluada se refiere a los subproyectos de infraestructura de abastecimiento de agua, recolección y tratamiento de aguas residuales. Estos representan más del 88% de los costos totales del proyecto

¹⁰ El panel de Inspección. Informe de investigación. Informe No.32034-CO. 24 de Junio de 2005. p.x

previsto culminar su construcción en el año 2004, solo en octubre del año 2006 finalizó el proceso licitatorio para esta obra que se iniciara a principios de 2007, con una duración aproximada de 18 meses.

La preocupación por una mejor estimación de los efectos sobre la salud pública, no solo provienen de la comunidad, EL Banco Mundial, en su Documento de Evaluación Inicial del Proyecto, advierte que la metodología de cálculo de Disponibilidad a Pagar por los servicios de alcantarillado, utilizada en el Análisis Beneficio-Costo del proyecto, solo permitió capturar parcialmente sus beneficios sobre la salud pública y que esto, unido a la pobreza de los barrios en los que estaban ubicados, es lo que explica que algunos subproyectos no hayan alcanzado la tasa interna de retorno referencial del 12%¹¹. La estimación de los beneficios sobre salud de eliminar el uso de la Ciénaga para disposición de aguas cloacales, podría contribuir a aumentar la confianza y mejorar la percepción de la comunidad acerca de los beneficios derivados del funcionamiento del emisario submarino. Su implementación permitirá evaluar la conveniencia social y financiera de adelantar proyectos de infraestructura y políticas de ordenamiento territorial que busquen recuperar su calidad ambiental¹².

Este estudio utiliza el método de costos directos de la enfermedad, para aproximar el valor económico de la DAP por la reducción en la morbilidad proveniente de una disminución en la exposición a la contaminación de la Ciénaga de la virgen. El origen de este descenso sería la inminente construcción de un Emisario Submarino que eliminara el uso actual de la Ciénaga como cuerpo receptor de aguas residuales de la Ciudad y

¹¹ WORLD BANK. Op. Cit. p. 15.

¹² Aunque a finales de 2006 se han ejecutado las obras correspondientes a la ampliación de los sistemas de abastecimiento de agua y alcantarillado, “esas redes no podrán usarse ni siquiera en las zonas en que ya se han instalado sistemas de alcantarillado hasta que se disponga de adecuados sistemas de eliminación”. (BANCO INTERNACIONAL DE RECONSTRUCCION Y FOMENTO. Asociación Internacional de Fomento. Informe y Recomendación de la Administración en Respuesta al Informe de la Investigación del Panel de Inspección. 29 de Julio de 2005).

como fuente de contaminación para la población asentada en sus proximidades. El alcance de este objetivo supone la obtención inicial de una función que permita calcular el número esperado de casos reportados de Dermatitis, Enfermedad Diarreica Aguda (EDA) e Infección Respiratoria Aguda (IRA), condicionado al nivel de exposición a la contaminación de la Ciénaga. De esta forma se espera que las mejoras en la calidad ambiental provenientes del funcionamiento del emisario submarino, disminuya la exposición a la contaminación de la población ubicada en el área de influencia de la Ciénaga de la virgen, ocasionando mejoras en su estado de salud, disminuciones en los costos de tratamiento y por lo tanto mejoras en su bienestar. De acuerdo a información suministrada por la empresa Aguas de Cartagena S.A., los parámetros de coliformes fecales y totales esperados en la Ciénaga de la Virgen, una vez comience a operar el emisario submarino, descendan las concentraciones de coliformes en gran parte de la Ciénaga, a niveles por debajo de los requeridos por el Decreto 1594 de 1984, para aguas de contacto primario y secundario¹³. La sección dos de este estudio, describe los datos y su origen, se sigue con la exposición de la metodología empleada, en la cuarta sección se muestran y discuten los resultados econométricos, por ultimo las conclusiones.

2. LOS DATOS

Los datos utilizados corresponden a información del año 2002. La elección de este año se debe a que en 2002 se hicieron conteos de coliformes de las muestras tomadas del agua de la Ciénaga durante las estaciones seca y lluviosa de la ciudad. De tal forma que al calcular la media geométrica de estos conteos se pudo generar un dato representativo

¹³ Esta información proviene de un ejercicio de simulación realizado por Aguas de Cartagena S.A., se utilizan dos escenarios, uno actual tomando las descargas residuales del año 2004 y la simulación de un escenario futuro, dejando de un 5% a 10% de estas descargas y funcionando el emisario submarino. Una comparación entre Los datos relativos a calidad de las aguas para 2004 y la calidad de las aguas en 2002 (ver Tabla 3) permite afirmar que con posterioridad a 2002 esta no ha mejorado en lo relativo a las exigencias del Decreto 1594 de 1984, para aguas de contacto primario y secundario.

de su calidad para un año. Las mediciones disponibles para los años 2000 y 2001 fueron generadas para el diagnóstico ambiental de la Ciénaga antes de que empezara a funcionar el proyecto Bocana Estabilizada de Mareas que restableció la conexión de la Ciénaga con el Mar y no reflejan su funcionamiento actual. Adicionalmente, para estos años el Departamento Administrativo Distrital de Salud de Cartagena (DADIS) no dispone de información desagregada sobre morbilidad por Barrios de la Ciudad. Con posterioridad a 2002, el Proyecto Bocana Estabilizada pasó a ser administrado por el Distrito de Cartagena y los monitoreos de calidad ambiental en la Ciénaga pasaron a ser financiados con el presupuesto local. Eso los hizo cada vez más escasos e incompletos. En la mayoría de los casos solo se cuenta con un conteo de coliformes en un solo mes y solo en algunas de las estaciones de monitoreo. Después del año 2002 no se hicieron conteos de coliformes para todas las muestras ni para todas las estaciones.

Los datos de morbilidad por EDA, IRA y Dermatitis en el año 2002, fueron suministrados por el Departamento Administrativo Distrital de Salud de Cartagena (DADIS). La información se refiere a 12 zonas de asentamiento poblacional ubicadas a orillas de la Ciénaga de la Virgen o en sus proximidades. La utilización de un número mayor de datos estuvo limitada por el hecho de que el Departamento Administrativo Distrital de Salud de Cartagena (DADIS) solo reporta morbilidad sobre 12 zonas del área de influencia de la Ciénaga de la Virgen, las cuales están repartidas entre la localidad Ciénaga de la Virgen y Turística (LV) y La localidad Histórica y del Caribe Norte (LH).

En algunos casos, tales zonas comprenden más de un barrio o corregimiento de la ciudad de Cartagena y su nominación como zona corresponde a una clasificación hecha por la corporación ESE Cartagena de Indias, que administra los puestos de atención en salud de primer nivel, que funcionan en esta área de la ciudad.

Tales puestos de salud atienden la población de más de un barrio o corregimiento y las estadísticas de morbilidad correspondientes se generan por zona. En este caso las 12 zonas agrupan un total de 22 barrios y corregimientos de la ciudad. Ver Tabla 1.

Tabla 1. Barrios y Corregimientos por zonas Consideradas en el Estudio. Año 2002

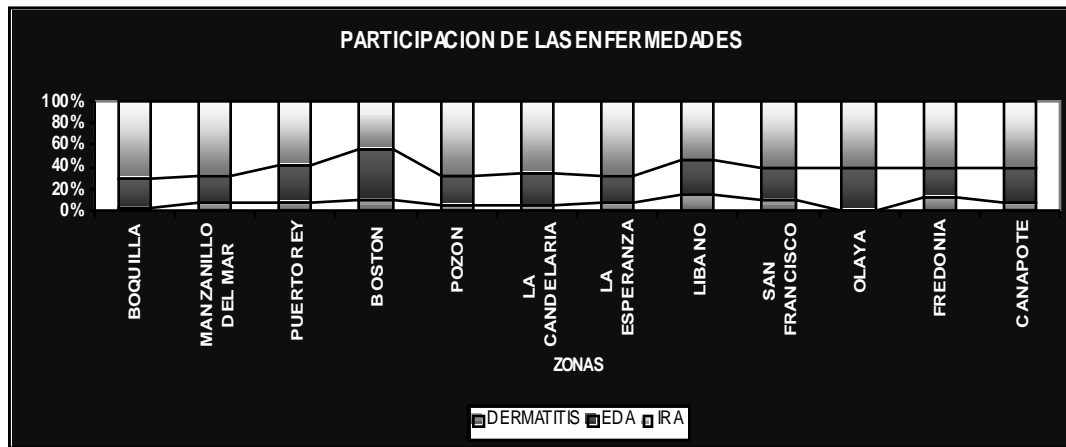
Zonas	Barrios/Corregimientos	Localidad	Habitantes	Hogares	Estrato
Boston	Boston	LV	12386	2020	1
Pozon	Pozon	LV	31056	7440	1
Boquilla	La Boquilla y Mar Linda	LV	9436	1541	1
Candelaria	La Candelaria	LV	12035	1719	1
La Esperanza	La Esperanza	LV	14930	1878	2
Líbano	Líbano	LV	10451	227	1
San Francisco	San Francisco, La María Paraíso y Paraíso II	LH	29943	5043	2
Olaya	Rafael Núñez, Progreso 11 de Noviembre, Playas Blancas, Olaya Sector Central	LV	71143	9943	1
Manzanillo	Manzanillo	LV	762	138	1
Fredonia	Fredonia	LV	9777	1336	1
Puerto Rey	Puerto Rey	LV	717	149	1
Canapote	Canapote	LH	2570	665	3
Total			205206	32099	

Fuente: Secretaria de Planeación Distrital de Cartagena de Indias y Base de Datos SISBEN. Cartagena año 2002.

Los reportes del DADIS, ubican al grupo de las IRA como el de mayor participación o incidencia entre las enfermedades analizadas. Esto se cumple para todas las zonas y para

diferentes niveles de exposición a la contaminación. Le sigue en participación el grupo de las EDA y por ultimo Dermatitis. El grafico 1, ilustra la validez de esta situación a través de todas las zonas.

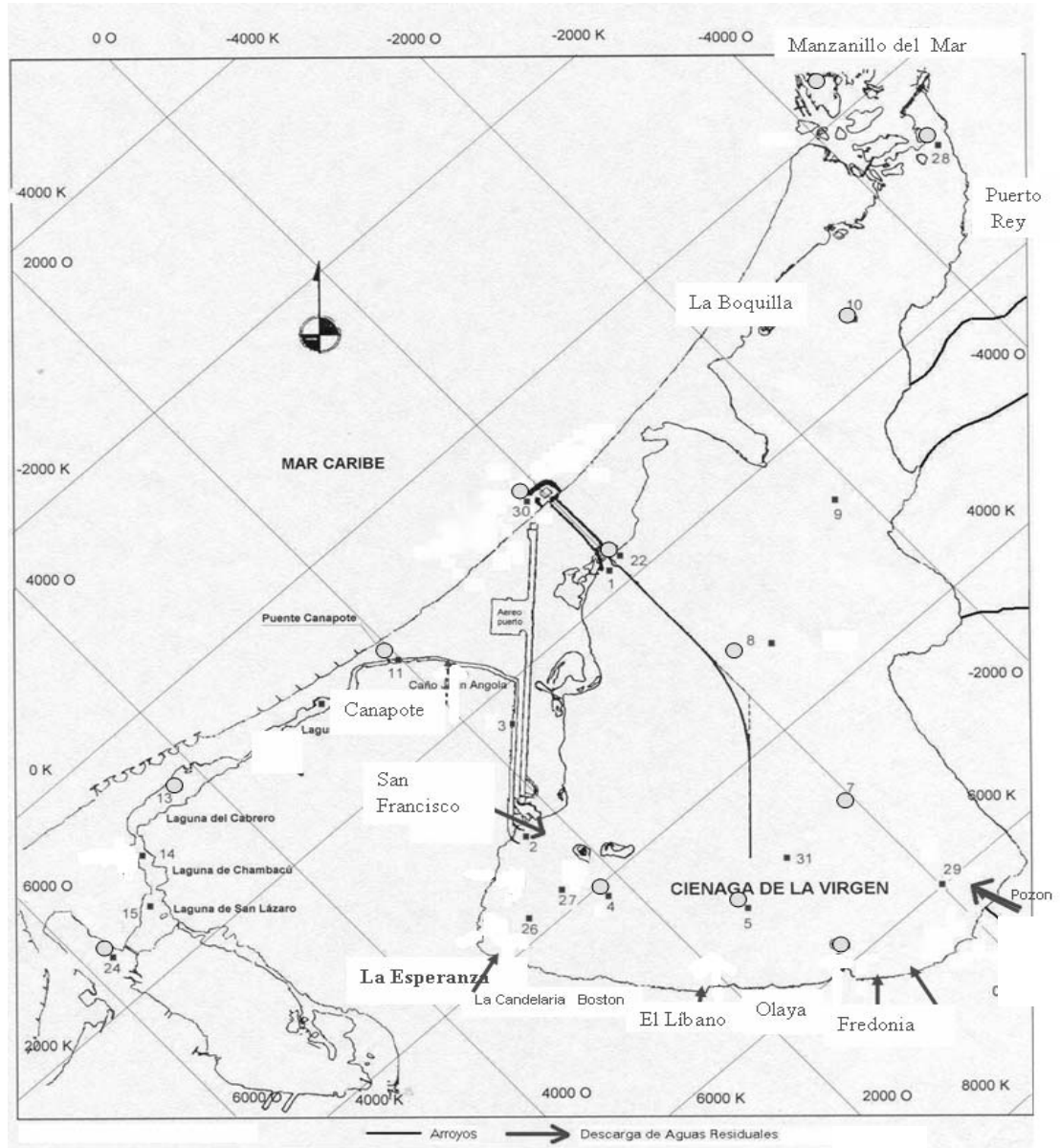
Grafico 1. Participación de EDA, IRA y Dermatitis. Año 2002



Fuente: ESE, Hospital Local de Cartagena de Indias. Reporte de Patologías de Enero 1 a diciembre 31 de 2002. Cálculos del Autor.

La información sobre calidad del agua de la Ciénaga de la Virgen fue suministrada por la corporación Bocana de la Ciénaga de la virgen. Esta corporación realizó monitoreos Bacteriológicos en los meses de enero, abril, Junio, julio y Agosto del 2002 en 14 estaciones, 10 de ellas distribuidas a lo largo y ancho de la Ciénaga. Los ensayos de coliformes fecales y totales se realizaron en el laboratorio de microbiología de la corporación Autónoma Regional del Canal del Dique (CARDIQUE). De acuerdo a la ubicación geográfica, cada zona fue asociada a un nivel de conteo de coliformes totales y fecales suministrada por la estación de monitoreo mas cercana. Finalmente se utilizaron las lecturas de la estación 11, ubicada en el caño Juan Angola y las estaciones 2, 4, 5, 6, 7, 10, 22, 28 y 32 en el interior de la Ciénaga. Ver figura 1.

FIGURA 1. Localización de Puntos de Monitoreo, Barrios y Corregimientos



Fuente: Corporación Bocana de la Ciénaga de la Virgen.

Dado que tales lecturas son mensuales y oscilan en un rango amplio, dependiendo de la temporada climática del año que altera el caudal de la Ciénaga, se optó por utilizar una

media geométrica mensual de los niveles de coliformes totales y fecales, como indicador de calidad ambiental para cada zona durante el año 2002. Posteriormente, los promedios fueron contrastados con las exigencias de la normatividad colombiana vigente para aguas destinadas a la recreación de contacto primario y secundario (ver Tabla 2), y se determinó la calidad ambiental por zona, teniendo en cuenta si cumplían o no con la normatividad. Finalmente, se asignó el valor de uno (1) si el promedio geométrico de coliformes totales y fecales supera el máximo permitido por la norma de contacto primario y secundario respectivamente. En caso contrario se asignó el valor cero. Ver Tabla 3.

Tabla 2. Normas Colombianas para Aguas Destinadas a la Recreación.

Parámetro	Recreación	Recreación
	Contacto Primario	Contacto secundario
Coliformes Fecales(NMP)	200/100 ml.	-----
Coliformes Totales (NMP)	1000/100 ml.	5000/100 ml.

Fuente: Artículos 42 y 43 del decreto 1594 de 1984 referentes a calidad de agua para recreación de contacto primario y secundario.

Tabla 3. Promedio Aritmético y Geométrico de Coliformes Totales y Fecales por Zona. Año 2002

ZONA/ Estación ^a	Promedio Aritmético de coliformes ^b		Promedio Geométrico de coliformes ^b		NORMA CONTACTO PRIMARIO ^c	NORMA CONTACTO SECUNDARIO ^d
	TOTALES	FECALES	TOTALES	FECALES		
Boston (4)	9540	5972	6751,3208	3626,9396	1	1
Pozon (6 , 7)	34223	24716	11946.5	6895	1	1
Boquilla (10)	57,6	34,2	30,0199	16,1054	0	0
La Candelaria (4)	9540	5972	6751,3206	3626,9396	1	1
La Esperanza (4)	9540	5972	6751,3206	3626,9396	1	1
Libano (5)	29117,5	27842,5	2887,6504	1065,9969	1	0
San Francisco (2)	232860	95840	27250,9340	10228,0835	1	1
Olaya (5 ,6)	33499	26785	9250,3713	4619,1477	1	1
Manzanillo (32)	4082	1748	1517,1549	304,1249	1	0
Fredonia (6)	36420	26080	20101,8272	12277,1941	1	1
Puerto Rey (28)	3642	2777	1703,49	555,99	1	0
Canapote (11)	49150	42122,5	17257,81	9222,7	1	1

^a Entre paréntesis el numero de la estación de monitoreo asociada.

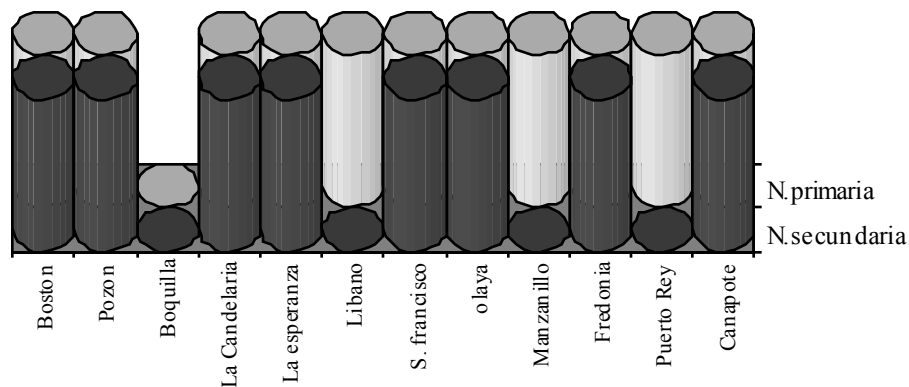
^b Calculado a partir de las lecturas de coli formes totales y fecales en cada estación de monitoreo, durante los meses de Enero, Abril, Junio, Julio y Agosto.

^c El valor de 1 es asignado si el promedio geométrico de coli formes totales supera los 1000 coli formes totales por cada 100 ml., valor maximo permitido por la norma colombiana para aguas de contacto primario. De lo contrario se asigna cero.

^d El valor de 1 es asignado si el promedio geométrico de coli formes totales supera los 5000 coli formes totales por cada 100 ml., valor máximo permitido por la norma colombiana para aguas de contacto secundario. De lo contrario se asigna cero.

La Tabla 3 y el Grafico 2 nos muestran como en la mayoría de los casos, y solo con excepción de La Boquilla, no se cumple con la norma de contacto primario. La norma de contacto secundario se cumple en la totalidad de los corregimientos de la zona norte: manzanillo, la boquilla y Puerto Rey. Los barrios de la Zona Sur de la Cienaga la incumplen con excepción del barrio Líbano . Estas diferencias se justifican por la abundancia de colectores que descargan las aguas residuales de la ciudad en la zona sur, en contraste con su poca influencia en la zona norte, ver figura 1.

Grafico 2. Contaminacion por barrios



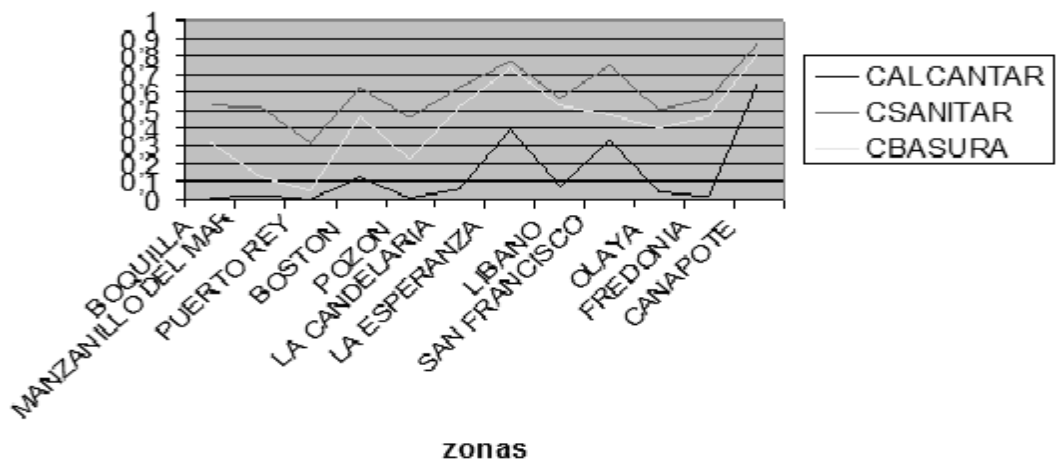
Fuente: Tabla 3.

Se ha considerado que una zona se encuentra expuesta a la contaminación de la Cienaga de la Virgen si la media geométrica del conteo de coliformes totales en la estación asociada, excede las 5000 unidades por 100 ml, de conformidad a la norma colombiana de contacto secundario para aguas destinadas a recreación (Decreto 1594 de 1984) . Esta consideración se apoya en que la cultura de uso predominante con relación a este cuerpo de agua no implica contacto primario.

Las condiciones de salubridad que caracterizan la población se reflejan en la cobertura de servicios públicos tales como recolección de basuras, acueducto y servicio sanitario. Estas y otras variables como ingresos fueron obtenidas a partir de la información suministrada por la encuesta SISBEN Cartagena.

El Grafico 3, muestra niveles muy bajos de cobertura de servicios públicos en la zona norte (La Boquilla, Manzanillo y Puerto Rey), justo donde la contaminación es mas baja. Estos contrastes destacan la importancia de incluir estas variables para logara una mejor aproximación al real grado de exposición a la contaminación en las diferentes zonas. En contraste, Canapote presenta la mayor obertura entre los barrios incluidos en la muestra, lo cual se explica por tener un mayor estrato socioeconómico (estrato tres) y a su ubicación detrás del aeropuerto, cuya construcción ha servido de barrera a la expansión urbanizadora ilegal en las inmediaciones de la Ciénaga.

Grafico 3. Cobertura de servicios públicos



Fuente: Secretaria de Planeacion Distrital de Cartagena de Indias y Base de Datos SISBEN. Cartagena 2002.

3 METODOLOGÍA.

La caracterización socioeconomica de la población analizada así como la cultura de aproximación y uso de la Ciénaga por parte de los residentes de los barrios cercanos, condiciona su nivel de exposición a la contaminación de un cuerpo de agua receptor de aguas residuales no tratadas. Los bajos niveles de ingreso de la población reducen sus actividades defensivas a prácticas tradicionales con efectos nulos o que los exponen a riesgos mayores¹⁴. Esto determina que la defensa en salud más importante de la cual disponen estos residentes para enfrentar la contaminación proveniente de la Ciénaga, es la disponibilidad de servicios de saneamiento básico como acueducto, alcantarillado y

¹⁴ Ejemplo de esto, es la práctica generalizada de combatir algunas consecuencias de la contaminación de la Ciénaga, como malos olores y proliferación de plagas e insectos, mediante la fumigación con gas. Las conversaciones del autor con la comunidad mostraron que el gasto defensivo identificado por los residentes de esta zona, es la compra de “ la botella de gas”.

recolección de basuras. La aproximación del estado de salud de los residentes de la zona de influencia de la contaminación de la Ciénaga de la virgen se hizo mediante la incidencia de enfermedades relacionadas con la exposición a este tipo de contaminación: Enfermedades Diarreicas Agudas, Infecciones Respiratorias Agudas y Dermatitis. La estructura estadística de estas variables llevo a la elección del modelo Poisson como se explica a continuación

3.1. El Modelo Poisson.

El numero de casos reportados por Dermatitis, EDA e Ira corresponde a una variable de conteo que toma valores discretos y positivos. Estas características son integradas en el modelo de regresión poisson. El cual supone que la probabilidad de que el evento de interés ocurra en un pequeño intervalo de tiempo, Δt , viene dado por $\lambda \Delta t$. Además, se asume que los casos que se presenten en distintos intervalos de tiempo, son eventos independientes. En el modelo de regresión poisson, λ , puede ser una función de un vector de regresores, Hausman et al (1984).

El modelo de Hausman (1984), supone que el parámetro λ viene dado por:

$\lambda_i = \exp(X_i' \beta)$ (1), donde λ es el valor esperado de la variable aleatoria poisson.

Esta forma funcional garantiza valores no negativos para λ_i , para cualquier valor de β y X_i .

El supuesto mas fuerte del modelo poisson es que la varianza de los datos es igual a su media condicionada, de no cumplirse esta característica, los coeficientes estimados son

consistentes pero los errores estándar estimados no lo son. De no cumplirse la restricción, la expresión para λ , sería:

$$\lambda_i = \exp(X_i' \beta + \varepsilon_i) \quad (2)$$

Esta expresión define la variable de conteo con distribución poisson, condicionada a λ . Pero incondicionalmente, su distribución corresponde a una combinación de variables poisson. De esta distribución combinada resultan varianzas que exceden la media condicionada, lo que se conoce como sobredispersión. Cuando los niveles de sobredispersión son moderados los coeficientes estimados siguen siendo altamente eficientes, Cox (1983).

Cameron y Trivedi (1990), desarrollaron un test de sobredispersión que consiste en un procedimiento que permite contrastar la hipótesis nula de ausencia de sobredispersión (H_0) frente a la hipótesis alternativa de presencia de sobredispersión (H_1):

$$H_0 : \text{Var}[y_i] = E[y_i],$$

$$H_1 : \text{Var}[y_i] = E[y_i] + \alpha g(E[y_i])$$

El método consiste en calcular los valores esperados de y_i , con los resultados de la estimación de los modelos y utilizarlos para crear la variable z_i .

$Z_i = ((y_i - \lambda_i)^2 - y_i) / (\lambda_i \sqrt{2}) \quad (3)$. Donde λ_i son las predicciones de y_i . Posteriormente se regresa Z_i sobre λ_i y se contrasta si el coeficiente de la regresión es cero o no, utilizando para ello el estadístico t.

3.2. El Modelo

Para Modelar el efecto de la exposición a la contaminación de la Ciénaga sobre la probabilidad de enfermarse de IRA, EDA y/o Dermatitis, se usó el modelo de regresión poisson. Para ello se usaron los datos de reporte de casos de estas enfermedades en las zonas expuestas y no expuestas a la contaminación, ajustadas por número de habitantes como variable de escala, condiciones sanitarias como habitantes con disponibilidad de acueducto y alcantarillado, y socioeconómicas como individuos vinculados a una actividad habitual con ingreso estable.

Los modelos de regresión Poisson fueron aplicados separadamente para cada enfermedad, determinando tres funciones de demanda por consultas médicas. La primera por IRA, la segunda por EDA, y finalmente una por Dermatitis. El número de casos o consultas medicas esperadas por enfermedad, en una zona, se modeló mediante la función exponencial: $E(y/x_1, x_2, x_3, x_4) = \exp(\beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3 + \beta_4 x_4)$. Donde y es el numero de casos reportados por enfermedad, x_1 es el numero de habitantes, x_2 es el numero de habitantes con acceso al servicio de acueducto, x_3 es una variable dummy que adopta el valor de uno cuando la población está expuesta a la contaminación de la Ciénaga y cero si no. La variable x_4 describe el número de habitantes vinculado a una actividad económica que le reporta un ingreso estable.

3.2.1. Variables Dependientes.

EDA: Se refiere al número total de casos por enfermedad diarreica aguda, presentados en cada zona durante el año 2002, de acuerdo a información suministrada por el Departamento Distrital de Salud de Cartagena de Indias (DADIS).

IRA: Numero total de casos por infección respiratoria aguda, reportados por el DADIS en cada zona en el año 2002.

DERMATITIS (DERMATIT): Numero total de casos por dermatitis presentados en cada zona en el año 2002, de acuerdo al DADIS.

3.2.2. Variables Independientes.

POBLACION (POBLACIO): Escogida como variable de escala del número de casos por enfermedad presentados en cada zona. Describe el número de habitantes en cada zona en el año 2002, según datos del sistema de información de beneficiarios de subsidios del estado (SISBEN) y el departamento distrital de planeación de la ciudad de Cartagena de Indias. Se espera que mientras mayor sea la población mayor será el número de casos por enfermedad en cada zona. Si esta efectivamente corresponde a una variable escalar su coeficiente estimado debe ser estadísticamente igual a uno.

CONTAMINACION (SECUNDAR): Variable cualitativa que define la exposición de cada zona a la contaminación de la ciénaga de la virgen. De forma que si la media geométrica del conteo de coliformes totales en la estación de monitoreo asociada excede las 5000 unidades por 100 mililitros, esta no cumple la norma colombiana de contacto secundario para aguas destinadas a recreación. En ese caso, la zona se considera expuesta a la contaminación y la variable toma el valor de 1. En cualquier otro caso la variable toma el valor de cero y se considera no expuesta a la contaminación. Se espera una relación positiva entre esta variable y la variable dependiente. Las personas expuestas a la contaminación tienen mayor probabilidad de padecer de IRA, EDA y/o DERMATITIS que aquellas que no lo están.

ACUEDUCTO (ACUEDUC): Se refiere al número de habitantes por zona que dispone del servicio de acueducto en el hogar que habita, de acuerdo a información suministrada por el SISBEN y la secretaria distrital de salud de la ciudad.

ACTIVIDAD ECONOMICA CON INGRESO ESTABLE (AIE): Numero de habitantes por zona que, de acuerdo a información suministrada por SISBEN, tiene ingresos provenientes de un trabajo estable, es rentista, jubilado o recibe una pensión.

Este procedimiento permitió evaluar los efectos sobre la salud de exponerse a la contaminación bacteriológica por coliformes de la Ciénaga de la virgen.

4. DISCUSION DE LOS RESULTADOS

4.1. Resultado Económicos.

La tabla 4 nos muestra los resultados de las regresiones poisson para las variables dependientes: Dermatitis, EDA e IRA.

Tabla 4. Regresiones Poisson Estimadas Para EDA, IRA y Dermatitis.

VARIABLE	DERMATIT		EDA		IRA	
	Coefficientes	T estadísticos	coeficientes	T Estadísticos	Coefficientes	T estadísticos
CONSTANTE	3,0024 (0.1306)	22,973	4,9636 (0.04802)	103,357	5,9241 (0.02973)	199,378
POBLACIO	0,00006355 (0.00001179)	5,388	0,00009982 (0.000005652)	17,657	0,0001076 (0.000003865)	27,610
SECUNDAR	1,3804 (0.1420)	9,717	0,5023 (0.05565)	9,026	0,3502 (0.03542)	9,885
ACUEDUC	-0,00005105 (0.000008075)	-6,322	0,00004884 (0.000003614)	-13,513	-0,00006449 (0.000002371)	-27,203
AIE	-0,0001376	-3,709	-0,0002222	-12,931	-0,0002138	-17,769

	(0,00003712)	(0,00001718)	(0,00001203)
Estadístico de la Razón de Verosimilitud	179,1985	1014,453	1816,295
Pseudo R ²	0,3763	0,3921	0,3049
RsqrD	0.4355	0.4051	0.3096
RsqrP	0,3112	0,2815	0,1627

Nota: entre paréntesis los valores de desviación estándar

Analizando los resultados de los modelos poisson presentados en la tabla 5, observamos que las variables independientes presentan los signos esperados en las tres regresiones. De esta forma mientras mayor sea el número de habitantes que disponga del servicio de acueducto y tenga una actividad habitual que le reporte un ingreso estable, menor será el número esperado de casos por Dermatitis, EDA e IRA. Esperamos también que en aquellas zonas donde la población es mas numerosa mayor será el número de casos presentados por enfermedad. En cuanto a la variable SECUNDAR, es de esperar que a medida que aumenta el grado de exposición de los habitantes a la contaminación de la Ciénaga, a tal punto que esta deja de ser apta para contacto secundario, mayor será el numero de casos por enfermedad.

En las tres regresiones, todos los estimadores resultan ser significativos a un nivel de significancia del 5%. Los valores t críticos para una prueba de dos colas al nivel de significancia del 5% y 1% con siete grados de libertad es 2.365 y 3.499 respectivamente. En la tabla 4, se observa que en las tres regresiones los t estadísticos calculados para POBLACIO, SECUNDAR, ACUEDUC Y AIE, son superiores a este valor. Por lo tanto las variables numero de habitantes (POBLACIO), exposición a la contaminación (SECUNDAR), numero de individuos con acceso al servicio de acueducto (ACUEDUC) y número de individuos con ingreso estable (AIE), son estadísticamente significativas a

cualquier nivel de confianza convencional. Para todas estas variables se rechaza la hipótesis nula de que el valor poblacional del coeficiente asociado es igual a cero con un nivel de confianza del 95%.

Otra forma de contrastar la importancia de las variables incluidas en los modelos fue mediante la prueba de la razón de verosimilitud. La tabla 5 reporta el valor del estadístico de la razón de verosimilitud para las tres regresiones, el cual se distribuye como una Chi-cuadrada. En nuestro caso el valor crítico relevante es el de una Chi-cuadrada con cuatro grados de libertad, que a un nivel de significancia del 5% corresponde a 9,49. Con un nivel de significancia del 1% el valor crítico es 13.28. Los valores del estadístico Chi-cuadrada para las regresiones poisson de Dermatitis, EDA e IRA superan ampliamente estos valores. Por lo cual se rechaza la hipótesis nula de que el tamaño de la población, el acceso al servicio de acueducto, la exposición a la contaminación y la disponibilidad de un ingreso estable no son variables relevantes para explicar el número de casos de EDA, IRA y Dermatitis. Estos valores son mucho mejores que los de Corbett quien con una regresión log-lineal obtuvo un ajuste del modelo a los datos de $\chi^2 = 2,18$, $P < 0,25$.

En cuanto a la bondad de ajuste del modelo, los valores del pseudo R^2 de Mcfadden son bajos en las tres regresiones. De manera que la proporción de la variación en el número de casos por enfermedad que es explicada por las variables explicativas es de un 40% en el caso de EDA, de un 38% en el caso de Dermatitis y un 30% en el caso de IRA.

En este modelo, $\lambda_i = \exp(X_i'\beta)$, donde λ es el valor esperado de la variable aleatoria poisson (Hausman, 1984). Es decir, número esperado de casos puede ser calculado a partir de los coeficientes obtenidos en cada regresión y reemplazando las variables por sus valores medios en la muestra, como se indica a continuación:

$$E(\text{IRA}) = \exp (5,92+0,0001067*\text{POBLACIO}+0,3502*(\text{SECUNDAR})-0,00006449*(\text{ACUEDUC})-0,0002138*(\text{AIE})). \quad (4)$$

$$E(\text{EDA}) = \exp (4,96+0,00009982*(\text{POBLACIO})+0,5023*(\text{SECUNDAR})-0,00004884*(\text{ACUEDUC})-0,0002222*(\text{AIE})). \quad (5)$$

$$E(\text{DERMATIT}) = \exp (3,0024+0,00006355*(\text{POBLACIO})+1,3804*(\text{SECUNDAR})-0,00005105*(\text{ACUEDUC})-0,0001376*(\text{AIE})) \quad (6)$$

Los valores esperados así estimados se presentan en la Tabla 6.

El coeficiente poisson de la variable SECUNDAR implica que, con los demás factores fijos, el numero de casos esperado por Dermatitis en una zona contaminada es 138% mayor que para una zona no expuesta a la contaminación. De manera similar, el número de casos esperados de EDA en una zona expuesta a la contaminación es 50% mayor que para una zona no contaminada. Por ultimo, con los demás factores fijos, el número de casos esperado de IRA en una zona expuesta a la contaminación es 35% mayor que para una zona que no lo está. Los resultados de Corbett et al. (1993) coinciden al verificar que los síntomas más propensos a parecer, luego de tener contacto con la contaminación son los respiratorios seguidos de los gastrointestinales, ver tabla 5.

Tabla 5. Cambio en el Número Esperado de Casos a Partir de un Cambio Marginal en la Contaminación

Enfermedad	dy/dx*
Dermatitis	55

EDA	120
IRA	192

*dy/dx es calculado para un cambio discreto de la variable dummy contaminación al pasar de 0 a 1. Corresponde a la diferencia entre los valores esperados obtenidos en (4), (5) y (6) cuando SECUNDAR toma el valor promedio y los valores esperados obtenidos cuando SECUNDAR toma valor cero..

El coeficiente estimado para las variables ACUEDUC, implica que, con los demás factores fijos, si la cobertura del acueducto se amplía a 1000 personas, el número de casos esperado de Dermatitis y EDA se reducen en un 5%, y 4% respectivamente. Mientras que el número de casos esperado de IRA se reduce en 6%.

El coeficiente de AIE, implica que por cada 1000 personas adicionales que cuenten con ingresos estables, el número esperado de casos de Dermatitis, EDA e IRA, se reduce en 13%, 22% y 21%, respectivamente.

Aunque el sistema de información SISBEN, suministra información sobre otras variables sanitarias como servicio de alcantarillado y disposición de excretas, estas no mostraron los signos intuitivos y una vez incluidos en el modelo cambiaban los signos de la variable SECUNDAR y ACUEDUC.

4.2. Numero Esperado de Casos por Enfermedad.

Se evaluaron las funciones estimadas para el número esperado de casos de Dermatitis, EDA e IRA, utilizando los valores medios de las variables dependientes (ver anexo A), y reemplazando estos valores en (4), (5) y (6). Los resultados se muestran en la tabla 7. Para obtener los datos de costos de tratamiento se utilizó un promedio de dos (2) consultas medicas por caso (una de diagnostico y otra de control). El valor

correspondiente a cada consulta se obtuvo del Decreto 2423 de 31 de Diciembre de 1996 que determina actualmente el Manual Tarifario de los Servicios Médicos y Hospitalarios. De acuerdo a este decreto el valor de cada consulta ambulatoria de medicina especializada es de 1,73 salarios mínimos diarios. El salario mínimo diario en 1998 era de \$6794, al multiplicar este valor por 1,73 obtenemos que el valor de la consulta para este año era de \$11750. Repitiendo el procedimiento para el año 2006 el valor de la consulta es \$23500. Entonces, multiplicando el promedio de dos (2) consultas por caso por el costo correspondientes de consulta medica, se obtienen los datos de la tabla 6.

Tabla 6. Costos de Tratamiento del Numero de Casos Estimado

ENFERMEDAD	No. ESPERADO DE CASOS POR BARRIO/ZONA	COSTOS DE TRATAMIENTO POR BARRIO/ZONA	
		\$ de 1998	\$ de 2006
DERMATITIS	52	1222000	2444000
EDA	269	6321500	12643000
IRA	593	13935500	27871000
TOTAL	914	21479000	42958000

Fuente: Cálculos del autor a partir de (4), (5) y (6).

Esto implica que el costo por zona de tratar el total de enfermedades asociados al nivel de contaminación de la Ciénaga de la Virgen es de \$42958000 (pesos del año 2006). Teniendo en cuenta que el número promedio de hogares por zona es de 2675 hogares, el costo de tratamiento por hogar es \$ 16059.

4.2.1 Prueba de Sobredispersión.

Una vez obtenidos los resultados de la estimación de los modelos, se calculó el número de casos esperados de EDA, IRA, Dermatitis y se construyó la variable Z_i como indica (3). Los resultados del análisis de sobredispersión se exponen en la tabla 7.

Tabla 7. Regresión OLS* Para Contrastar Sobre dispersión del Modelo Poisson

	Dermatitis		EDA		IRA	
	Coefficiente	T Estadístico	Coefficiente	T Estadístico	Coefficiente	T Estadístico
MUI (λ)	0,1189	1,506	0,1374	1,321	0,1818	1,356

Fuente Resultados de la regresión presentados en el Test de sobredispersión del anexo B.

* Método de Mínimos Cuadrados Ordinarios

El valor crítico del estadístico t con 11 grados de libertad y 5% de nivel de significación es 2.201, por lo tanto no se puede rechazar la hipótesis nula, $H_0: \text{Var}[y_i] = E[y_i]$. El modelo poisson no se rechaza.

4.3. Una Aplicación De Los Resultados. El Caso Del Emisario Submarino.

El Proyecto de Abastecimiento de Agua, Alcantarillado y Ordenamiento Ambiental del Distrito de Cartagena tiene entre sus objetivos eliminar los vertimientos de alcantarillado a la Ciénaga de la virgen mediante la construcción de un emisario submarino¹⁵. En el también se incluye la ampliación de una estación de bombeo ya existente, estación de bombeo El Paraíso, que recibirá todas las aguas residuales de la ciudad y las impulsará sin tratar hasta una planta de tratamiento preliminar, ubicada en Punta Canoa. Además se construirá una línea de conducción terrestre de 1,8 metros de diámetro y 2850 metros de

¹⁵ Para ver los componentes del proyecto completo, vea el anexo D

longitud, que descargará a 20 metros de profundidad en el mar caribe, frente a Punta Canoa (ver mapa en el Anexo E)¹⁶.

Adicionalmente, el plan maestro incluye la expansión del sistema de acueducto que beneficiara a 260.000 personas ubicadas principalmente en la zona de influencia de la Ciénaga de la virgen. Los barrios más beneficiados serán: El Pozon, Villa Estrella, La Maria, San Francisco, La Conquista, Puerta de Hierro y Escallon Villa. Esto se resume en una cobertura del 95% en el servicio de acueducto.¹⁷

4.3.1 Estado Actual del Proyecto

El costo total del Proyecto Ascende a US\$117.2 millones, de los cuales US\$85 millones se financian mediante un préstamo del Banco Mundial, US\$4.6 millones provienen de contribuciones de Aguas de Cartagena (ACUACAR), US\$7.6 millones son aportados por el Distrito de Cartagena y US\$20 millones son aportados por el gobierno de Colombia. Las obras se iniciaron en el año 2000 y en el 2006 se han completado las obras correspondientes a la ampliación del sistema de abastecimiento de agua y ampliación del sistema de alcantarillado en la cuenca de la Ciénaga¹⁸. Sin embargo las obras relacionadas con el emisario submarino¹⁹ han sufrido considerables atrasos. Por un lado, motivados por la ya mencionada resistencia de las comunidades cercanas a su trazado, lo que prolongó el trámite de su licencia ambiental y por otro lado el fracaso del primer proceso licitatorio para su construcción. A finales del año 2006 se llevo a cabo con éxito el segundo proceso de licitación y se prevé que las obras relacionadas iniciaran

¹⁶ ACUACAR. Consideraciones Técnicas del Emisario Submarino de Cartagena.2003

¹⁷ Aguas de Cartagena (ACUACAR). Plan Maestro de acueducto, alcantarillado y gestión ambiental de Cartagena. Un Emisario de Vida.

¹⁸ Componentes A y B del proyecto, en el anexo D.

¹⁹ Estas incluyen los componentes C, D y E del proyecto, relacionados en el anexo D.

a principios del año 2007 y que el emisario podría estar en funcionamiento en el año 2009²⁰. Con relación al efecto que el avance de las obras ha tenido sobre las condiciones de saneamiento básico en la zona que nos ocupa, debe aclararse que aunque parte de las obras de ampliación de acueducto y alcantarillado se han realizado en barrios muy pobres de la zona de influencia de la Ciénaga, “no obstante esas redes no podrán usarse ni siquiera en las zonas en las que ya se han instalado sistemas de alcantarillado hasta que se disponga de adecuados sistemas de eliminación”²¹, es decir hasta que no disponga del emisario submarino.

Se ha considerado como población de riesgo frente a la contaminación de la Ciénaga, los habitantes de los barrios y corregimientos circundantes, observamos que estos se concentran en las Unidades Comuneradas de Gobierno Urbanas (UCGU) 4, 5,6 y 7 y las Unidades Comuneradas de Gobierno Rurales (UCGR) de La Boquilla y Bayunca, pertenecientes a la localidad Ciénaga de la virgen y turística, además de de las UCGU 2 y 3 de la Localidad Histórica y del Caribe Norte. La tabla 8 muestra la distribución de la población en el área de influencia de la contaminación de la Ciénaga de la virgen.

Tabla 8. Población Expuesta a la Contaminación de la Ciénaga de la Virgen

UNIDADES COMUNERAS DE GOBIERNO	No. DE BARRIOS/CORREGIMIENTOS	HABITANTES
UCGU No. 2	17	72751
UCGU No. 3	6	43918
UCGU No. 4	6	76765

²⁰ Esta estimación se obtuvo a partir de una entrevista con el Ingeniero Luis Alfonso Pinzón, Gerente de Medio Ambiente y Calidad de la empresa Aguas de Cartagena. 2006

²¹ BANCO INTERNACIONAL DE RECONSTRUCCIÓN Y FOMENTO, Op. cit., p. 6

UCGU No. 5	4	75021
UCGU No. 6	4	76074
UCGU No. 7	13	28860
UCGR La Boquilla	4	14094
UCGR Bayunca	1	12854
TOTAL	55	400329

Fuente: Secretaria de Planeacion Distrital de Cartagena de Indias

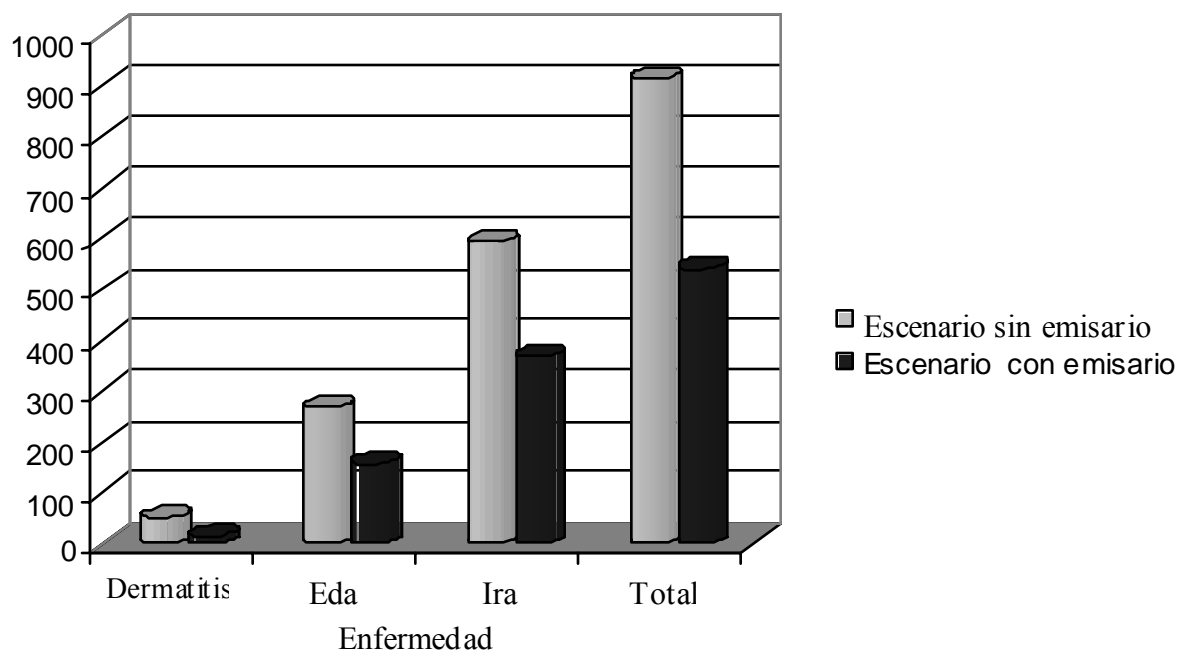
De manera que tomando en cuenta los resultados esperados en calidad bacteriológica y ampliación en cobertura de acueducto, de la ejecución del Plan Maestro de Acueducto y Alcantarillado, e incorporándolos a la estimación poisson obtenida, podemos estimar el cambio en el número esperado de casos por EDA, IRA y DERMATITIS en la ciudad, atribuible a este proyecto.

Con la implementación del plan maestro de acueducto y alcantarillado, la construcción del emisario submarino eliminaría la principal fuente de contaminación de la Ciénaga al suspenderse las descargas de aguas residuales. De esta forma, la calidad bacteriológica de la Ciénaga mejoraría al punto de cumplir con la norma de contacto secundario para aguas de usos recreativos y la variable dummy SECUNDAR tomaría el valor de cero. Al tiempo, la expansión del servicio de acueducto se elevaría al 95% de la población cartagenera, que calculado sobre el número promedio de habitantes por zonas/barrios observados (17100 habitantes), eleva la media de la variable ACUEDUC de 12902 a 16245 habitantes²². Estos son los datos utilizados para calcular el número esperado de casos por enfermedad, en un escenario futuro con el emisario funcionando y con una Ciénaga que cumpla la normatividad de aguas para contacto secundario.

²² Para los valores medios, ver anexo A.

El cambio en el número esperado de casos por Dermatitis, EDA e IRA, se obtiene de la diferencia entre los resultados de reemplazar en (4), (5) y (6) los valores medios actuales y los valores medios de las variables con emisario submarino²³. Los resultados aparecen en el grafico 4.

Grafico 4. Numero Esperado de casos



Fuente: Tabla 9.

²³ En la situación con emisario submarino, SECUNDAR toma valor cero y ACUEDUC valor medio 16245. El resto de variables mantiene los valores medios del anexo A.

Tabla 9. Numero Esperado de Casos por Dermatitis, EDA E IRA. Escenarios Actual y Futuro

ENFERMEDAD	No. DE CASOS ESPERADOS DE ENFERMEDAD POR BARRIO/CORREGIMIENTO	
	ESCENARIO ACTUAL (sin Emisario)	ESCENARIO FUTURO Emisario Submarino y Ampliación de la Cobertura de Acueducto
DERMATITIS	52	16
EDA	269	157
IRA	593	368
TOTAL	914	541
COSTOS ANUALES DE TRATAMIENTO POR BARRIO (precios 2006)	42958000	25427000
COSTOS ANUALES DE TRATAMIENTO POR HOGAR (Precios 2006)	16059	9505
COSTOS ANUALES DE TRATAMIENTO POR BARRIO (Precios 1998)	21479000	12713500

COSTOS ANUALES DE TRATAMIENTO POR HOGAR (Precios 1998)	8029	4753
--	------	------

Fuente: Resultado de las regresiones poisson para EDA, IRA y Dermatitis.

El impacto en el bienestar de la población Cartagenera, atribuible de la implementación del Plan Maestro de Acueducto, puede ser aproximado por el ahorro en costos de tratamiento derivado del descenso en la morbilidad por barrio en las enfermedades Dermatitis, EDA e IRA. De acuerdo a los cálculos presentados en la tabla 8, este asciende a \$ 17531000 anuales por barrio. Teniendo en cuenta que cada barrio tiene en promedio 2733 hogares, los beneficios en salud por hogar serian de \$6554 anuales.

En 1998 se realizó en Cartagena un estudio de valoración contingente, que mediante la aplicación de una encuesta obtuvo un valor de disponibilidad a pagar de los hogares Cartageneros, por la recolección, tratamiento y disposición final de aguas residuales. Con ello se pretendía medir los beneficios del Proyecto que incluye la construcción del emisario submarino²⁴. Esta encuesta incluyó en su muestra casi la totalidad de los barrios/zonas incluidos en este estudio. El valor de DAP obtenido por esta metodología fue de \$9227 por hogar por mes. A fin de hacer comparables los resultados. En nuestro caso el beneficio mensual por hogar corresponde a \$273²⁵. La DAP calculada por metodología de costos de tratamiento en este estudio representa el 2,95% de la DAP

²⁴ Los resultados de la encuesta se presentan en el Análisis Beneficio Costo del Proyecto de Alcantarillado y Manejo Ambiental de Cartagena (Soluciones Integrales, 1998). El cálculo de la DAP obtenida también fue utilizada para el cálculo de los beneficios en el Documento de Evaluación del Proyecto (WORLD BANK, 1999).

²⁵ Este valor se obtiene de dividir entre 12 el beneficio por hogar (ahorro en costos anuales de tratamiento por hogar) a precios de 1998, mostrado en la Tabla 9.

calculada por Soluciones Integrales mediante valoración contingente. La gran diferencia entre estos dos valores se debe a que el estudio de valoración contingente basado en las encuestas de DAP, “captura los valores de uso y no uso de los servicios de disposición de aguas residuales, el valor intangible que no es capturado por el mercado y no genera retornos financieros, incluyendo cualquier beneficio recreacional y ambiental que pueda ser atribuible al proyecto²⁶. El mismo documento admite que los subproyectos de tratamiento de aguas residuales de Pozón (barrio incluido en la muestra de este estudio) y Paseo Bolívar no alcanzaron la tasa de retorno referencial del 12%²⁷ debido a que en barrios muy pobres la metodología de valoración contingente solo recoge parcialmente los beneficios en salud relacionados con el servicio de recolección y disposición de aguas servidas.²⁸

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La valoración de los beneficios en la salud generados a partir de la implementación de proyectos de saneamiento básico y ambiental, resulta particularmente útil cuando estos afectan a una población muy pobre. Condiciones de muy bajos ingresos, no permiten capturar completamente la DAP por disfrutar de estos servicios aplicando otras metodologías como Valoración Contingente. De allí que el cálculo de los beneficios explícitos en salud puede complementar los resultados de otras metodologías, que en condiciones de extrema pobreza pueden arrojar beneficios subestimados, poniendo en riesgo la viabilidad económica de los proyectos y la decisión de realizarlos.

La mejora en la calidad bacteriológica de la Ciénaga de La Virgen en Cartagena de Indias generaría bienestar para la población directamente expuesta a su contaminación,

²⁶ WORLD BANK, Op. cit. p. 55.

²⁷ La TIR para el Pozón fue de 10% y para Paseo Bolívar fue del 8%

²⁸ WORLD BANK, Op. cit. p.15.

al disminuir la incidencia de enfermedades como dermatitis, EDA e IRA, en los habitantes de los barrios ubicados en las proximidades de este cuerpo de agua. En este caso la DAP calcula por medio de ahorro en costos de tratamiento representa el 2,95% de la DAP determinada por valoración contingente. El uso complementario de estos resultados puede garantizar la viabilidad económica de algunos subproyectos que no alcanzaron la TIR recomendada del 12%, caso del Pozon que tuvo una TIR del 10%.

Las características socioeconómicas de la población estudiada, sisbenizada en un 95%, de estrato uno predominante, baja cobertura de seguridad social y altos niveles de desempleo, la hace particularmente vulnerable a las condiciones ambientales y sanitarias. Frente a síntomas de enfermedades como EDA, IRA y Dermatitis, normalmente acceden a centros de atención de primer nivel cuyos costos de atención se encuentran subsidiados por los recursos públicos del SISBEN. De esta forma, la inversión pública en proyectos de saneamiento ambiental que reducen su exposición a la contaminación y mejoran sus condiciones de vida, se ve compensada por los ahorros en recursos públicos destinados al tratamiento de las enfermedades asociadas a las precarias condiciones sanitarias, ambientales y económicas de los hogares que habitan.

No fue posible considerar la influencia de otras variables sanitarias ya que al incluirlas en las regresiones no presentaban los signos esperados e invertían el signo de otras variables como SECUNDAR, aparte de que no contribuían a mejorar el ajuste del modelo. Esto ha sido atribuido al reducido número de observaciones que resulta del alto nivel de forma agregación en que se encuentra disponible la información.

Se plantea la posibilidad de mejorar la estimación de estos valores mediante investigaciones futuras que incorporen un mayor número de observaciones y mayor frecuencia en las mediciones de calidad bacteriológica de la Ciénaga, la cual por falta de

fondos ha disminuido en los últimos años. Estas consideraciones aumentan la probabilidad de lograr los signos intuitivamente previstos en otras variables sanitarias como cobertura de alcantarillado, recolección de basuras y disposición de un servicio sanitario para la eliminación de excretas. En consecuencia se esperarían mejoras en el ajuste de los modelos.

BIBLIOGRAFIA

Agee, Mark y Thomas D. Crooper, (1996). Parental Altruism and Child Lead Exposure: Inferences from the Demand for Chelation Therapy. *The Journal of Human Resources*, 31(3), 677-691.

Aguas de Cartagena. (2003) .Plan Maestro de Acueducto, Alcantarillado y Gestión Ambiental de Cartagena. Cartagena. Campaña un Emisario de Vida.

BANCO INTERNACIONAL DE RECONSTRUCCION Y FOMENTO, (2005). Informe y Recomendación de la Administración en Respuesta al Informe de la Investigación del Panel de Inspección. Colombia, Proyecto de Abastecimiento de Agua, Alcantarillado y Ordenamiento Ambiental de Cartagena (Préstamo No. 4507-CO). Informe No. INSP/R2005-0003.

Berger, MC., Blomquist, GC., Kenkel, D. y Tolley, G., (1987). Valuing Changes in Health Risks: A Comparison of Alternative Measures. *Southern Economic Journal*, 53, 967-83.

Cabelli V.J., Dufour A.P., McCabe L.J. y Levin, M.A., (1982). Swimming-associated gastroenteritis and water quality. *American Journal of Epidemiology*, 115, 606-16.

Cameron, A. y Trivedi, P. (1986). *Econometric Models Based on Count Data: Comparisons and Applications of Some Estimators and Tests*, 1, 29-53

Cameron, A. y Trivedi, P. (1990). Regression-Based Test for Overdispersion in the Poisson Model. *Journal of Econometrics*, 46, 347-64.

Carrion-i-Silvestre JL. Health Care Expenditure and GDP: Are They Broken Stationary?. (2005), 24(5), 838-54.

Centro de investigaciones oceanográficas e hidrográficas del caribe & Corporación Autónoma Regional del Canal del Dique. (2002) Caracterización y Diagnostico Integral de la Zona Costera entre Galerazamba y Bahía de Barbacoas.

Chesnut, L.G. et al., (1988). Heart Disease Patients' Averting Behavior Cost of Illness, and Willingness to Avoid Angina Episodes. Final Report to the Office of Policy Analysis, US Environmental Protection Agency.

Chesnut, L.G., L. Robin Keller, William E. Lambert, y Robert D. Rowe, (1996). Measuring Heart Patients' Willingness to Pay for Changes in Angina Symptoms. *Medical Decision Market*, 16, 65-77.

Cheung WHS, Chang KCK, Hung RPS, et al., (1990). Health effects of beach-water pollution in Hong Kong. *Epidemiology Infect.* 105, 139-63.

Cheung WHS, Chang KCK, Hung RPS. (1991) Variations in Microbial Indicator densities in beach waters and health-related assessment of bathing water quality. *Epidemiology Infect.* 106, 329-344.

Corbett, S., Rubin, G., Curry, G. and Kleinbaum, D. (1993) The Health Effects of Swimming at Sydney Beaches. *American Journal Public Health.* 83:1701-1706.

Cox, D.R., (1983). Some Remarks on overdispersion. *Biometrika.* 70, 269-74

Crooper, Maureen L. (1981). Measuring the Benefits from Reduced Morbidity. *American Economic Review.* 71 (2): 235-240

Crooper, M. and Freeman M. (1991). Valuing Environmental Health Effects, in John B. Braden y Charles Kolstad, eds., *Measuring the Demand for Environmental Quality.* Amsterdam: Elsevier.

DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DISTRITAL DE SALUD DE CARTAGENA (2003). Perfil Epidemiológico de la Ciudad de Cartagena año 2002-2003. Cartagena.

Dickie, M. and S. Gerking, (1991). Willingness to Pay for Ozone Control: Inferences from the Demand for Medical Care. *Journal of Environmental Economics and Management*, 21(1), 1-16.

Dickie, M. y S, Gerking, (2002). Willingness to pay for reduced Morbidity. Department of economics, University of central Florida.

Ducci, Jorge y Soluciones Integrales S.A. (1998). Análisis Costo – Beneficio del Proyecto de Alcantarillado y Manejo Ambiental de Cartagena.

Fleisher J., Kay, D., Salmon, R., Jones, F., Wyer, M. y Godfree, A. (1996). Marine Waters Contaminated with Domestic Sewage: Nonenteric Illnesses Associated with Bather Exposure in the United Kingdom. *American Journal of Public Health*. 86, 1228-1234.

Freeman, A.M. 1992. *The Measurement of Environmental and Resources Values: theory and Methods*. Washington D.C.

ESE HOSPITAL LOCAL CARTAGENA DE INDIAS (2002). Reporte de Patologías de Enero 1 de 2002 a Diciembre 31 de 2002. Cartagena.

Green, W.H. 1998). Analisis Econometrico. Madrid. Prentice Hall.

Grossman, Michael, (1972). On the Concept of Health Capital and the Demand for Health. *Journal of Political Economy*, 80(2), 223-255.

Gyrd-Hansen D. Investigating the Social Value of Health Changes (2004). *Journal of Health Economics*, 23(6), 1101-16.

Harrington, Winston y Paul Portney, (1987). Valuing the Benefits of Health and Safety Regulations. *Journal of Urban Economics*, 22, 101-112.

Hausman, J., Hall, B. y Griliches, Z. (1984). Econometric Models for Count Data with an application to the patents-R&D Relationship. *Econometrica*. 52, 909-37.

Hazen & Sawyer, (1998). Estudio de Factibilidad para el Tratamiento de las Aguas Residuales de Cartagena y para la Disposición Final del Efluente al Mar Adyacente a través de un Emisario Submarino, Informe Final.

Krupnick, A.J. y M.L. Crooper, (1992). The effect of information on Health Risk Valuations. *Journal of Risk and Uncertainty*. 5(2), 29-48

Meer, J., Miller, DL., Rosen, HS. (2003). Exploring the Health-Wealth Nexus. *Journal of Health Economics*, 22(5), 713-30.

Michener, R. y Tighe, C. (1992). A Poisson Regression Model of Highway Fatalities. *The American Economic Review*, 82, 452-56.

PANEL DE INSPECCION, (2005). Informe de Investigación. Colombia: Proyecto de Abastecimiento de Agua, Alcantarillado y Ordenamiento Ambiental de Cartagena (Préstamo No.4507-CO). Informe No.32034-CO.

Rowe R.D. y L.G. Chesnut, (1985). Oxidants and asthmatics in Los Angeles. A Benefits Analysis. Report to the Office of policy analysis, us environmental Protection Agency. Energy and Resource Consultants, inc., Boulder, C.O.

Smith RD, M. Yago, M. Millard y J. Coast. (2005). Assessing the Macroeconomic Impact of a Healthcare Problem: The Application of Computable General Equilibrium analysis to Antimicrobial Resistance. *Journal of Health Economics*, 24(6), 1055-75.

Van zon A. y J. Muysken (2004). Health and Endogenous Growth. *Journal of Health Economics*, 20(2), 169-85.

Viscusi, W. Kip, Wesley A. Magat y Joel Huber (1991). Pricing Environmental Health Risks: Survey Assessments of Risk-Risk and Risk-Dollar Tradeoffs for Chronic Bronchitis. *Journal of Environmental Economics and Management*, 21(1), 32-51.

WORLD BANK, (1999). Project Appraisal Document on a Proposed Loan in the Amount of US\$85 Million to the District of Cartagena with the Guarantee of the Republic of Colombia for the Cartagena Water Supply, Sewerage and Environmental Management Project. Document of the World Bank. Report No.18989 CO.

ANEXOS

A. Estadísticas Descriptivas

Descriptive Statistics

All results based on nonmissing observations.

Variable	Mean	Std.Dev.	Minimum	Maximum	Cases
POBLACIO	17100.5000	19623.6629	717.000000	71143.0000	12
SECUNDAR	.750000000	.452267017	.000000000	1.00000000	12
ACUEDUC	12902.9167	14808.0537	34.0000000	54380.0000	12
AIE	3695.33333	4309.17365	177.000000	15545.0000	12

B. Regresiones

POISSON; LHS=DERMATIT; RHS=ONE, POBLACIO, SECUNDAR, ACUEDUC, AIE\$

```

+-----+
| Poisson Regression |
| Maximum Likelihood Estimates |
| Dependent variable      DERMATIT |
| Weighting variable      ONE |
| Number of observations      12 |
| Iterations completed      7 |
| Log likelihood function    -148.4777 |
| Restricted log likelihood   -238.0769 |
| Chi-squared                179.1985 |
| Degrees of freedom         4 |
| Significance level         .0000000 |
| Chi- squared = 229.88616  RsqP= .3112 |
| G - squared = 232.25099  RsqD= .4355 |
+-----+
+-----+-----+-----+-----+-----+
| Variable | Coefficient | Standard Error | b/St.Er. | P[|Z|>z] | Mean of X |
+-----+-----+-----+-----+-----+
| Constant | 3.002428799 | .13069248 | 22.973 | .0000 |

```

POBLACIO	.6355441347E-04	.11795308E-04	5.388	.0000	17100.500
SECUNDAR	1.380465085	.14207333	9.717	.0000	.75000000
ACUEDUC	-.5105325246E-04	.80754610E-05	-6.322	.0000	12902.917
AIE	-.1376891775E-03	.37125167E-04	-3.709	.0002	3695.3333

TEST DE SOBREDISPERSION

```
--> CREATE ; Z = ((DERMATIT - MUI)^2 - DERMATIT) / (Sqr(2)*MUI)$
--> REGRESS ; Lhs = Z ; Rhs = MUI $
```

```
+-----+
| Ordinary least squares regression Weighting variable = none |
| Dep. var. = Z Mean= 12.82809480 , S.D.= 15.15339129 |
| Model size: Observations = 12, Parameters = 1, Deg.Fr.= 11 |
| Residuals: Sum of squares= 3731.268901 , Std.Dev.= 18.41755 |
| Fit: R-squared= -.477217, Adjusted R-squared = -.47722 |
| Diagnostic: Log-L = -51.4648, Restricted(b=0) Log-L = -49.1239 |
| LogAmemiyaPrCrt.= 5.907, Akaike Info. Crt.= 8.744 |
| Autocorrel: Durbin-Watson Statistic = 2.92415, Rho = -.46207 |
+-----+
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Variable | Coefficient | Standard Error | t-ratio | P[|T|>t] | Mean of X|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
MUI .1189932518 .79012926E-01 1.506 .1602 60.833333
```

POISSON; LHS=EDA; RHS=ONE, POBLACIO, SECUNDAR, ACUEDUC, AIE\$

```

+-----+
| Poisson Regression |
| Maximum Likelihood Estimates |
| Dependent variable          EDA |
| Weighting variable          ONE |
| Number of observations      12 |
| Iterations completed        7 |
| Log likelihood function     -786.2742 |
| Restricted log likelihood    -1293.500 |
| Chi-squared                 1014.453 |
| Degrees of freedom          4 |
| Significance level          .0000000 |
| Chi- squared = 1462.97535  RsqP= .2815 |
| G - squared = 1489.86972  RsqD= .4051 |
+-----+

```

```

+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Variable | Coefficient | Standard Error | b/St.Er. | P[|Z|>z] | Mean of X |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
Constant  4.963662585   .48024441E-01  103.357   .0000
POBLACIO  .9982400044E-04 .56527996E-05  17.659    .0000  17100.500
SECUNDAR  .5023142011    .55652178E-01   9.026    .0000  .75000000
ACUEDUC   -.4884813254E-04 .36149384E-05 -13.513   .0000  12902.917
AIE       -.2222711754E-03 .17189387E-04 -12.931   .0000  3695.3333

```

TEST DE SOBREDISPERSION

```

--> CREATE ; Z = ((EDA - MUI)^2 - EDA) / (Sqr(2)*MUI)$
--> REGRESS ; Lhs = Z ; Rhs = MUI $

```

```

+-----+
| Ordinary least squares regression   Weighting variable = none |
| Dep. var. = Z      Mean= 85.49834823 , S.D.= 102.8725058 |
| Model size: Observations = 12, Parameters = 1, Deg.Fr.= 11 |
| Residuals: Sum of squares= 176188.0378 , Std.Dev.= 126.55866 |
| Fit: R-squared= -.513509, Adjusted R-squared = -.51351 |
| Diagnostic: Log-L = -74.5937, Restricted(b=0) Log-L = -72.1071 |
| LogAmemiyaPrCrt.= 9.761, Akaike Info. Crt.= 12.599 |
| Autocorrel: Durbin-Watson Statistic = 2.24452, Rho = -.12226 |
+-----+

```

```

+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Variable | Coefficient | Standard Error | t-ratio | P[|T|>t] | Mean of X|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
MUI      .1374045596   .10403164      1.321    .2134    308.58333

```

Poisson; lhs=IRA;rhs=one,poblacio,secundar,acueduc,aie;KEEP=MUI\$

```

+-----+
| Poisson Regression |
| Maximum Likelihood Estimates |
| Dependent variable          IRA |
| Weighting variable          ONE |
| Number of observations      12 |
| Iterations completed        7 |
| Log likelihood function     -2070.124 |
| Restricted log likelihood    -2978.271 |
| Chi-squared                 1816.295 |
| Degrees of freedom          4 |
| Significance level           .0000000 |
| Chi- squared = 3877.25391  RsqP= .1627 |
| G - squared = 4049.39182  RsqD= .3096 |
+-----+

```

```

+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Variable | Coefficient | Standard Error | b/St.Er. | P[|Z|>z] | Mean of X|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
Constant  5.924153562   .29733349E-01  199.243   .0000
POBLACIO .1067395627E-03 .38659317E-05  27.610    .0000  17100.500
SECUNDAR .3502322759    .35429789E-01  9.885     .0000  .75000000
ACUEDUC  -.6449944743E-04 .23710615E-05  -27.203   .0000  12902.917
AIE      -.2138008654E-03 .12032059E-04  -17.769   .0000  3695.3333

```

TEST DE SOBREDISPERSION

```

--> CREATE ; Z = ((IRA - MUI)^2 - IRA) / (Sqr(2)*MUI) $
--> REGRESS ; Lhs = Z ; Rhs = MUI $

```

```

+-----+
| Ordinary least squares regression Weighting variable = none |
| Dep. var. = Z Mean= 227.7603682 , S.D.= 287.5667287 |
| Model size: Observations = 12, Parameters = 1, Deg.Fr.= 11 |
+-----+

```

```

| Residuals:  Sum of squares= 1312728.690    , Std.Dev.=      345.45473 |
| Fit:        R-squared= -.443129, Adjusted R-squared =      -.44313 |
| Diagnostic: Log-L =      -86.6435, Restricted(b=0) Log-L =      -84.4427 |
|              LogAmemiyaPrCrt.=  11.770, Akaike Info. Crt.=  14.607 |
| Autocorrel: Durbin-Watson Statistic =  2.47002,   Rho =      -.23501 |
+-----+
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Variable | Coefficient | Standard Error | t-ratio | P[|T|>t] | Mean of X|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
MUI       .1818267256   .13409762      1.356   .2023   663.41667

```

C. Tabla De Datos.

ZONA	DERMATITIS	EDA	IRA	POBLACION	SECUNDAR	ALCANTAR	ACUEDUC	AIE
BOSTON	15	67	60	12386	1	1500	11643	3218
POZON	121	551	1428	31056	1	149	10922	7500
BOQUILLA	55	422	1115	9436	0	51	6222	2879
LA CANDELARIA	73	594	1275	12035	1	709	11183	391
LA ESPERANZA	105	348	943	14930	1	5839	13945	4100
LIBANO	46	97	168	10451	1	783	9528	2742
SAN FRANCISCO	115	357	743	29943	1	10010	25881	4515
OLAYA	37	667	1102	71143	1	2899	54380	15545

MANZANILLO								
DEL MAR	1	4	10	762	0	22	89	184
FREDONIA	56	121	268	9777	1	174	8538	2513
PUERTO REY	3	12	21	717	0	0	34	177
CANAPOTE	103	463	828	2570	1	1693	2470	580

D. Proyecto de abastecimiento de Agua, Alcantarillado y Ordenamiento Ambiental de Cartagena. Componentes del Proyecto.

COMPONENTE		CATEGORIA	COSTO US\$Millones
A.	Expansión del Sistema de Abastecimiento de Agua	Físico	9.9
B	Expansión del Sistema de Alcantarillado en la Cuenca de la Ciénaga	Físico	35.7
C	Construcción del sistema principal de impulsión de aguas residuales hasta la planta de tratamiento	Físico	28.1
D	Construcción de instalaciones de tratamiento	Físico	6.8
E	Construcción de un emisario submarino	Físico	22.8
F	Control de la descarga de aguas residuales industriales	Institucional	0.6
G	Componente ambiental y social	Proyecto de	3.3
H	Gestión del proyecto, asistencia técnica, estudios, diseño y supervisión de obras.	Manejo Ambiental	9.1
	Depósito y gastos administrativos	Total	117.2

Fuente: Resumen de la descripción del Proyecto. Anexo C del Documento de Evaluación del Proyecto (WORLD BANK, 1999).

E. Sistema Principal De Impulsión De Aguas Residuales, Planta De Tratamiento Y Emisario Submarino.



Fuente: Tomada de la sección de mapas de: "Project Appraisal Document Onaproposed Loan In The Amount Of Us\$85 Million To The District Of Cartagena With The Guarantee Of The Republic Of Colombia For The Cartagena Water Supply, Sewerage And Environmental Management Project". Report No: 18989 CO, Del Banco Mundial. Junio 28 de 1999.