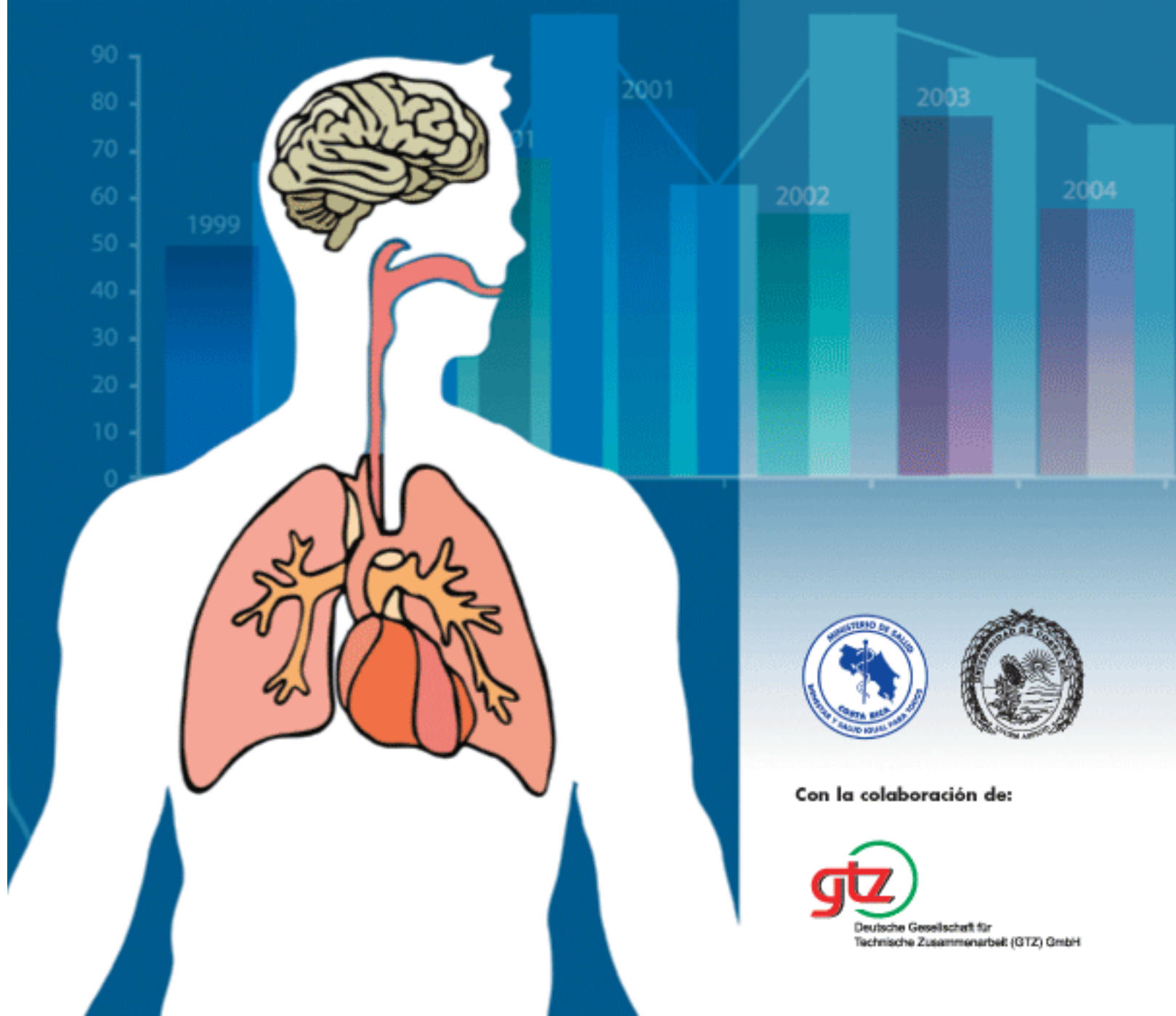


Costos en Salud por la Contaminación del Aire

Costa Rica 2001
Reporte Técnico.
Septiembre 2005

Allen, P., Vargas, C., Araya, M.,
Navarro, L., Salas, R.



Con la colaboración de:



Deutsche Gesellschaft für
Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH

1 edición:
Ministerio de Salud
San José, Costa Rica, septiembre 2005

304.28
A461c

Allen Flores, Patricia

**Costos en salud por la contaminación del aire. /Patricia Allen Flores,
Mario Araya Rodríguez, María Cristina Vargas Segura, Lucrecia Navarro Vargas,
Rosa Lilliam Salas González.—San José, Costa Rica: Ministerio de Salud, 2005**

53 p.; 27x21 cm.

ISBN 9977-62-029-6

1.Costos en Salud 2.Contaminación del aire. 3.Costos Sociales. 4.Costa Rica. I.Título.

Allen, P. 1, Vargas, C. 2, Araya, M. 3, Navarro, L. 4, Salas, R. 5

- 1) Unidad de gasto y financiamiento, Dirección Desarrollo de la Salud, Ministerio de Salud, Costa Rica.
- 2) Unidad de gasto y financiamiento, Dirección Desarrollo de la Salud, Ministerio de Salud, Costa Rica.
- 3) Centro de Investigaciones en Contaminación Ambiental(CICA) Universidad de Costa Rica.
- 4) Enlace del Ministerio de Salud en el Proyecto Aire Limpio, Dirección de Protección al Ambiente Humano.
- 5) Unidad de gasto y financiamiento, Dirección Desarrollo de la Salud, Ministerio de Salud, Costa Rica.

Se prohíbe la reproducción total o parcial de este Estudio para fines comerciales, particularmente con propósitos de venta. La reproducción de esta publicación solo podrá ser autorizada por el Ministerio de Salud de Costa Rica.

Impresión:

Impreso en San José de Costa Rica, en el Departamento de Publicaciones, Ministerio de Salud.

Costos en salud por la contaminación del aire

Costa Rica 2001

Reporte Técnico

Marzo 2005

Allen, P.¹, Vargas, C.², Araya, M.³, Navarro, L.⁴, Salas, R. L.⁵

1) Unidad de Gasto y Financiamiento, Dirección Desarrollo de la Salud, Ministerio de Salud, Costa Rica

2) Unidad de Gasto y Financiamiento, Dirección Desarrollo de la Salud, Ministerio de Salud, Costa Rica

3) Centro Investigaciones en Contaminación Ambiental (CICA) Universidad de Costa Rica

4) Enlace del Ministerio de Salud en el proyecto Aire Limpio, Dirección Protección al Ambiente Humano

5) Unidad de Gasto y Financiamiento, Dirección Desarrollo de la Salud, Ministerio de Salud, Costa Rica

Este reporte se realizó en el marco del Proyecto Aire Limpio San José, segunda fase

1. Contexto
2. Objetivos
3. Etapas
4. Conceptos generales
5. Metodología
6. Resultados
7. Discusión
8. Recomendaciones

Allen, P., Vargas, C., Araya, M., Navarro, L., Salas, R. L.

Costos en salud por la contaminación del aire debida al transporte automotor. Un proyecto de evaluación del impacto de Costa Rica.

Preparado por el Ministerio de Salud. Unidad de Gasto y Financiamiento. Dirección de Desarrollo de la Salud. Ministerio de Salud. Costa Rica. 2005.

Publicado por: Proyecto Interinstitucional Aire Limpio San José.

Comité Coordinador del Proyecto:

Lucrecia Navarro Vargas, Dirección de Protección al Ambiente Humano, Ministerio de Salud, Costa Rica. Coordinadora Eje 3: Vigilancia de la Calidad del Aire

Patricia Allen Flores. Unidad de Gasto y Financiamiento, Dirección Desarrollo de la Salud. Ministerio de Salud. Coordinadora Estudio: Costos en salud por la contaminación del aire debida al transporte automotor

Responsables de Áreas del Estudio:

Contaminación del aire

- Mario Araya Rodríguez, B.Sc., Químico, Laboratorio de Calidad de Aire, CICA UCR

Epidemiología

- Patricia Allen Flores, M.Sc., MD, Ministerio de Salud, Costa Rica
- Cristina Vargas, M.Sc., MQC, Ministerio de Salud, Costa Rica
- Rosa Lilliam González, M.Sc., Farmacéutica, Ministerio de Salud, Costa Rica

Economía

- Patricia Allen Flores, M.Sc., MD, Ministerio de Salud, Costa Rica
- Cristina Vargas, M.Sc., MQC, Ministerio de Salud, Costa Rica
- Rosa Lilliam González, M.Sc., Farmacéutica, Ministerio de Salud, Costa Rica

Referentes Externos

Rosendo Majano, consultor contratado por Proyecto ALSJ (Swisscontact)

Hansjörg Sommer, consultor contratado por Proyecto ALSJ (Swisscontact)

Financiamiento

Este estudio fue realizado con recursos propios proveniente de las siguientes instituciones: Unidad de Gasto y Financiamiento y la Dirección de Protección al Ambiente Humano del Ministerio de Salud y el Laboratorio de Aire del Centro de Investigaciones en Contaminación Ambiental CICA, Universidad de Costa Rica, Cooperación Técnica Alemana (GTZ) a través del Proyecto ALSJ.

Agradecimientos

Se agradece a todas aquellas personas que contribuyeron con información, ideas, comentarios y discusión en el proceso de este trabajo y en el avance de sus borradores, entre estas: Centro de Investigaciones en Desarrollo Sostenible (CIEDES), Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), Horacio Chamizo, Escuela Salud Pública, Universidad de Costa Rica; Ligia Moya, Unidad de Bioestadística, Caja Costarricense de la Seguridad Social (CCSS); Rosendo Pujol, Programa de Investigación en Desarrollo Urbano Sostenible (ProDus) de la Universidad de Costa Rica.

Tabla de Contenido

1. CONTEXTO	6
2. OBJETIVO	6
2.1. ÁREA AMBIENTAL.....	6
2.2. ÁREA EPIDEMIOLÓGICA	7
2.3. ÁREA ECONÓMICA	7
3. ETAPAS.....	7
3.1. CONTAMINACIÓN - EVALUACIÓN DE LA EXPOSICIÓN	7
3.2. EPIDEMIOLOGÍA - RELACIÓN DOSIS-RESPUESTA.....	8
3.3. ECONOMÍA - ESTIMACIÓN DEL IMPACTO Y VALUACIÓN MONETARIA.....	8
4. CONCEPTOS GENERALES.....	8
4.1. ROL CRUCIAL DE LA EPIDEMIOLOGÍA.....	10
4.2. EL ENFOQUE DE “MEJOR APROXIMADO” EN LA EVALUACIÓN DE IMPACTO	10
4.3. EFECTOS DE CORTO Y LARGO PLAZO	11
4.4. DEFINICIÓN DE “CONTAMINACIÓN DEL AIRE”	11
4.5. NIVEL MÍNIMO DE EVALUACIÓN	12
4.6. COSTOS SOCIALES, INTERNOS Y EXTERNOS	12
4.7. COSTOS EN SALUD COMO PARTE DE COSTOS EXTERNOS DEL SISTEMA DE TRANSPORTE ...	14
5. METODOLOGÍA	14
5.1. CADENA DE INTERACCIONES	14
5.2. EXPOSICIÓN DE LA POBLACIÓN	15
5.3. CASOS ATRIBUIBLES A LA EXPOSICIÓN	16
5.4. SUSTENTO EPIDEMIOLÓGICO	17
5.5. CRITERIO DE SELECCIÓN DE LOS RESULTADOS EN SALUD.....	18
5.5.1. Línea basal en el “nivel de menor impacto” de PM10	19
5.5.2. Frecuencias Basales Nacionales	19
5.5.3. La cuantificación de los casos atribuibles	19
5.6. ÁREA ECONÓMICA	21
5.6.1. La monetarización de los efectos en salud	21
5.6.2. Valuación monetaria de la mortalidad	21
5.6.3. La valuación monetaria de la morbilidad	23
6. RESULTADOS	25
6.1. MAPA DE DISTRIBUCIÓN DE PM10	25
6.2. EFECTOS Y FRECUENCIAS DE LOS RESULTADOS EN SALUD	27
6.2.1. Mortalidad General (adultos ≥ 30 años)	29
6.2.2. Admisiones Hospitalarias por Causas Respiratorias	29
6.2.3. Admisiones Hospitalarias por Causas Cardiovasculares	30
6.2.4. Bronquitis Crónica (adultos ≥ 25 años).....	30

6.2.5.	Bronquitis Aguda (personas <15 años).....	31
6.2.6.	Días de incapacidad (adultos ≥20 años).....	31
6.2.7.	Asmáticos: Crisis de Asma (personas <15 años)	32
6.2.8.	Asmáticos: Crisis de Asma (adultos ≥15 años).....	32
6.3.	REPORTE ECONÓMICO DE COSTOS EN SALUD	32
6.4.	PÉRDIDA DE PRODUCCIÓN POR MORTALIDAD.....	33
6.5.	ESTIMACIÓN PARCIAL DE LA MORBILIDAD	33
6.5.1.	Egresos hospitalarios por causas respiratorias y cardiovasculares.....	34
6.5.2.	Bronquitis Crónica.....	35
6.5.3.	Bronquitis Aguda	35
6.5.4.	Días de incapacidad	36
6.5.5.	Episodios de Asma	36
6.5.6.	Costos de la Morbilidad	36
7.	DISCUSIÓN.....	38
7.1.	COMENTARIOS GENERALES.....	38
7.2.	DETERMINACIÓN DE LA EXPOSICIÓN	38
7.3.	RESULTADOS EN SALUD.....	39
8.	RECOMENDACIONES.....	41
8.1.	EVALUACIÓN DE LA EXPOSICIÓN	41
8.2.	RESULTADOS EN SALUD	41
8.3.	ESTIMACIÓN DE EFECTOS Y EVALUACIÓN DE IMPACTO	42
9.	TABLAS.....	43
10.	LISTA DE ABREVIACIONES	47
11.	REFERENCIAS	50

Preámbulo

El desmejoramiento de la calidad del aire en la Gran Área Metropolitana¹ de San José, su relación directa con el sector transporte y su impacto a la salud humana y el ambiente, han provocado preocupación en círculos académicos y gubernamentales de Costa Rica desde inicios de los años setenta, cuando con el apoyo de la Organización Panamericana de la Salud (OPS/OMS), el Ministerio de Salud realiza las primeras investigaciones en el tema.

En las últimas décadas, los ministerios con responsabilidad directa en el tema de la calidad del aire, a saber, el Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT), el de Salud (MS) y el de Ambiente y Energía (MINAE), han venido emprendiendo acciones diversas en pro de la calidad del aire, entre las que destacan el programa de control de emisiones vehiculares (“eco-marchamo”), la creación y actualización de normativa de emisiones para fuentes fijas de diverso tipo y para fuentes móviles, la eliminación del contenido de plomo en todo tipo de gasolina, los planes de modernización del sistema de transporte público, la introducción de un sistema integral de Revisión Técnica Vehicular, entre otros

El Ministerio de Salud y al menos tres institutos especializados de investigación, pertenecientes a las Universidades de Costa Rica y Nacional, realizan con frecuencia campañas de medición de los niveles de contaminación del aire en sitios estratégicos, pero los datos disponibles son escasos. Aún así, se tiene conciencia de que el grado de contaminación atmosférica a que se ha llegado en Costa Rica en los últimos años, tiene un costo social relevante. Indicaciones en ese sentido se originaron a partir del estudio que con datos de finales de la década de los ochenta e inicios de los noventa, realizó el experto internacional Dr. C. Santos-Burgoa, denominado “Evaluación Inicial del Impacto en Salud de la Contaminación Atmosférica”, el cual estimó que los costos directos y sociales anuales, relacionados con enfermedades atribuibles a condiciones de contaminación del aire, correspondían a alrededor del 2% del gasto público nacional en ese momento.

Dentro del marco de la cooperación técnica entre Costa Rica y Alemania, desde el año 1998 viene desarrollándose una iniciativa interinstitucional, que desde el 2000 se denomina “Proyecto Aire Limpio San José”. Este proyecto, liderado por una plataforma de coordinación constituida por los ministerios antes señalados (MS-MINAE-MOPT) y en el cual participan 16 entidades² interesadas en atacar el problema de la contaminación del aire, tiene entre sus objetivos impulsar acciones que permitan dimensionar de mejor manera la gravedad de la situación actual, sobre todo en lo relacionado con el efecto que los niveles de contaminación alcanzados, tienen sobre el sector salud costarricense.

Por esta razón, el presente estudio constituye sin duda un paso determinante en este sentido y es el producto del trabajo interinstitucional desarrollado con éxito por las

¹ La región Central consta de 45 cantones de las provincias de San José, Alajuela, Cartago y Heredia. La GAM está conformada por 31 cantones de esas provincias. La única provincia que tiene todos sus cantones en la Región Central y también en la GAM es la de Heredia. No obstante, de tener en cuenta que, sobre todo en la GAM, muchos distritos rurales de algunos cantones no fueron incluidos en ella; de modo que algunos pueden tener distritos en la GAM y otros en la región central. El área de la GAM es de 1 769, 03 km², esto es, un 3 46% del territorio nacional.

² Las 16 instituciones son: Ministerios de Obras Públicas y Transportes, Salud, Ambiente y Energía, Educación Pública, Defensoría de los Habitantes, Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos, CCSS, Instituto Nacional de Aprendizaje, Municipalidad de San José, Universidad Nacional, Universidad de Costa Rica, Colegio de Periodistas, Confederación Nacional de Asociaciones de Desarrollo Comunal (CONADECO), RITEVE S y C, SwissContact, GTZ.

diferentes entidades involucradas. Sin duda que sus resultados contribuirán en mucho para el logro del objetivo principal establecido, consistente en dotar a Costa Rica de un Sistema Integral de Gestión de la Calidad del Aire (SIGCA).

1. Contexto

El desarrollo de los medios de transporte tiene un impacto positivo en el crecimiento y prosperidad de la economía nacional, así como importancia en la satisfacción de las necesidades individuales y colectivas de movilización. De igual manera, el transporte automotor puede tener efectos negativos para la sociedad: accidentes, contaminación sónica, contaminación del aire, con su consabido daño a la salud, agricultura y congestiónamiento del tráfico.

Estos efectos negativos han despertado interés en las últimas décadas. Se han realizado estudios tratando de medir el costo de los daños en la salud, el ambiente y el bienestar general, los cuales han resultado ser considerables, tanto en los costos tangibles como en los intangibles.

La mayoría de estos costos son externos, no cubiertos por quienes producen la contaminación, sino impuestos a la población general. Los costos externos son un problema para la economía, ya que no hay precios de mercado, lo que lleva a la toma de decisiones erróneas y un probable desperdicio de recursos vitales y escasos como el aire limpio, silencio, agua limpia y otros.

Con el objeto de revertir esta situación, el gobierno debe actuar y definir un precio para el aire limpio u otros productos ambientales, de manera que permita que los efectos negativos sean pagados por el contaminador, en otras palabras, dar el proceso de internalizar las externalidades. Para poder operacionalizar esta política es imprescindible conocer la magnitud de los daños, así como su cuantificación monetaria.

En este trabajo se cuantifican, en términos monetarios, los costos externos más relevantes de los daños en la salud humana ocasionados por la contaminación del aire.

2. Objetivo

El objetivo de este reporte técnico es el conocer el costo de los efectos en salud atribuibles a la contaminación del aire. Este conocimiento está basado en la evidencia y es una herramienta indispensable para la toma de decisiones, en el campo de la economía, la salud y la calidad del aire.

Con este fin, el Ministerio de Salud (MS), Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT), Centro de Investigaciones en Contaminación Ambiental de la Universidad de Costa Rica (CICA), la Caja Costarricense de la Seguridad Social (CCSS) y la Cooperación Técnica Alemana (GTZ), iniciaron un proyecto de cooperación e investigación en el marco del Proyecto Aire Limpio San José.

El estudio abarca tres áreas específicas, con los siguientes objetivos:

2.1. Área Ambiental

- I. Estimar los niveles promedio PM10 como parámetro de calidad del aire en la GAM
- II. Estimar los niveles promedio PM10 atribuible al transporte automotor como parámetro de calidad del aire en la GAM
- III. Identificar el nivel promedio anual de PM10 para el área en estudio

- IV. Confeccionar un mapa de distribución de partículas de PM10 en el GAM

2.2. Área Epidemiológica

- I. Definir la frecuencia basal de los resultados en salud seleccionados
- II. Estimar los casos atribuibles a la contaminación del aire
- III. Estimar los casos atribuibles a la contaminación del aire producida por el transporte automotor.

2.3. Área Económica

- I. Estimar el costo en salud para cada uno de los resultados seleccionados
- II. Estimar los costos de los efectos en la salud de la contaminación del aire
- III. Estimar los costos de los efectos en salud de la contaminación del aire producida por el transporte automotor.

Los resultados de este estudio servirán como evidencia e insumo para justificar la creación de un sistema integral gestión de la calidad³ del aire para Costa Rica.

3. Etapas

En la elaboración de este estudio participó un grupo interdisciplinario en las áreas de calidad del aire, epidemiología y economía de la salud y se realizó desarrollando las siguientes etapas:

3.1. Contaminación - Evaluación de la exposición

Para Costa Rica, la contaminación del aire debió ser estimada, ya que no existen suficientes mediciones, periódicas y continuas. El parámetro que se escogió para realizar este estudio fue la medición de las partículas PM-10 (partículas con diámetro aerodinámico menor a 10 micras). Se utilizaron los datos existentes de muestreos de partículas PM-10 realizados por el Ministerio de Salud, y los laboratorios Programa de Estudio de Calidad del Aire (PECAire) y Laboratorio de Química de la Atmósfera (LAQAT) de la Universidad Nacional, y el CICA-UCR.

Debido a la poca cantidad de estaciones de medición, no fue posible realizar una interpolación por lo que se asumió una relación directa entre el flujo vehicular y la concentración de partículas, apoyándose en el supuesto de que la contaminación en el Área Metropolitana se debe en un 75%⁴ a los vehículos de combustión interna⁵. Con este modelo se pudo asociar a cada una de las estaciones de conteo de flujo de vehículos una concentración de PM-10. Posteriormente, se aplicó un método de interpolación del sistema de información geográfica ArcView 3.2, con el cual se obtuvo la distribución de las partículas PM-10 en 19 cantones de la Gran Área Metropolitana.

³ El sistema de gestión de calidad del aire tiene dos componentes principales: 1) vigilancia de la calidad del aire, cuyo objetivo principal es conocer el estado de la calidad del aire a través de la obtención y análisis de la información para facilitar la toma de decisiones y 2) catálogo de medidas direccionadas a prevenir y/o reducir la contaminación del aire.

⁴ MOPT-GTZ. Proyecto Aire Limpio. San José. 2003

⁵ Las mediciones de flujo vehicular fueron tomadas del estudio realizado por ProDUS de la UCR "Estudio de Indicadores Urbanos en el Área Metropolitana de San José". Este trabajo es una exploración de las metodologías para calcular las emisiones de contaminación atmosférica de la flota vehicular de la GAM, para tres contaminantes: anhídrido carbónico, hidrocarburos no quemados y componentes nitrogenados.

3.2. Epidemiología - Relación dosis-respuesta

Los estudios epidemiológicos son claves para la estimación de los efectos de la contaminación del aire en la salud de las personas. Para este estudio, se tomaron en cuenta los efectos de corto y largo plazo.

El marco metodológico se guía por el principio de “mejor aproximado”, indicando que el impacto cuantificado es el “mejor aproximado” atribuible a la contaminación del aire. Se utilizó, como único indicador de contaminación del aire urbano, las partículas iguales o menores a 10 μm de diámetro (PM10).

Se utilizó un mínimo de contaminación de 7.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ya que no existen estudios epidemiológicos en poblaciones expuestas a niveles de contaminación menores de 5-10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM10 (promedio 7.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). La estimación del impacto se realiza en poblaciones expuestas a niveles de contaminación por encima de este mínimo.

El concepto de riesgo atribuible es el que se utiliza para identificar los casos atribuibles a la contaminación ambiental. En el caso de Costa Rica, se utilizaron los riesgos atribuibles identificados en el estudio preparado para la Tercer Conferencia Ministerial sobre Ambiente y Salud en Londres 1999.⁶ Con las bases de datos nacionales se estableció la línea basal epidemiológica según lo que la información disponible permitiera. Los casos o número de días persona atribuibles a incrementos de 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en la exposición de PM10 fueron calculados aplicando las funciones de dosis-respuesta (estudio de referencia) a las frecuencias de la línea basal de las poblaciones respectivas con un intervalo de confianza de 95%.⁷

3.3. Economía - Estimación del impacto y valuación monetaria

Con la combinación de la relación dosis-respuesta y la exposición a PM10 en el área de estudio, se cuantificó el impacto de los daños en salud y sus costos. En este sentido, debe entenderse, que los costos se refieren al número y tipo de casos adicionales de morbilidad y mortalidad prematura atribuibles a la contaminación del aire. Una vez estimados los efectos en salud, estos son traducidos a términos monetarios.

4. Conceptos generales

Este estudio es una evaluación del impacto de la contaminación del aire en relación con la salud humana, el cual no es exhaustivo y se tiene clara conciencia de que existen brechas de conocimiento que es necesario superar. Por los problemas inherentes a la evaluación del riesgo, surgen cuestionamientos estrechamente ligados a los supuestos asumidos y a las opciones metodológicas necesarias para poder estimar el impacto de la contaminación del aire en la salud pública. En este sentido, hay que tener en cuenta las siguientes consideraciones:

1. Existe abundante evidencia que demuestra que los niveles actuales de contaminación del aire tienen efectos adversos en la salud. Desde la perspectiva de la salud pública existe una exigencia ética de estimar y comunicar el impacto que esto genera al

⁶ Health Costs due to Road Traffic-related Air Pollution An impact assessment project of Austria, France and Switzerland. Prepared for the Third Ministerial Conference on Environment and Health. London 1999

⁷ Para los resultados de salud seleccionados, con la información disponible en la literatura se derivaron curvas de dosis-respuesta, utilizando un análisis meta-analítico para calcular el peso de la varianza promedio de los riesgos relativos (RR). Cuando se presentó heterogeneidad significativa, se calcularon efectos al azar. Los intervalos de confianza de 95% de las funciones de dosis respuesta indican el rango de incertidumbre basado en la información epidemiológica.

público.

2. Todo el tiempo, los que elaboran las políticas y las sociedades en general, deben tomar decisiones importantes. No contar con evaluaciones del impacto, promueve la toma de decisiones basándose exclusivamente en intereses individuales y sin considerar los aspectos éticos y de salud pública. Esto es particularmente verdad en las decisiones ambientalmente sensibles, por lo que la participación de los epidemiólogos es crucial en este proceso⁸.
3. Estudios similares están siendo realizados por diferentes grupos y en diferentes sitios. Sin embargo, una única metodología no ha sido desarrollada aún, por lo que los resultados pueden variar de forma importante.

Este trabajo, está sustentado básicamente en un estudio realizado para la OMS⁹, que ha su vez, se basó en dos estudios previos realizados en Suiza¹⁰ y el trabajo realizado por Ostro¹¹. Algunos conceptos fueron actualizados y otras modificaciones se realizaron para obtener una metodología aplicable a la evaluación del impacto en otros países.

Como antecedente, en Costa Rica solamente se ha realizado un estudio previo en este campo por un consultor en el año 1996¹². Los resultados de este estudio, en términos generales fueron:

- Se encuentran elevados los siguientes parámetros de contaminantes atmosféricos: PST y PM10, SO₂, CO. Entre un 20 a 30% de las PST son PM10
- Los grupos más susceptibles son los trabajadores del transporte y los mayores de 60 años. Este hecho se demuestra por el mayor número de incapacidades (39%), neumonías (41%), EPOC (8 veces más riesgo). Las anteriores son atribuibles parcialmente al tabaquismo, que de hecho es más frecuente en esta población, pero la dimensión del daño no deja de estar posiblemente vinculado a la exposición de la contaminación atmosférica
- En el período 1987-1992 se registró un discreto aumento de consultas y una reducción de la carga medica (CCSS, 1993)
- Se ha producido un incremento de 4 veces en la mortalidad por EPOC en 5 años, que si bien puede ser atribuible al tabaquismo, puede deberse a mortalidad prematura en pacientes previamente afectados pulmonarmente y que se ven expuestos a un incremento en los contaminantes atmosféricos (PST/PM10 y SO₂)
- También hay un aumento de las enfermedades cardiovasculares, que podría explicarse por muertes prematuras por exposición ambiental (CO y PST/PM10). La mortalidad por infarto es un 78% mayor que 5 años atrás y la enfermedad isquémica un 40%.
- En el centro de San José, el riesgo de morir por Insuficiencia Respiratoria Aguda (IRA) es 3 veces mayor y por neumonía y EPOC¹³ un 30%, en comparación con otras cabeceras de provincia. El riesgo de morir en San José por estas causas es hasta 3 veces mayor. Igual situación se encuentra en las enfermedades cardiovasculares (CV), en San José es hasta 3 veces mayor.
- La mayor mortalidad por causas respiratorias se da en mayores de 60 años (75 a

⁸ Samet [al] del [et], 1998

⁹ Health Costs due to Road Traffic-related Air Pollution An impact assessment project of Austria, France and Switzerland. Prepared for the Third Ministerial Conference on Environment and Health. London 1999

¹⁰ Sommer H et al, 1996; Künzli N et al, 1996; Künzli N et al, 1997

¹¹ Ostro B, 1996; Ostro B y Chestnut L, 1998

¹² Santos-Burgoa, C. Evaluación Inicial del Impacto en Salud de la Contaminación Atmosférica. Desarrollo Urbano y Contaminación. Informe sometido al Banco Mundial. Basado en la Misión a San José, Costa Rica 30 junio-4 julio, 1997. San José, Costa Rica.

¹³ Enfermedad Obstructiva Pulmonar Crónica

85%).

- Se estimó que el costo anual en salud de la contaminación del aire fue de 2% del gasto público nacional. El estimado inicial de costos directos e indirectos, con algunas debilidades, fue de US\$27.558.259 anuales.

En cuanto a las recomendaciones emanadas por el estudio de Santos-Burgoa, en el campo del desarrollo institucional son:

- Es necesario desarrollar la capacidad para elaborar normas ambientales propias, no se reconoce el beneficio que esto produce. No se ha seguido un proceso de evaluación de riesgos, con base a las características locales. No hay planteamiento de alternativas de manejo consensuadas ni definición de metas a alcanzar en el país.
- Crear capacidad para monitorear condiciones atmosféricas. Existe la necesidad de un sistema de información fácil y accesible.
- Contar con capacidad para analizar los datos atmosféricos. La capacidad analítica es insuficiente en el país. Se requiere un cuerpo de técnicos en estadística en el MS y en el Instituto Nacional de Meteorología que pueden manejar y reportar estos datos analizados. Estas dos organizaciones deben fortalecerse en el desarrollo de recursos en esta materia, ninguno tiene capacidad de análisis epidemiológico de efectos en la salud de la contaminación atmosférica.
- La parte mas débil es la infraestructura institucional. Hay información abundante, no analizada.
- Lo que requiere mayor desarrollo es la realización de estudios epidemiológicos que permitan efectuar modelos de exposición humana.

4.1. Rol crucial de la Epidemiología

Para estimar el impacto de la contaminación del aire en la salud pública, es necesario reconocer la asociación entre la exposición a la contaminación de las poblaciones y su salud respectiva. Para conocer esta relación, la disponibilidad de estudios epidemiológicos es crucial, ya que estos estudian la asociación entre factores del riesgo potenciales, tal como exposición a la contaminación y el estado de salud.

La epidemiología es una ciencia observacional, estudia las personas en sus condiciones reales de vida. Estudios epidemiológicos cuidadosamente diseñados tratan de imitar los experimentos de la mejor manera para poder controlar y separar aquellos factores que causan confusión y/o sesgos en la investigación. También controla factores que pueden encubrir la asociación verdadera entre exposición y los resultados en salud. Hay una variedad de métodos para controlar estos factores, no obstante, los resultados nunca pueden determinar perfectamente una relación de dosis-respuesta. Por consiguiente, los resultados se muestran bajo la mejor estimación y con algún grado de incertidumbre.

La epidemiología es determinante en las evaluaciones de impacto. De hecho, se evalúan riesgos en salud pública y se toman decisiones con éxito sin tener un conocimiento detallado sobre el mecanismo fisiopatológico subyacente. Este es el caso de los efectos en salud de la contaminación del aire.

4.2. El enfoque de “mejor aproximado” en la evaluación de impacto

La evaluación del impacto de la contaminación del aire requiere información sobre la relación dosis-respuesta en varios resultados en salud, frecuencias basales en la población, definición de “exposición a la contaminación del aire”, distribuciones de la exposición en la población, datos sobre el porcentaje de la contaminación del aire debida

al tráfico de transporte automotor y valuación económica de los casos atribuibles a la contaminación. Por consiguiente, la realización de estos cálculos requiere muchos supuestos y decisiones metodológicas. En cada caso, el modo de tratar la incertidumbre tiene que ser definido. En este sentido, se utilizó, para los cálculos principales, el enfoque de “mejor aproximado”, así se seleccionaron supuestos metodológicos de manera que el impacto determinado sea “el mejor” atribuible a la contaminación del aire. Reconociendo que el impacto real es probablemente mayor al establecido en los resultados finales. El grado de incertidumbre se reporta en un rango, que muestra el grado de variabilidad del efecto epidemiológico estimado y es de un intervalo de confianza de 95%. En este caso, el punto estimado refleja “la mejor estimación”, y el valor inferior del rango se puede considerar el mínimo más conservador de los casos atribuibles.

4.3. Efectos de corto y largo plazo

La contaminación del aire tiene efectos a corto plazo en salud, por ejemplo, cuando el estado de salud muestra cambios en horas o días después de la exposición. En el largo plazo, la contaminación del aire puede repetidamente o continuamente comprometer la salud, llevando a enfermedades crónicas o disminuye los mecanismos de la defensa.

Al tratar de darle un valor económico al impacto anual de la contaminación del aire, lo más adecuado es contemplar ambos, los efectos a corto plazo y a largo plazo. Este último debe ser expresado como el impacto en un “año promedio”, teniendo en cuenta la duración de la condición de salud crónica relacionada con la contaminación del aire. Este estudio contempla ambos efectos, a corto y a largo plazo. En el caso de muerte (mortalidad), un resultado que sucede una única vez, se utilizará como resultado a largo plazo.

4.4. Definición de “Contaminación del Aire”

La contaminación del aire es una mezcla de muchas sustancias, conocidas y desconocidas. En Costa Rica, la Ley General de Salud¹⁴ la define como “deterioro de su pureza por la presencia de agentes de contaminación, tales como partículas sólidas, polvo, humo, vapor, gases, materias radioactiva y otros, en concentraciones superiores a las permitidas por las normas de pureza del aire...”. El abordaje usual consiste en medirla de por lo menos con un contaminante específico, considerado como un indicador de la compleja mezcla.

Las concentraciones locales de contaminantes atmosféricos dependen de la descarga de sus fuentes y de la eficiencia de su dispersión en el aire. Variaciones diarias de las concentraciones de estos contaminantes son afectadas por las condiciones meteorológicas y por cambios que ocurren en las fuentes.¹⁵

Ejemplos de contaminantes atmosféricos son la materia particulada (PM, ej. definido por el diámetro (μm) tal como PM_{2.5} o PM₁₀), óxidos de nitrógeno (NO_x), monóxido del carbono (CO), óxidos de azufre (SO_x) y ozono (O₃). Entre más estrecha sea la correlación del indicador de contaminación con aspectos de salud, mejor se asociará el indicador con el efecto en salud.

Para algunos contaminantes, como el ozono u óxidos del azufre, se ha demostrado claramente que son causa directa de daños en la salud en las concentraciones

¹⁴ Ley General de Salud. No. 5395 del 23 de octubre de 1973

¹⁵ Guidelines for Air Quality, World Health Organization: Geneva, 2000

observadas en el ambiente real del aire. Por consiguiente, el impacto total en la salud debe considerar la suma de 1) todos los efectos independientes de los contaminantes específicos, 2) los efectos de mezclas y 3) los efectos adicionales debido a interacciones entre contaminantes.

Los estudios epidemiológicos, en su mayoría, muestran la asociación de algún indicador de contaminación con efectos en la salud, no hay publicaciones sobre los efectos en forma independiente. Como consecuencia, para la evaluación del impacto se deben seleccionar uno o varios indicadores de la contaminación del aire. La simple suma de los impactos específicos sería un concepto erróneo que podría llevar a una sobreestimación del impacto global. Por esta razón, se estima el impacto con un solo indicador.

El indicador de contaminación que se escoja debe contar con fuerte evidencia epidemiológica y con información disponible sobre los efectos. En el caso del PM₁₀, existe amplia literatura. Contrario a partículas más grandes, el PM₁₀ puede entrar el tracto pulmonar, donde interfiere con el sistema de defensa del árbol bronquial, y puede causar inflamación crónica. Es por esta razón, que en este estudio se utiliza el PM₁₀ como indicador de contaminación del aire.

Tanto para los efectos de corto como de mediano plazo, se utiliza la exposición de la población al promedio anual del nivel de PM₁₀, y no la exposición de día a día. En otras palabras, se asume que el promedio de PM₁₀ diario corresponde al promedio anual de PM₁₀. Por lo tanto, el impacto anual corresponde a la suma de todos los efectos diarios durante un año.

Además de que, para mantener consistencia metodológica, es necesario utilizar distribuciones de concentración ambiental, más que exposiciones individuales. Como se utilizan funciones epidemiológicas basadas en la dosis-respuesta, estos estudios están basados en la respuesta a dosis ambientales y no a dosis individuales.

4.5. Nivel mínimo de evaluación

En los cálculos del impacto en la salud pública de la contaminación del aire es crucial definir el grado de exposición que se considera como la “exposición de referencia”. Se definió como promedio anual más bajo de PM₁₀ el de 7,5 µg/m³. Por consiguiente, los efectos en la salud de la contaminación son medidos solo a partir de las cifras sobre este nivel. La selección de este nivel determina el cálculo de los casos adicionales atribuibles a la contaminación atmosférica. Si se planteara de otra manera, el número de muertes prematuras sería considerablemente mayor.

El “nivel mínimo de evaluación” no es el nivel de contaminación que no produce ningún efecto en la salud. Los estudios epidemiológicos no hablan de ningún nivel de PM₁₀ que no sea dañino¹⁶, sin embargo, estos estudios no incluyeron poblaciones que vivieran en regiones con PM₁₀ por debajo de 5-10 µg/m³ (promedio 7,5).

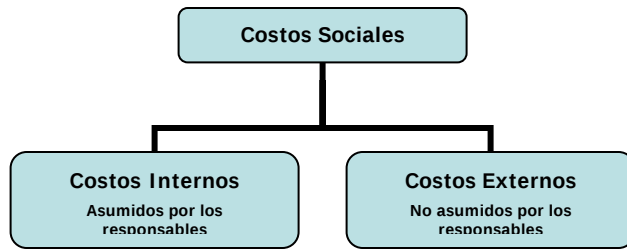
4.6. Costos sociales, internos y externos

En la literatura económica, los conceptos de costos sociales, internos y externos no son utilizados de manera uniforme. Sin embargo, conforme han avanzado los estudios sobre los costos sociales, las siguientes definiciones han prevalecido:

Costos Sociales. Involucran todos aquellos costos que genera la contaminación del aire y son pagados por la sociedad. Comprende los costos externos y los internos.

¹⁶ Ackermann-Liebrich et al 1997; Braun-Fahrländer et al 1997, Zemp et al 1999

Costos sociales, internos y externos



Fuente: ECOPLAN, 1991

Costos Internos. Son los costos que asumen quienes contaminan el aire. Consisten en costos cuantificables (costo del combustible, seguros, etc.) y no cuantificables (fatiga, consecuencias de un accidente, etc.)

Costos Externos. Los costos externos son la parte de los costos sociales que no son pagados por quienes los generan o son responsables, son pagados por otros. Ejemplos típicos son el ruido, la contaminación del aire, los cuales afectan la sociedad como un todo, pero no son

compensados, o sólo parcialmente por quienes los generan.

La magnitud de los costos externos varía según los criterios que se utilicen para calcularlo.

En este trabajo, se considera la contaminación del aire como un todo y luego se desagrega la fracción atribuible a las fuentes móviles. Se hace énfasis en esta separación ya que en nuestro país se ha considerado que el transporte automotor contribuye en un 75% de la contaminación del aire. Es importante cuantificar los costos externos para evitar que estos sean traspasados a la sociedad, poder internalizarlos. Las medidas que se efectúen deben generar una distribución eficiente, creando una situación óptima, desde el punto de vista de bienestar de la sociedad. En este sentido, los daños deben ser pagados por quienes son responsables de ellos, cumpliendo dos condiciones:

- los generados por el sistema de transportes y que benefician a toda la sociedad deben ser pagados por los usuarios del sistema, y
- los incurridos en detrimento de los individuos de una sociedad, ya sea en salud o calidad de vida derivados del sistema de transporte, deben ser pagados por quienes son los responsables.

Buscando crear un sistema de transporte automotor económicamente óptimo, los costos externos deben ser determinados contemplando todos los usuarios, de manera que realmente no se pierda ningún costo externo y se consolide el principio "quien contamina paga" (internalización).

¿Son internos los costos en salud relacionados con el transporte? El que todos seamos usuarios potenciales y estemos dispuestos, no solo a aceptar la contaminación ambiental, sino sus consecuencias y pagar su precio, no asegura que estos sean pagados por quienes producen los daños ya que los mismos dependen de la cantidad de las emisiones producidas y el número de kilómetros recorridos. Bajo la estructura actual de precios, los motorizados no pagan por la contaminación producida. Lo esencial en este punto, es que los costos deben estar en función del daño causado, o sea, proporcional a la cantidad de contaminantes producida.

Los beneficios de un seguro de salud cubren los costos de tratamiento de las enfermedades y una parte importante de pérdida de producción. Esto incluye las enfermedades producidas por la contaminación del aire debida al transporte automotor. Pero, no puede considerarse que los seguros de salud, públicos o privados, cubran los

costos externos (internalización) ya que no son los conductores quienes financian los beneficios brindados a las víctimas de la contaminación relacionada con el transporte automotor. Esto significa que los conductores trasladan parte de estos costos a otros que no son los responsables directos, la población bajo un sistema de seguro de salud. Por lo tanto, los costos por daños en la salud deben ser considerados como costos externos.

4.7. Costos en salud como parte de costos externos del sistema de transporte

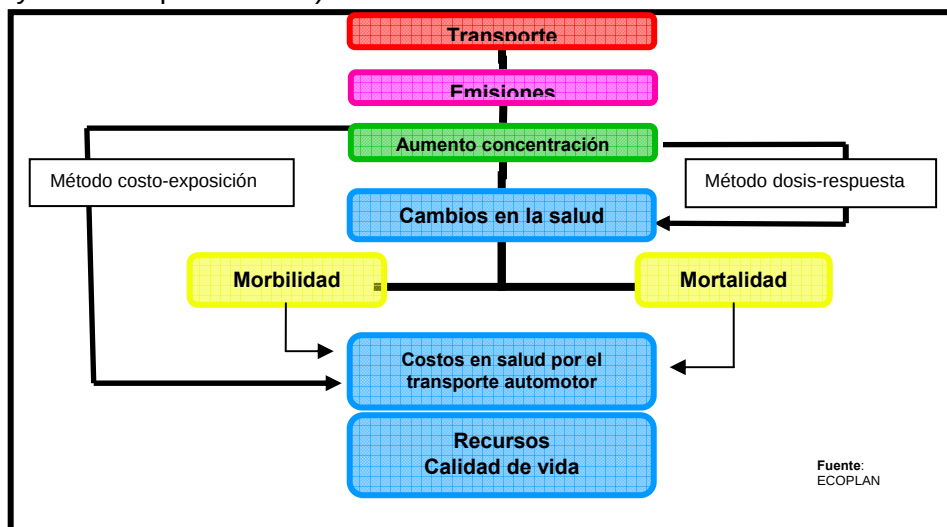
El transporte automotor genera costos externos por múltiples vías: contaminación del aire, accidentes, uso del suelo, ruido, entre otros. Es obvio, que el sistema de transporte pone en riesgo la salud humana de varias maneras, especialmente con la contaminación del aire, el ruido y los accidentes.

Este estudio se concentra solamente en los daños en salud producidos por la contaminación del aire proveniente del transporte automotor. La contaminación del aire afecta no solamente la salud humana, también la flora y la fauna, las edificaciones y la producción agrícola, áreas que quedan fuera de este estudio.

5. Metodología

5.1. Cadena de interacciones

El punto de inicio de una evaluación del impacto en salud por la contaminación del aire debida al transporte automotor es definir la cadena de interacciones (siguiente figura). Las emisiones del sistema de transporte (y otras fuentes) provocan un aumento en la concentración de sustancias dañinas en el aire que tienen un impacto adverso en la salud humana. Esto puede llevar a un aumento en la morbilidad y mortalidad prematura, llevando a costos adicionales en término de recursos (tratamientos y días de incapacidad), así como un deterioro en la calidad de vida (sufrimiento por enfermedad, enfermedad y muerte prematura).



5.2. Exposición de la población

En el ámbito del Proyecto Aire Limpio San José, el Ministerio de Salud, la Caja Costarricense de Seguro Social y la Universidad de Costa Rica con la colaboración técnica de GTZ, conforman una comisión para elaborar un proyecto de evaluación del impacto y los costos en salud atribuibles a la contaminación del aire y a la fracción producida por el tráfico automotor.

En este contexto, el mayor reto para la comisión fue la estimación de la concentración media anual de PM₁₀ a la que está expuesta la población de la GAM y por limitaciones en la información, este estudio se restringe a solamente 19 cantones. (VER ANEXO, Tabla 4 y 5) La exposición de la población fue estimada para el PM₁₀ total y el asociado directamente al transporte automotor.

Este estudio aplica una metodología común a otros estudios realizados en otros países. Sabiendo de antemano, que a pesar de utilizar una metodología común, existen aspectos específicos dentro de cada país (ej. disponibilidad de información, diferencias en el sistema de salud, etc.) que deben de ser considerados.

El marco metodológico general involucró 3 etapas principales:

- Obtención y análisis de datos sobre concentración ambiental de material particulado
- Estimación de la fracción de PM₁₀ relacionada con el tráfico automotor
- Mapa de distribución de partículas de PM₁₀

El parámetro que se escogió para realizar este estudio fue la medición de las partículas PM₁₀ (partículas con diámetro aerodinámico menor a 10 micras). Se escogió este parámetro, por tres razones principales: 1) se cuenta con más datos, y 2) es un parámetro estándar utilizado internacionalmente, 3) existe suficiente evidencia empírica que establecen las funciones dosis respuesta con los resultados de salud. Los efectos del material particulado en humanos dependen del tamaño de partícula y de su número, y pueden fluctuar diariamente con la variación en las concentraciones.¹⁷

Primero se recolectaron todos los datos existentes sobre muestreos de partículas PM-10 realizados por el Ministerio de Salud Pública, y los laboratorios PECAire-UNA, Laboratorio de Química de la Atmósfera-UNA, y el CICA-UCR en los años 1999, 2000 y 2001.

En este período no existió un muestreo continuo, solamente se tienen datos de algunos meses del año, por lo que se tomó el promedio de todas las mediciones en cada una de las estaciones y los resultados obtenidos se pueden observar en la Tabla No. 1.

Tabla No. 1

Estación/Año	1999	2000	2001
HNN ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	45,7	***	***
HSJD ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	***	40,6	82,3
MSP ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	45,3	50,2	67,5

*** No se hicieron mediciones durante ese año

HNN: Hospital Nacional de Niños

HSJD: Hospital San Juan de Dios

MSP: Ministerio de Seguridad Pública

Ministerio de Seguridad Pública.

Debido a la poca cantidad de puntos (estaciones de medición) no fue posible realizar una interpolación para mostrar un panorama general de la dispersión de las partículas PM₁₀, por lo que se asumió una relación directa entre el flujo vehicular de las principales calles

En vista de que estas mediciones no se realizaron durante todo el año se tomó como promedio anual el promedio de los tres años, para tener un panorama general de la contaminación de la ciudad de San José hasta el 2002. Se seleccionaron varios puntos, dos en el Paseo Colón ubicados en el Hospital San Juan de Dios y en el Hospital Nacional de Niños y el tercero en el

¹⁷ Guidelines for Air Quality, World Health Organization: Geneva, 2000

de la ciudad de San José y la concentración de partículas, apoyándose en el supuesto de que la contaminación en el Área Metropolitana se debe en un 75% a los vehículos de combustión interna¹⁸. Las mediciones de flujo vehicular fueron tomadas del estudio realizado para el Consejo Nacional de Vialidad (CONAVI) por ProDUS¹⁹. Con este modelo se pudo asociar a cada una de las estaciones de conteo de flujo de vehículos una concentración de PM₁₀.

Una vez encontrados los valores de PM₁₀, se aplicó un método de interpolación del sistema de información geográfica ArcView 3.2, con el cual se obtuvo la distribución de las partículas PM₁₀ en 19 cantones de la ciudad de San José.

La confección del mapa de distribución de partículas PM₁₀ en 19 cantones de la Gran Área Metropolitana de Costa Rica, surgió, como una necesidad para evaluar el impacto de la contaminación del aire sobre la salud de la población de estas localidades.

La creación de este mapa tiene la ventaja de que permite visualizar geográficamente, cuales son los cantones y distritos más afectados por una alta concentración de material particulado en el aire.

La información geográfica sobre calles y distritos fue proporcionada por el Centro de Investigaciones en Desarrollo Sostenible, CIEDES de la Universidad de Costa Rica.

5.3. Casos Atribuibles a la exposición

El abordaje metodológico está basado en evidencias epidemiológicas internacionales del efecto adverso en la salud de la población expuesta a diferentes niveles de contaminación del aire.

Las investigaciones epidemiológicas estudian las asociaciones entre los factores de riesgo potenciales, tal como la exposición a la contaminación del aire y el estado de salud de las poblaciones. Los efectos son expresados en funciones de dosis respuesta que relacionan la contaminación del aire y la frecuencia de las enfermedades. Para establecer estas funciones de riesgo, se hace referencia solamente a estudios que han utilizado diseños adecuados y con buenos controles para los factores de confusión.

La información epidemiológica basal (incidencia y prevalencia), cuando los datos lo permitieron, se derivaron de los registros de la población de los 19 cantones del GAM en estudio. El número de casos y/o días persona atribuibles a cada aumento de 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de exposición al PM₁₀ (D10) fueron calculados aplicando las funciones de dosis respuesta con intervalos de confianza del 95% (D10_{Inf}, D10_{Sup}) a las frecuencias basales de las respectivas poblaciones. Las diferencias encontradas en los incrementos nacionales (D10) con otros países que han utilizado la misma metodología, son fundamentalmente originadas en la estructura de edad y el perfil de riesgo en salud.

Morbilidad

Para los efectos de corto plazo (egresos hospitalarios, días de incapacidad, bronquitis en menores de 15 años y ataques de asma) se aplicaron las frecuencias anuales de consulta observadas en la población, según las estadísticas de la CCSS. Efectos a corto plazo, tales como el ausentismo escolar o la disminución de la función pulmonar, fueron excluidos por la dificultad de asignarle un valor monetario y porque de alguna manera ya

¹⁸ MOPT-GTZ. Proyecto Aire Limpio. San José. 2003

¹⁹ Estudio de Indicadores Urbanos en el Área Metropolitana de San José. Programa de Investigación en Desarrollo Urbano Sostenible (ProDUS), Escuela de Ingeniería Civil, Universidad de Costa Rica. 2002

están contemplados en los resultados en morbilidad y mortalidad.

Para los efectos de largo plazo, especialmente en la bronquitis crónica, en el estudio original que se utiliza como referencia, se utiliza la *incidencia* de la enfermedad. Esto permitió incluir en las estimaciones económicas, los casos nuevos de bronquitis.

En el caso de Costa Rica, para la estimación de los costos de la bronquitis crónica, no se utilizó ni la incidencia ni la prevalencia por no estar disponibles. Los cálculos se realizaron con la información obtenida de la CCSS, que es el seguro de salud público del país y tiene una cobertura de más del 80% de la población. Los datos utilizados fueron los registros sobre las consultas producidas en la consulta externa y los servicios de emergencias en el 2001 por bronquitis crónica, de las personas residentes en los 19 cantones de la GAM, en estudio.

Tampoco se incluyó la morbilidad por cáncer. La función de riesgo para la incidencia de cáncer asociada al PM10 todavía no está claramente establecida, pero la muerte por cáncer está indirectamente incorporada en la evaluación del impacto al incorporar como resultado la mortalidad general.

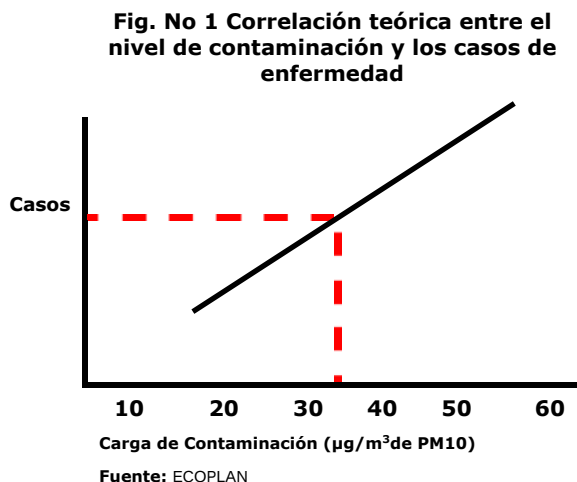
Mortalidad

Conceptualmente, el impacto de la contaminación ambiental en la mortalidad debería diferenciar los procesos de los efectos a corto plazo (muerte prematura en personas vulnerables) y a largo plazo, que son difíciles de establecer. El efecto de la contaminación del aire en la mortalidad es la suma de los efectos de corto plazo y la acumulación de los efectos a largo plazo, para evaluarlos se requiere diseños de estudios epidemiológicos diferentes.

La exposición a la contaminación del aire durante toda la vida lleva a daño recurrente y, a largo plazo, causa enfermedad crónica y disminución de la expectativa de vida.

La medida ideal para estimar el impacto sería los años de vida ajustados por calidad perdidos debido a la contaminación del aire. Desafortunadamente, los estudios existentes no brindan estos resultados. Es por esta razón que se proponen pasos cuantitativos y supuestos para transformar el número de casos atribuibles a años de vida perdidos.

5.4. Sustento epidemiológico



Tal y como se ilustra en la siguiente gráfica, para un determinado nivel de contaminación del aire, ejemplo $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$, la frecuencia de ocurrencia de una enfermedad puede ser determinada si contamos con el perfil de la curva y su posición, por ejemplo, si conocemos la intersección con el eje ordinal.

El efecto estimado mide cuantitativamente las variaciones en las frecuencias del resultado en salud por unidad de carga de contaminación. Y por lo tanto expresa la relación entre la exposición y el efecto en salud.

Con el fin de determinar el efecto estimado para las diferentes enfermedades, se utilizaron resultados cuantitativos de varios estudios internacionales, que fueron integrados en un meta-análisis²⁰.

La **frecuencia basal poblacional** es la frecuencia con la que aparece un determinado resultado de salud con una “carga de contaminación definida”. A diferencia del efecto estimado, que no varía de una población a otra, la frecuencia basal poblacional es específica para cada país o región. Con la combinación del efecto estimado y la frecuencia, se obtiene el número de casos para cada resultado de salud (morbilidad y mortalidad) atribuibles a cada aumento de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en la concentración del particulado ambiental (PM10).

5.5. Criterio de selección de los resultados en salud

No existe ninguna enfermedad producida específicamente por la contaminación del aire. Sin embargo, muchos estudios indican que la contaminación del aire es dañina para la salud²¹.

Ya que la salud es multidimensional y no puede ser medida por un único parámetro, para la evaluación del impacto se deben sumar los efectos de varios resultados en salud. Buscando aquellos resultados que no se dupliquen para efectos de la valuación monetaria, fue necesario seleccionar aquellos que cumplieran los siguientes requisitos:

- Deben estar relacionados con la contaminación del aire. La relación dosis respuesta entre el PM10 del ambiente y los resultados en salud debe ser expresada en términos cuantitativos (curvas o riesgos relativos). Los coeficientes de correlación no son suficientes para una evaluación del impacto, ya que no permiten identificar adecuadamente los factores de confusión, lo que puede invalidar las curvas de dosis-respuesta²².
- Deben ser suficientemente diferentes entre si, para evitar la doble contabilidad. Para aquellos resultados de salud que se duplican, solamente se debe utilizar uno de ellos.
- Se incluyen solamente resultados de salud que puedan ser valuados monetariamente. Por ejemplo, es muy difícil darle un valor monetario a la reducción de la función pulmonar, por lo que no se contempla.

Se consideraron efectos en la salud de corto y largo plazo, la selección fue guiada por el principio de “mejor aproximado”, así, el impacto que se tiene por resultado es el “el menor” atribuible a la contaminación del aire. No se contemplaron todos los efectos en salud ocasionados por la contaminación del aire, algunos porque la valoración monetaria de dicho efecto es prácticamente imposible y otros por que la evidencia existente no es suficiente.

En resumen, el impacto se mide considerando los siguientes resultados en salud:

²⁰ En el estudio utilizado como referencia, a pesar de que existían publicados estudios en algunos de los tres países (Francia, Austria o Suiza) que establecían funciones de dosis-respuesta nacionales, se utilizaron resúmenes meta-analíticos en lugar de los estudios nacionales. Esta decisión se toma en concordancia con el enfoque epidemiológico seleccionado, con el objetivo de darle más énfasis a los resultados globales, que a los individuales, por la incertidumbre y variabilidad que lleva implícitamente cada uno de los estudios. Para una descripción más detallada de la metodología basada en: Künzli N., Kaiser R., Medina S., Studnicka M., Oberfeld G., Horak F. (1999), Air Pollution Attributable Cases – Technical Report on Epidemiology; Technical Report of the Health Costs due to Road Traffic-related Air Pollution – An impact assessment

²¹ WHO. Air Quality Guidelines for Europe. 2nd Edition. 1999.

²² Künzli N and Tager I, 1997

- Mortalidad general (adultos ≥ 30 años)
- Egresos hospitalarios por causas respiratorias (todas las edades)
- Egresos hospitalarios por causas cardiovasculares (todas las edades)
- Bronquitis crónica (adultos ≥ 25 años)
- Bronquitis aguda (menores ≥ 15 años)
- Días de incapacidad (adultos ≥ 20 años)
- Episodios de Asma (menores < 15 años, adultos ≥ 15 años)

5.5.1. Línea basal en el “nivel de menor impacto” de PM10

El cálculo del número absoluto de casos por cada $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM10, depende de la frecuencia basal existente del resultado en salud. Primero se calculó el número esperado de casos en el “nivel mínimo de impacto” de PM10, en este caso, a un promedio anual de $7.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Luego el número de casos adicionales es calculado, aplicando el RR (por cada $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ PM10) a esta frecuencia de referencia (ecuación 3). Este número de casos atribuibles será menor al resultado si se aplicara directamente el RR a la frecuencia observada de casos. Ejemplo: para un RR de 1.043, una mortalidad anual de 8.000 por millón de población mayor de 30 años y un nivel de PM10 de $27,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ con la utilización de nuestro abordaje, el cálculo de los casos a una contaminación de $7.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (ver ejemplo posterior) sería de 7.366 casos. Sin embargo, 317 casos adicionales ($7.366 \times 0,043$) serán atribuidos a cada incremento de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en el PM10. La aplicación directa del PM10 a la mortalidad observada daría un resultado de 344 casos atribuibles por cada $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de aumento de PM10 ($8.000 \times 0,043$).

5.5.2. Frecuencias Basales Nacionales

La frecuencia basal de resultados se ha derivado de las estadísticas nacionales (CCSS, INEC, MS) o de estudios publicados o reportes científicos, en el país, cuando estuvieron disponibles.

Sin embargo, las frecuencias de los resultados están sujetos a ciertas incertidumbres en las estimaciones, no se tomó en cuenta medidas de variabilidad en los resultados de salud, se utilizó un punto para la estimación. Primero, este es el abordaje utilizado por el Banco Mundial y la Organización Mundial de la Salud (OMS)²³. Segundo, se optó por el “mejor aproximado”, ya que se prefiere utilizar supuestos que nos llevan a estimaciones bajas.

5.5.3. La cuantificación de los casos atribuibles

El proceso de cuantificación de los casos atribuibles involucra cuatro pasos:

En el **primer paso** (ecuación 1), la frecuencia base de la población fue calculada de la frecuencia observada de los resultados seleccionados en la población.

La frecuencia base de la población (P_0) fue definida como la proporción de la población relevante que experimenta el resultado en salud asumiendo un nivel base de contaminación B ²⁴.

Ecuación 1

$$P_0 = \frac{P_e}{1 + [(RR - 1)(E - B) / 10]}$$

²³ Ostro B and Chestnut L, 1998

²⁴ De acuerdo a Krzyzanowski M, 1997

Donde

- P_e = estadísticas
- P_0 = frecuencia base de la población
- E = nivel promedio observado de la exposición de la población
- B = nivel base de exposición de $7.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ PM10
- RR = el riesgo relativo epidemiológicamente derivado para cada incremento de PM10. (se realiza una división por 10).

En el **segundo paso** (ecuación 2), se calcularon los resultados por cada millón de habitantes por incrementos fijos a la base, D_{10} , asumiendo un efecto aditivo lineal del efecto de la contaminación del aire sobre el nivel de efecto inferior. Los principales valores en este punto son las estimaciones metanalíticas de los efectos y las frecuencias basales de la población estimadas en el primer paso.

El incremento fijo a la base D_{10} se definió como el delta para un incremento de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM10 por cada millón de habitantes.

Ecuación 2
$$D_{10} = 1'000'000 * F_p * P_0 * (RR-1)$$

Donde

- D_{10} = el número adicional de casos (por millón) por cada incremento de $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ en el promedio anual de la concentración de PM10.
- F_p = la fracción de la población total que es relevante para el resultado definido
- P_0 = frecuencia base de la población
- RR = el riesgo relativo epidemiológicamente derivado para cada incremento de PM10.

Para lograr estimar un rango de impacto más que un punto, se utilizaron los límites (superior e inferior) del intervalo de confianza del 95% para los valores del RR . Así se genera un valor ($D_{10\text{inf}}$) y un ($D_{10\text{sup}}$) del incremento fijo de D_{10} .

Los dos siguientes pasos requieren el conocimiento de la distribución de exposición a la contaminación en la población y el trabajo integrado de una comisión multidisciplinaria que involucre el área epidemiológica y económica. En forma resumida, se incluyen los **pasos 3** (Ecuación 3) **y 4**.

Ecuación 3
$$N_c = D_{10} * P_c / 1'000'000 * [(x_c - B) / 10] * F_a$$

Donde

- N_c = el número de casos atribuibles a la contaminación del aire para una población expuesta en una categoría c
- P_c = categoría c de exposición de una población
- X_c = el promedio de exposición en la categoría c
- B = Exposición basal de $7.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ PM10
- F_a = fracción de la contaminación del aire debida al transporte automotor.

Para reflejar el 95% de intervalo de confianza en los efectos estimados, también se utilizó la **Ecuación 5**²⁵, para derivar el límite inferior de N_c , reemplazando D_{10} con $D_{10\text{sup}}$ y $D_{10\text{inf}}$ respectivamente.

Finalmente en el **paso 4**, el total de casos por año, N , para el resultado de salud atribuible a la contaminación del aire atribuible al transporte automotor se derivó como la suma de todos los N_c .

²⁵ Ecuación 4: $N_c = D_{10} * P_c / 1'000'000 * [(x_c - B) / 10] * F_a$ Donde N_c es el número de casos atribuibles a la contaminación del aire para una población dada en una categoría "c" de exposición; P_c es la población en la categoría "c" de exposición; X_c es la exposición promedio en la categoría "c"; B es el nivel basal mínimo de exposición $7.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ PM10 y F_a es la fracción de la contaminación del aire atribuible al transporte automotor.

En este sentido, con base en el cálculo de D_{10inf} y D_{10sup} , el número total de casos atribuibles a la contaminación del aire por el transporte automotor surge no solo como un punto estimado (N) si no como un rango de 95% de confianza, N_{inf} y N_{sup} .

5.6. Área Económica

5.6.1. La monetarización de los efectos en salud

Luego de cuantificar los efectos en salud relacionados con la contaminación del aire, utilizando como base en la exposición de la población al PM10, el último paso consiste en darle valor monetario. Para cada uno de los indicadores en salud se deben calcular los costos específicos por caso. Igual que en los pasos anteriores, este proceso demanda una serie de simplificaciones e inclusive, en algunos casos, supuestos críticos.

El darle valor económico a los efectos en la salud o a la muerte es frecuentemente criticado por la comunidad científica de la economía. En general, el argumento de la opinión pública es que la vida humana no puede expresarse en términos monetarios. Esta crítica está basada en un concepto erróneo, ya que la ciencia económica no intenta definir el valor específico de la vida. Lo que se trata de medir, en términos monetarios, es el **beneficio de la reducción del riesgo**, ocasionado por una disminución de los niveles de contaminación del aire, y que, necesariamente lleva a la disminución de las frecuencias en los diferentes resultados en salud.

Para este tipo de evaluación, el término “valor de prevención de una fatalidad estadística” (VPF)²⁶ se utiliza en la teoría económica. Refleja el hecho que una disminución en el riesgo se le da un valor antes que suceda el resultado negativo. De esta manera, no se valora “ex-post” la pérdida de una vida humana por una enfermedad relacionada con la contaminación del aire.

5.6.2. Valuación monetaria de la mortalidad

En la teoría económica existen dos diferentes métodos para abordar la valuación monetaria de la mortalidad. Existe en la literatura discusión sobre si es o no adecuado su uso.

- 1) La **pérdida bruta de producción/pérdida de consumo**. Con este abordaje, los costos de las muertes adicionales se basan en la pérdida de ingreso/producción o la pérdida de consumo. Este abordaje mide la pérdida de producción causada por la muerte prematura desde una perspectiva general de la sociedad, sin entrar en las diferencias de riesgo individuales para enfermedades o accidentes fatales relacionados a la contaminación del aire. Su uso como indicador económico está limitado a los aspectos materiales solamente. Por esta razón, es frecuentemente combinado con otros valores que reflejen los costos intangibles como, dolor, pena, sufrimiento de las víctimas y sus familiares.

La principal ventaja de este abordaje consiste en un concepto de cálculo simple y transparente, lo que lo hace atractivo para la discusión política, sobre todo lo relacionado con políticas de reducción de los impactos ambientales.

Sin embargo, tiene sus desventajas: a) No considera la aversión individual a la

²⁶ Value of preventing an estatistical fatality (VPF)

muerte prematura, puesto que considera solamente los aspectos materiales de las fatalidades; b) Puesto que se basa en la sociedad como un todo, no refleja el principio básico del bienestar económico, que parte de que la valuación debe basarse en las variaciones de utilidad para los individuos involucrados, y c) Debe utilizarse una tasa de descuento adecuada, por sus grandes implicaciones.

- 2) **Disposición de pago (WTP)²⁷/Valor de prevención de una fatalidad estadística (VFP).** En este abordaje, la disposición de pago por evadir un caso estadístico de mortalidad o el valor de prevención de una fatalidad estadística es evaluado. Se intenta estimar la demanda (disposición de pago) por una mejora en la calidad del ambiente. Parte de una pregunta central, cuanto están dispuestos a pagar los individuos para mejorar su propia seguridad y la de otras personas. Así, la suma de todas las disposiciones de pago individuales indica el valor total atribuido a la mejora en la seguridad o la reducción en el impacto ambiental para toda una sociedad.

El valor de la reducción del riesgo en la mortalidad o el valor de la prevención de una fatalidad estadística se calcula dividiendo la disposición de pago individual por la disminución del riesgo entre el cambio observado en el riesgo²⁸.

Su principal ventaja está en la evaluación de las preferencias individuales por las reducciones en el riesgo de las muertes prematuras. Por lo tanto, cubre los requisitos de la economía del bienestar, ya que refleja el punto de vista individual.

En cuanto a las desventajas, se mencionan: a) Está estrechamente relacionado con el nivel de ingreso, lo que crea problemas para su aplicación en diferentes países, especialmente si se trata de comparar países de la OECD²⁹ con los países pobres, b) Si parte de la pérdida del ingreso individual es cubierto por el sistema de seguridad social, esta pérdida no es considerada por el individuo, aunque sean parte de los costos sociales, c) Los individuos tienen dificultad para estar conscientes del nivel de riesgo y de las consecuencias en salud. Estos pueden no estar familiarizados con pequeñas variaciones en el riesgo, lo que puede llevar a discrepancias en la disposición de pago individual, d) La mayor dificultad es lograr con este abordaje estimaciones empíricas de calidad, ya que los resultados son altamente sensibles al diseño de la investigación y e) La evidencia empírica indica que el WTP disminuye conforme avanza la edad, conforme se reduce la esperanza de vida y la calidad de vida.

Abordaje seleccionado para este estudio

En este estudio se utiliza el abordaje parcial con una versión de pérdida de la producción. No se utiliza WTP ya que no existen referencias de estudios de disposición de pago para la reducción del riesgo en países similares al nuestro.

El abordaje de la pérdida bruta de producción mide los costos de una muerte prematura utilizando los montos descontados del futuro ingreso o producción que las víctimas

²⁷ WTP = Willingness to pay

²⁸ Ejemplo: Una política logra reducir el riesgo anual de los accidentes fatales de tránsito de 4 casos por 10.000 a 3 casos por 10.000. Para esta reducción de 1 caso por 10.000, los individuos expuestos al riesgo están dispuestos a pagar un monto promedio de 100 EUR. En este caso, el valor de una fatalidad estadística prevenida es de 1 millón de EUR (100EUR/0.0001 reducción del riesgo). De nuevo, debe reconocerse que a las personas no se les pregunta sobre su disponibilidad de pago sobre la posibilidad de evitar su propia muerte, sino sobre su disposición de pago por cambiar el riesgo.

²⁹ Organización Económica para la Cooperación y el Desarrollo

podrían haber obtenido si no hubieran muerto prematuramente.

Las principales características del abordaje de la pérdida bruta de producción son las siguientes:

- Al utilizar la producción bruta como indicador, el valor total de la producción de una vida es considerado. Comprende el beneficio personal para el individuo como parte del valor de la contribución total a la sociedad. Como un indicador de la producción bruta, el producto interno bruto es dividido entre la población total, sin diferenciar por características socioeconómicas como desempleo, trabajo en la casa, pensión o incapacidad. Este cálculo de la pérdida promedio de la producción per cápita, está basada en el supuesto de que toda persona, independientemente de su estado socioeconómico, contribuye de una forma u otra al bienestar y desarrollo del país.
- El promedio de años de pérdida de producción está determinada por el número de años perdidos por una muerte prematura. Basándose en los hallazgos epidemiológicos, la edad promedio de muerte de las víctimas por enfermedades cardiovasculares y cáncer de pulmón es de 67,5 años³⁰. La esperanza de vida en Costa Rica, para el 2001, es de 77,5 años³¹, por lo que el número de años perdidos es de 10 años.

Considerando los años de vida potencialmente perdidos (AVPP), la pérdida de producción se establece sobre un período determinado de años. Es necesario entonces aplicar una tasa de crecimiento de la producción y una tasa de descuento³². Para la realización del cálculo en este estudio se asumió una tasa real de crecimiento de la producción que corresponde con la tasa de descuento de un 5%.

5.6.3. La valuación monetaria de la morbilidad

Económicamente hablando, los costos de la morbilidad pueden subdividirse según dos criterios: a) por los costos de los diferentes componentes y 2) según la entidad que los paga. Según lo muestra la siguiente figura, los costos de la enfermedad, los costos de “cambios en el comportamiento para evasión” y los costos intangibles, son tres diferentes componentes. Estos costos pueden ser cubiertos de manera privada o colectiva.

Costos de morbilidad (COI) incluye la pérdida de producción debida a una probable incapacidad para trabajar y el costo del tratamiento. Implica los costos materiales en salud y deben tratarse con precios reales de mercado (pérdida de ingresos, costos de tratamiento, costos de día hospitalario, etc.).

Costos de comportamiento de evasión es la manifestación de un comportamiento diferente debido a los efectos de la contaminación del aire. La supresión de actividades deportivas al aire libre durante el verano debido a la concentración de ozono, la

³⁰ INEC y Unidad de Información Estadística, Ministerio de Salud, Costa Rica. 2001

³¹ MS, CSS, OPS/OMS. Indicadores Básicos. Situación de Salud en Costa Rica, 2002

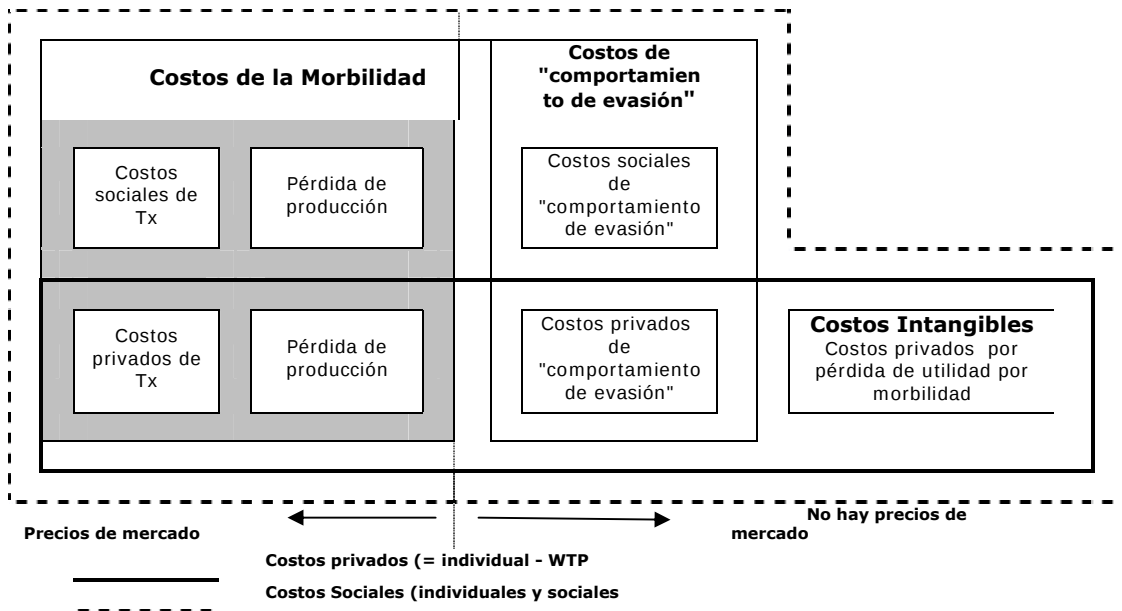
³² Cuando un individuo muere o está incapacitado, la pérdida de tiempo (del trabajo u otras actividades) involucra muchos años. Un valor presente puede ser atribuido a costos futuros convirtiendo las pérdidas a un valor presente. Al hacerlo así, dos aspectos deben ser considerados:

–Primero, la pérdida de producción per cápita y por año no permanece constante en el futuro. Debido al crecimiento económico la pérdida de producción per cápita y por año aumenta. El aumento depende en la tasa real de crecimiento que se escoja.

–Segundo, a los individuos y a la sociedad les afecta de manera importante, si un costo (o una pérdida) debe ser pagado de manera inmediata o un tiempo después. De acuerdo con la preferencia normal establecida empíricamente, el peso atribuido a pérdidas futuras es menor que las atribuidas a las actuales. La diferencia radica en la tasa de descuento utilizada (time preferent rate). Entre mayor sea la tasa utilizada, menor son los valores asignados a los costos futuros (o pérdidas).

instalación de filtros de aire o una selección diferentes de la ubicación de la residencia para evadir la contaminación del aire son algunos ejemplos. Entre más altos son los costos del “comportamiento no deseado”, menores serán los casos de morbilidad atribuidos a la contaminación del aire.

Fig. No 2. Costos de la Morbilidad



Estos comportamientos para evadir los efectos de la contaminación del aire han ido aumentando paulatinamente, no considerar estos costos puede conducir a una subestimación de los costos de la morbilidad. Sin embargo, los precios de mercado son inexistentes en esta área.³³

El tercer componente de los costos de la morbilidad son los costos intangibles, que reflejan los costos de la pérdida de utilidad de las víctimas, por ejemplo por el dolor, ansiedad y sufrimiento debido a la enfermedad. Con base en la evidencia empírica, la aversión al riesgo de enfermedad está determinada por estas inconveniencias (pérdidas en la utilidad)³⁴.

Si se busca una visión completa de los costos totales de la morbilidad, deben considerarse tanto los costos privados individuales como los colectivos. Todos juntos conforman los costos sociales de la morbilidad debida a la contaminación del aire.

La valuación monetaria de la morbilidad, de manera similar al de la mortalidad, puede realizarse con diferentes abordajes. Para los costos de la enfermedad (COI), que involucra la pérdida de producción y los costos del tratamiento, se utiliza el abordaje de los costos del daño. Basándose en costos de mercado, involucra tanto los costos materiales individuales como colectivos. Sin embargo, este abordaje no involucra los costos intangibles ni los cambio de comportamiento por aversión, ya que los precios de mercado son prácticamente inexistentes.

³³ Utilizando métodos indirectos, una parte de estos costos puede teóricamente estimados, ejemplo, la cantidad de tiempo que no puede disfrutarse al aire libre por la contaminación del aire puede dársele un valor monetario utilizando los niveles salariales. También los costos del cambio en el lugar de residencia pueden estimarse con los montes que implican el moverse de lugar. El problema con estos cálculos es que no existe manera establecer el peso de las causas reales para cambiar de lugar residencia o pare verse forzado a permanecer más horas bajo techo.

³⁴ Maddison D. (1997), Valuing the morbidity effects of air pollution, p. 9. Mimeo.63

La “disposición de pago” se centra en los costos individuales (costos privados). Esta establece la utilidad individual de una reducción en el riesgo y refleja todos los costos que el individuo esperaría tener en el caso de una enfermedad, como pérdida de ahorros, costos de cambios de comportamiento o costos intangibles. Esta metodología tiene la ventaja de que integra los costos materiales e intangibles, imposibles de medir por otras metodologías y que generalmente son mayores que los costos materiales.

El procedimiento que se escogió para la medición de los costos de la morbilidad fue la **medición parcial**, en donde los costos de la morbilidad son estimados utilizando el abordaje de daños por enfermedad (COI), sin tomar en cuenta los costos intangibles. Claramente, este procedimiento conlleva una subestimación considerable de los costos reales de la morbilidad. La disposición de pago involucraría los costos intangibles individuales, así como los costos por cambios de comportamiento, ansiedad y sufrimiento, pero el problema es que no cubriría los costos sociales. Como medida para evitar doble contabilidad, la combinación de estas dos metodologías debe ser evitada.

6. Resultados

6.1. Mapa de Distribución de PM10

En este mapa, la concentración del PM10 es dependiente del flujo vehicular, ello implica que la dispersión de contaminantes que se muestra en el mismo sólo representa, aproximadamente, un 75% del valor de las concentraciones detectadas en las tres estaciones. Aquí no se considera el aporte de otras fuentes naturales o antrópicas como por ejemplo el simple levantamiento de polvo del suelo por el viento, o las emisiones de fuentes fijas como calderas y hornos, cuyo aporte a la contaminación del aire en la zona metropolitana es aproximadamente un 23%³⁵ y el 2% restante corresponde a las fuentes naturales.

La escasez de datos y de puntos de muestreo hacen que el modelo propuesto sea menos preciso, de ahí la importancia en la frecuencia de los muestreos y también el aumento de las estaciones de medición.

En el mapa se encuentra que los sectores más afectados por las altas concentraciones en PM10 son la Uruca, y San Pedro en los sectores de las rotondas de La Hispanidad y de La Bandera, básicamente por el alto tráfico vehicular que se registra.

Otra observación importante que se puede rescatar, es que todo el sector noreste de San José, donde se ubican los distritos de San Vicente, Ipís, Purral, Mata de Plátano, San Isidro entre otros se encuentran expuestos a concentraciones bajas de PM10, por debajo de los 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

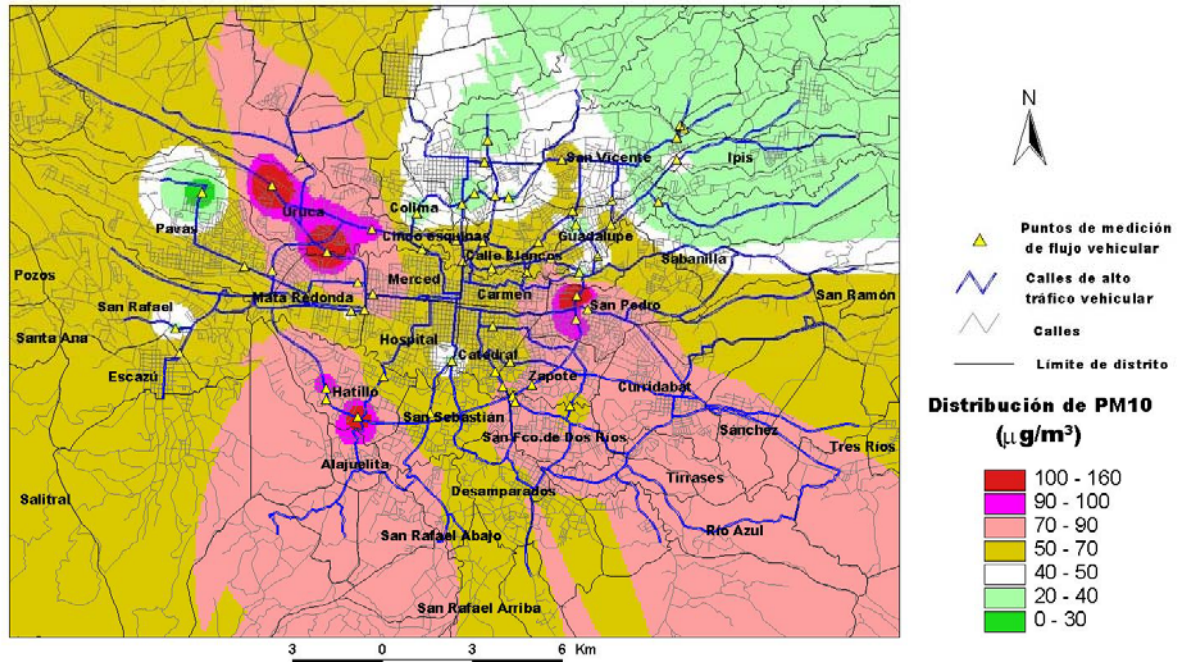
Ocurre lo contrario en el sector sur y este de San José, por ejemplo en distritos como Escazú, Santa Ana, San Antonio, Hatillo, Alajuelita entre otros, donde se registra niveles de concentración de PM10 más altos, inclusive hasta 160 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, concentraciones muy por encima de la norma nacional (50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ promedio anual).

Estos resultados concuerdan con el patrón de vientos que se registra anualmente sobre el área de estudio. Los vientos predominantes se desplazan de este a oeste, de ahí que se espera que los contaminantes emitidos a la atmósfera sean arrastrados en la misma dirección. El material particulado puede ser transportado por estos vientos a grandes distancias, ya que es un contaminante atmosférico inerte que no experimenta cambios

³⁵ Proyecto Aire Limpio San José. MOPT-GTZ, octubre. 2002

apreciables en su concentración por la acción de reacciones químicas como ocurre con los contaminantes gaseosos. Sin embargo, existen otros mecanismos naturales que podrían disminuir la concentración de partículas como lo son la deposición húmeda (precipitaciones lluviosas) y la deposición seca, que ocurre cuando estas se van depositando en el camino al chocar contra edificaciones o contra la foresta.³⁶

Concentración total de PM10 sobre la ciudad de San José



Fuente: Ministerio de Salud Pública, CICA-UCR, PECAire-UNA, Laboratorio de Química de la Atmósfera-UNA "Mediciones de PM10 en los años 1999, 2000 y 2001".
 ProDUS-UCR, "Estudio de Indicadores Urbanos en el Área Metropolitana de San José".
 Hoja topográfica Abra 1:50 000, IGN.
 La norma nacional para PM10 es de $50\mu\text{g}/\text{m}^3$, promedio anual.



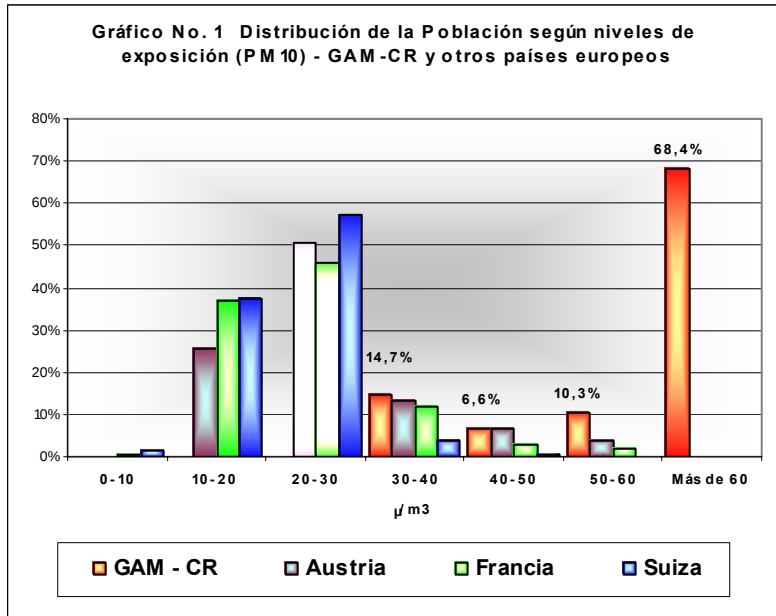
Estos resultados tienen bastante credibilidad, ya que los vientos predominantes que corren por la ciudad de San José se desplazan desde el noreste a suroeste, ello supone que gran parte del material particulado producido en la parte central de la ciudad, donde se presenta los problemas más serios de congestionamiento, sean arrastrados por estos vientos hacia el sector suroeste de la capital.

Para aumentar la validez del modelo propuesto en este mapa se recomienda tener más estaciones de monitorio de PM10 a lo ancho de la ciudad y también que los muestreos sean continuos y sistemáticos durante todo el año. También es importante recolectar datos meteorológicos como dirección y velocidad del viento, precipitación, presión y temperatura de las estaciones meteorológicas más cercanas a los puntos de muestreo, ya que todas estas variables afectan en mayor o menor proporción el avance de los contaminantes en el aire.

Los promedios poblacionales y la distribución de la exposición de la población al PM10 total en Austria, Francia, Suiza y Costa Rica, se resumen en el siguiente gráfico. En los países europeos, a pesar de usar metodologías diferentes, los resultados son bastante similares. Las diferencias pueden ser explicadas por: a) diferentes concentraciones, b)

³⁶ Seinfeld, J.H. Atmospheric Chemistry and Physics of Air Pollution. John Wiley & Sons: USA, 1986.

diferente fracción de sulfato en el PM10, y c) la distribución de las áreas en diferentes altitudes.



Tanto en Austria, como en Francia y Suiza, la mayor parte de la población vive en áreas con valores de PM10 entre 20 y 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Cerca de un tercio está viviendo en áreas con valores por debajo de 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. El resto está expuesto a concentraciones por encima de 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Las altas concentraciones se encuentran fundamentalmente en las grandes aglomeraciones³⁷.

En Costa Rica, a diferencia de los países europeos, en los 19 cantones estudiados, no hay población viviendo en concentraciones por debajo de 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Un 14,7% de la población

está viviendo en áreas con concentraciones entre 30 y 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, un 6,6% en 40 y 50 y un 10,3% de la población en concentraciones entre 50 y 60. El resto, un 68,4% está expuesto a concentraciones mayores de 60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. En otras palabras, un 78,7% de la población de los 19 cantones estudiados, que representan prácticamente un 30% de la población nacional (1,6 millones) está expuesto a concentraciones altas de PM10, mayores de 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, o sea, por encima del parámetro nacional.

Promedios ponderados de exposición al PM10
(calculados con los valores originales del mapa)

	Concentración de PM10 en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (promedio anual)			
	Austria	Francia	Suiza	Costa Rica
PM10 Total	26,0	23,5	21,4	59,00
PM10 sin fracción atribuible al transporte automotor	18,0	14,6	14,0	14,70
PM10 atribuible a Transporte Automotor	8,0	8,0	7,4	44,30

Fuente: SuissContact, Unidad de gasto y Financiamiento, DDS, M.S. 2005

menos del 30% en las áreas rurales.

Se debe tomar en cuenta que las concentraciones de PM10 varían considerablemente de un espacio a otro. En las ciudades la contribución del tráfico automotor al PM10 total es mayor que en las áreas rurales. Los valores derivados del modelo Suizo son de 40 a 60% en las ciudades y

6.2. Efectos y frecuencias de los resultados en salud

Las estimaciones del efecto (RR) por cada 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de exposición de PM10 y los incrementos sobre la línea basal se muestran en la Tabla 2. Las diferencias encontradas en los incrementos entre países (D10) se originan fundamentalmente de las variaciones en la estructura de edad y los perfiles de riesgo en salud.

Si se comparan los resultados obtenidos, se encuentran algunas diferencias, en algunos casos Costa Rica presenta cifras menores que las de los países europeos. Por ejemplo en

³⁷ Estos datos se refieren a la población total de los países mencionados.

Costos en salud debidos a la contaminación del aire

los egresos hospitalarios por causas cardiovasculares, en donde 266 (149-404) son atribuibles a la contaminación del aire por PM₁₀, la cifra es muy similar a la de Francia pero menor a la encontrada en Austria y Suiza. En los días de incapacidad, en que se encuentra 71.565 días por persona por año (18.675-127.377), las cifras en los países europeos son mucho mayores. En el caso de los egresos por causas cardiovasculares la diferencia no es tan importante, pero si en el caso de las incapacidades.

Tabla No. 2: Estimación del efecto en salud (RR) y los incrementos en la línea basal epidemiológica por cada 10 µg/m³ de PM₁₀ y 1 Mill. de habitantes (D₁₀, D₁₀_{Infr} D₁₀_{Sup})

Resultado en salud	Efecto estimado Riesgo Relativo (±95% IC)	Incremento fijo a la base (D ₁₀) por 10 µg/m ³ PM ₁₀ y 1 por millón de habitantes Casos D ₁₀ (D ₁₀ _{Infr} - D ₁₀ _{Sup} basado en estimaciones con un ±95% de IC)			
		Austria	Francia	Suiza	Costa Rica
Mortalidad General (adultos ≥ 30 años)	1,043 (1,026-1,061)	374 (226-524)	340 (206-476)	337 (204-473)	475 (287-673)
Egresos Hosp Causas Respiratorias (todas edades)	1,0131 (1,001-1,025)	228 (24-433)	148 (16-282)	133 (14-253)	550 (42 - 1050)
Egresos Hosp Causas CV (todas edades)	1,0125 (1,007-1,019)	449 (234-668)	212 (112-315)	303 (157-450)	266 (149--404)
Bronquitis Crónica (≥ 25 años)	1,098 (1,009-1,194)	413 (37-821)	394 (35-784)	431 (38-858)	12.638 (1160-25018)
Bronquitis (personas < 15 años)	1,306 (1,135-1,502)	3.196 (1.409-5.774)	4.830 (2'129-8'728)	4.622 (2.037-8.352)	22.117 (13.671-50.835)
Días de incapacidad (adultos ≥ 20 años) ¹⁾	1,094 (1,014-1,102)	208.355 (175.399-241.754)	263.696 (221.987-305.966)	280.976 (236.533-326.016)	71.565 (18.675-127.377)
Episodios de asma ² (personas < 15 años)	1,044 (1,027-1,062)	2.325 (1.430-3.231)	2.603 (1.600-3.617)	2.404 (1.478-3.341)	9.601 (5.891-13.528)
Episodios de asma ² (adultos ≥ 15 años) ²⁾	1,039 (1,019-1,059)	6.279 (3.058-9.564)	6.192 (3.016-9.431)	6.366 (3.101-9.697)	9.450 (4.604-14.296)

1 Días de incapacidad: total días persona por año

2 Episodios de Asma: total de días-persona- con episodios de asma

Fuente: Swisscontact – Unidad de gasto y Financiamiento; Dirección de Desarrollo de la Salud, Ministerio de Salud. 2005

En el resto de los resultados, las cifras encontradas en Costa Rica, son todas mayores que las encontradas en los países europeos del estudio de referencia. Este hallazgo es consistente con los niveles promedios anuales de PM₁₀ encontrados en los 19 cantones de la GAM.

Tabla No. 3: Frecuencias basales y casos atribuibles a la contaminación del aire por PM10 total y la fracción atribuible al transporte automotor.

Resultados en Salud Costa Rica 2001	Efecto estimado Riesgo Relativo (±95% IC)	10 g/m ³ PM10 y por cada Millón de habitantes				
		Casos D ₁₀ (D _{10Inf} - D _{10Sup} basado en estimaciones con un □95% IC				
		Frecuencia Basal Casos por millón	Casos/millón Total PM10	%	Casos/millón PM10 atribuible al transporte automotor	%
Mortalidad Total (>30 años)	1,043 (1.026-1.061)	2.141	475 (287-673)	22,2% (13-31%)	347 (210-492)	16,2% (10-23%)
Egresos Hospitalarios Causas Respiratorias (todas las edades)	1,013 (1.001-1.025)	8.146	550 (42 - 1050)	6,8% (0.5-13%)	393 (30 - 749)	4,8% (0.4-9%)
Egresos Hospitalarios Causas CV (todas las edades)	1,013 (1.007-1.019)	4.121	266 (149-404)	6,5% (4-10%)	189 (106-288)	4,6% (3-7%)
Bronquitis Crónica (> 25 años)	1,098 (1.009-1.194)	25.011	12.638 (1.160-25.018)	50,5% (5-100%)	9.020 (829-17.856)	36,1% (3-71%)
Bronquitis (niños/as < 15 años)	1,306 (1.135-1.502)	19.641	30.987 (13.671-50.835)	157,8% (70-259%)	22.117 (9.758-36.283)	113% (50-185%)
Días de incapacidad (adultos > 20 años) ¹⁾	1,094 (1.014-1.102)	233.303	71.565 (18.675-127.377)	30,7% (8-55%)	51.079 (13.333-90914)	21,9% (6-39%)
Episodios de asma (niños < 15 años) ²⁾	1,044 (1.027-1.062)	42.319	9.601 (5.891-13.528)	22,7% (14-32%)	6.852 (4.205-9.655)	16,2% (10-23%)
Episodios de asma (adultos >15 años) ²⁾	1,039 (1.019-1.059)	46.996	9.450 (4.604-14.296)	20,1% (10-30%)	6.745 (3.286-10.204)	14,4% (7-22%)

Fuente: Elaboración propia. Unidad de Gasto y Financiamiento. Dirección Desarrollo de la Salud. Ministerio de Salud. 2005

En la tabla anterior, se observa en números absolutos los casos atribuibles al PM10 total y a la fracción atribuible al transporte automotor.

6.2.1.Mortalidad General (adultos ≥30 años)

La información de la mortalidad general para adultos ≥30 años fue tomada de las estadísticas oficiales del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) del 2001. Del total de muertes, se excluyeron las debidas a causas externas (CIE10-S00-T98³⁸).

Para el año 2001, en los 19 cantones de la GAM en estudio, se produjeron 3.463 muertes excluyendo las producidas por causas externas, resultando en 2.141 por millón de habitantes. Una vez realizados los cálculos correspondientes, se concluye que 475 muertes (22,2%) son atribuibles por cada 10 µg/m³ de aumento en la contaminación total por PM10, y de 347 (16,2%) muertes son atribuibles por cada 10 µg/m³ de fracción de PM10 debida al transporte automotor.

6.2.2.Admisiones Hospitalarias por Causas Respiratorias

Los datos de los egresos hospitalarios por causas respiratorias de todas las edades (CIE10: J00-J99) fueron obtenidas de las estadísticas de la CCSS para el año 2001. No se incluyeron las estadísticas de los hospitales privados por no tener información

³⁸ Clasificación Internacional de Enfermedades Versión No. 10. y los códigos correspondientes a las muertes por Causa Externas.

disponible. El total de egresos por causas respiratorias para el año 2001 fue 13.176 para 8.146 por cada millón de habitantes, esto es un 3,95% de los egresos totales. De estos, son atribuibles por cada incremento de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM10 un total de 550 (6,8%) egresos y 393 (4,8%) son atribuibles a la fracción de PM10 debida al transporte automotor.

6.2.3. Admisiones Hospitalarias por Causas Cardiovasculares

Los egresos hospitalarios por causas cardiovasculares de todas las edades, se tomaron de las estadísticas de la CCSS para el período 2001. No se incluyeron las estadísticas de los hospitales privados por no estar disponible esa información. Los egresos por causas cardiovasculares (CIE10: I00-I99) fueron 6.665 o 4.120 por millón, un 2% de los egresos totales. De estos, son atribuibles por cada aumento de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM10, un total de 266 (6,5%) de los egresos y 189 (4,6%) son atribuibles a la fracción de PM10 debida al transporte automotor.

En vista de que los mecanismos biológicos del efecto de la contaminación del aire en las enfermedades cardiovasculares todavía no son muy claros, todas las enfermedades cardiovasculares contempladas en los estudios epidemiológicos previos fueron incluidas.

6.2.4. Bronquitis Crónica (adultos ≥ 25 años)

Contar con datos de incidencia y prevalencia requiere estudios de cohorte, los cuales no tenemos en nuestro país. Es razonable, como se realizó en el estudio de referencia, utilizar las incidencias de otros estudios como el de cohorte realizado en el período 1977 a 1987 con el estudio AHSMOG³⁹. En dicho estudio se estimó una incidencia anual de 0.71% que fue aplicada para el cálculo del impacto D_{10} ($D_{10\text{inf}}$, $D_{10\text{sup}}$) a toda la población ≥ 25 años (fumadora y no fumadora), ya que no existe evidencia alguna de que los fumadores no se vean afectados por la contaminación del aire⁴⁰.

A diferencia del estudio de Ostro y Chestnut⁴¹, en el caso de Costa Rica no se utilizó el efecto de la materia particulada en los casos nuevos de bronquitis crónica (incidencia). En este estudio, al no existir datos, se utilizaron las estadísticas de los servicios de atención médica. En el caso de la bronquitis crónica (CIE10: J41-J42), la información se extrajo de los registros de la CCSS, que tiene una cobertura mayor del 85% de la población nacional y se asumió el riesgo relativo de 1.098, con un rango de 1.009-1.194 con un IC de 95%.

Consulta externa

Los datos para el 2001 son un total de 22.968 consultas externas por bronquitis crónica en mayores de 25 años, resultando en 24.657 consultas por millón de habitantes, de los cuales 12.459 son atribuibles al PM10 total y 8.892 consultas atribuibles a la fracción de PM10 debida al transporte automotor.

Emergencias

En el caso de las atenciones en los servicios de emergencias, en el 2001 se realizaron en total 330 consultas con diagnóstico de bronquitis crónica en personas adultas mayores de 25 años, siendo 354 consultas por millón de habitantes, de las cuales 179 son atribuibles al PM10 total y 128 (36.04%) a la fracción del PM10 debida al transporte automotor.

En total, 12.638 (50.5%) consultas (externa y emergencias) son atribuibles a cada

³⁹ Abbey DE et al, Adventist Health and Smog Study. 1993.

⁴⁰ Ackermann-Lieblich U et al, 1997

⁴¹ Ostro B and Chestnut L, 1998

aumento de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM10 total y 9.020 (36,1%) a la fracción de PM10 debida al transporte automotor. En la tabla también se muestran los rangos para un IC del 95%.

6.2.5. Bronquitis Aguda (personas <15 años)

Al igual que anteriormente, se utilizaron las estadísticas de los servicios de atención médica. En el caso de la bronquitis aguda (CIE10 J20) en personas menores de 15 años, la información se extrajo de los registros de la CCSS. De donde se derivó un riesgo relativo de 1.306, con un rango de 1.135-1.502 con un IC de 95%, por cada $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ PM10.

Consulta externa

En el 2001 se realizaron un total de 7.451 consultas ambulatorias con el diagnóstico de bronquitis aguda, para un total de 16.181 casos por millón de habitantes, de las cuales 25.529 son atribuibles al PM10 total y 18.221 a la fracción de PM10 debida al transporte automotor.

Emergencias

En los servicios de emergencias se realizaron 1.593 consultas con el diagnóstico de bronquitis aguda, para un total de 3.460 casos por millón de habitantes, de las cuales 5.458 son atribuibles al PM10 total y 3.896 a la fracción de PM10 debida al transporte automotor.

En total, entre la consulta externa y de emergencias, se realizaron 30.987 (157,8%) consultas atribuibles al PM10 total y 22.117 (113%) a la fracción de PM10 debida al transporte automotor.

6.2.6. Días de incapacidad (adultos ≥ 20 años)

Para cuantificar el impacto económico de los días de incapacidad (DRA⁴²), es indispensable conocer cómo son definidos en los estudios epidemiológicos. El problema es que no existe una única definición, pero se ha utilizado “cualquier número de días en que la persona se ve forzada a alterar su actividad normal diaria”. Esto incluye días de pérdida de trabajo o permanencia en cama como restricciones menores. La morbilidad respiratoria en su definición incluye resfríos comunes, otras infecciones de vías respiratorias superiores, bronquitis aguda, influenza, neumonía y otras condiciones respiratorias (CIE10: J00 J99).

A pesar de que no todas las disminuciones de la actividad diaria son necesariamente una incapacidad o ausencia del trabajo, se asume que la mayoría se traducen en ausencias al trabajo. De ahí que utilizar la información nacional sobre incapacidades es una buena forma para derivar la frecuencia en la población de los días de actividad restringida (DRA).

En Costa Rica, para realizar esta estimación, se utilizaron solamente las incapacidades en personas mayores de 20 años otorgadas en los servicios de emergencias y en la consulta externa por los diagnósticos de bronquitis crónica en mayores de 25 años y de episodios de asma en mayores de 15 años. No se incluyeron las incapacidades brindadas a las personas que tuvieron egresos hospitalarios, ya que estas se incluyeron en los costos de los egresos hospitalarios. El promedio de días de incapacidad para las personas con diagnóstico de bronquitis crónica en mayores de 25 años y de asma en mayores de 15 años es de 3,24 días. Como resultado final, hay un total de 40.947 días de incapacidad

⁴² Días restringidos de actividad.

por bronquitis crónica atribuible al PM10 total y 29.225 por la fracción de PM10 atribuible al transporte automotor. En el caso de los episodios de asma en mayores de 15 años, el total atribuible al PM10 total es de 30.618 días de incapacidad y 21.854 a la fracción de PM10 debida al transporte automotor.

En total, asma y bronquitis crónica, se otorgaron 71.565 días de incapacidad atribuibles al PM10 total y 51.079 debidas a la fracción de PM10 atribuible al transporte automotor.

6.2.7. Asmáticos: Crisis de Asma (personas <15 años)

Consulta Externa

Los datos obtenidos para el 2001 son un total de 13.688 consultas ambulatorias con el diagnóstico de asma (CIE10: J45), para un total de 29.757 casos por millón a los cuales se les aplica el RR utilizado en el estudio de referencia 1.044 (1.027-1.062) para un IC del 95%. De estas, 6.744 consultas son atribuibles al PM10 total y 4.813 (16,2%) a la fracción de PM10 debida al transporte automotor.

Urgencias

Las atenciones en los servicios de urgencias fueron un total de 5.798 consultas con dicho diagnóstico, o 12.592 casos por millón de los cuales 2857 son atribuibles al PM10 total y 2.039 (16,2%) a la fracción de PM10 debida al transporte automotor.

En total, se realizaron 9.601 consultas atribuibles al PM10 total y 6852 a la fracción debida al transporte automotor.

6.2.8. Asmáticos: Crisis de Asma (adultos ≥15 años)

Consulta Externa

Para 2001 se realizaron un total de 45.226 consultas ambulatorias en personas mayores de 15 años con el diagnóstico de asma (CIE10: J45), para un total de 39.089 casos por millón de habitantes a las cuales se les aplica el RR utilizado en el estudio de referencia 1.039 (1.019-1.059) para un IC del 95%. Son atribuibles al PM10 total 7.860 y a la fracción de PM10 atribuible al transporte automotor 5.610 (14,4%).

Urgencias

En el servicio de emergencias se atendieron 9.148 consultas con dicho diagnóstico, o 7.907 casos por millón de los cuales 1.590 son atribuibles al PM10 total y 1.135 (14,4%) a la fracción de PM10 debida al transporte automotor.

Como resultado final, se realizaron 9.450 consultas atribuibles al PM10 total y 6.745 debidas a la fracción de PM10 debida al transporte automotor.

6.3. Reporte Económico de Costos en Salud

El enfoque económico combina la relación de la dosis-respuesta con el número de personas expuestas a diferentes niveles de contaminación del aire para el cálculo de los casos adicionales de morbilidad y mortalidad. Utilizando los métodos adecuados, estos casos adicionales se expresan en valores monetarios.

En los estudios de referencia, cerca de un 72% a 75% de los costos están relacionados con la mortalidad o pérdida de producción. También hay diferencias entre los países en los costos totales per cápita. El per cápita más alto es el de Austria (rango entre 425 a 1.250 EUR), sobrepasando los costos per cápita de Suiza (297 - 892 EUR) en un 40%.

En Francia, el costo anual per cápita fue de 344 – 1.004 EUR.⁴³ En Costa Rica, el costo de la mortalidad es mayor que en los países europeos, con un 97,3% del gasto en salud por la contaminación del aire. El gasto per cápita anual para el año 2001 fue de ₡35.263 que es equivalente a US\$ 170⁴⁴ (₡21.055-₡50.234).



Para los costos en salud relacionados con la contaminación producida por el transporte automotor, los costos difieren entre los países. El valor per cápita más alto es el de Francia con cerca de 370 EUR, seguido por Austria con 360 EUR y Suiza con un gasto per cápita de 310 EUR. En Costa Rica, el gasto per cápita anual debido a la fracción de PM10 generada por el transporte automotor fue de ₡25.167, equivalente a US\$120 (₡15.039-₡35.901)

Estas diferencias se explican por los diferentes niveles de contaminación (promedio total de exposición al PM10 y la fracción atribuible al transporte automotor) y los resultados epidemiológicos (diferencias en las frecuencias nacionales en la morbimortalidad).

6.4. Pérdida de Producción por Mortalidad

Combinando el promedio nacional per cápita de pérdida de producción con el promedio de años perdidos se tienen los siguientes resultados para las muertes prematuras.

El ingreso per cápita nacional en Costa Rica para el año 2001 fue de 1.278.712 (US\$3.888) y el promedio de AVPP de 10 años por lo que la pérdida promedio de producción para el 2001 por muertes prematuras relacionadas con la contaminación del aire fue de ₡55.497.412.281 colones.

Los valores que se utilicen para la tasa de crecimiento y la de descuento varían dependiendo de las situaciones específicas. Revisiones de estudios sobre accidentes de tránsito en países europeos han demostrado variaciones en la tasa de crecimiento desde 0% (Austria, España) y 2,4% (Finlandia). Las tasas de descuento oscilan entre 0% (Austria, Alemania y Suiza) y 10% (España y Francia)⁴⁵ En el caso de Costa Rica se utiliza el 5%.

6.5. Estimación parcial de la morbilidad

En este abordaje, los costos de la morbilidad son estimados a precios de mercado, para lo que se refiere al tratamiento y a la pérdida de la producción. Los otros componentes, los costos intangibles y de cambios de comportamiento por evasión no son incluidos ya que no existen precios de mercado. Se reitera, hay clara conciencia, de que esta decisión implica una subestimación de los costos reales.

⁴³ Sommer H., Chanel O., Vergnaud J.-Ch., Herry M., Sedlak N., Seethaler R. , Health Costs due to Road Traffic-related Air Pollution. An impact assessment project of Austria, France and Switzerland. Prepared for the Third WHO Ministerial Conference of Environment & Health, London, 16-18 June 1999. Monetary Valuation of Road Traffic related Air Pollution. Bern/ Paris, Wien, June 1999

⁴⁴ Tipo de cambio para 2001, BCCR

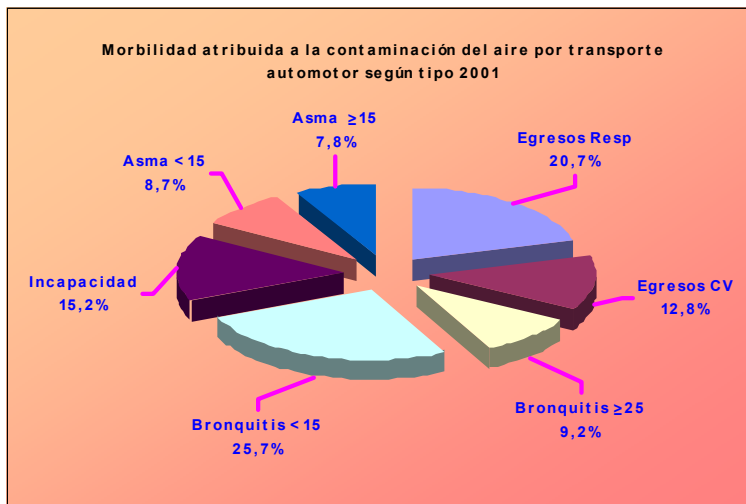
⁴⁵ Ver COST 313 (1994), Socio-economic costs of road accidents, p. 32.

Para los diferentes resultados en salud, los métodos de cálculo y los factores de costos se realizaron como se explica a continuación.

6.5.1. Egresos hospitalarios por causas respiratorias y cardiovasculares

Los costos del tratamiento médico se calcularon utilizando la estancia promedio específica para el resultado en estudio y el costo nacional promedio de día por hospitalización.

Para la pérdida de producción es necesario considerar que el paciente, luego de un egreso hospitalario no regresa inmediatamente al trabajo. En el estudio de referencia, se asume que el tiempo de recuperación dura, al menos, el mismo tiempo que duró la hospitalización. En el caso de Costa Rica, se utilizan los días de incapacidad⁴⁶ generados por las hospitalizaciones debidas a causas respiratorias (CIE10 J00-J99) y cardiovasculares (CIE10 I00-I99).



Estas incapacidades son otorgadas solamente a los asegurados directos⁴⁷, cubre solamente un porcentaje (60%, ₡2.360.20) del salario recibido durante el período de incapacidad. En el caso de los funcionarios públicos, el Estado como patrono contribuye con un 20% (₡900,85) más y en el caso de los empleados de empresas privadas queda a opción del patrono si cubre algún porcentaje o no. En el caso de los trabajadores del sector privado no contamos con la información, por lo que no se incluye.

Por tanto, en Costa Rica, los días de incapacidad son considerados como el costo de recuperación y pérdida de producción. En este caso, no se está contemplando la pérdida de producción ni los días de incapacidad de aquellas personas que no reciben un salario, no están asegurados, están desempleados, pensionados o trabajan en casa. El ingreso per cápita en el 2001⁴⁸ fue de 1.344.104 al año, por mes 112.009 y al día fue de 3.734 colones. En el caso de utilizar las incapacidades, estamos hablando de un monto de ₡3.261 colones por día. Esta cifra es muy cercana al ingreso per cápita por día.

⁴⁶ En el sistema de seguridad nacional (CCSS), a los asegurados directos se les otorga una suma de dinero en caso de que requieran una incapacidad por enfermedad. El monto que se les otorga es una parte del salario recibido, mientras dura la incapacidad o tiempo en que no pueden laborar.

⁴⁷ Los asegurados directos son aquellos que tienen un salario o un ingreso y contribuyen al sistema. Los asegurados indirectos son los familiares o dependientes que están cubiertos por la seguridad social pero que no aportan contribuciones al sistema.

⁴⁸ BCCR, 2001

Tabla No. 4: Costos de la Morbilidad por egresos hospitalarios

	Austria	Francia	Suiza	Costa Rica*
Causas Respiratorias				
Estancia promedio	9,8 días	8,9 días	11,1 días	8 días
Costo promedio día hospital	452 EUR	408 EUR	600 ⁴⁹ EUR	US\$209,89
Promedio pérdida producción/día	50 EUR	55 EUR	56,5 EUR	US\$9,91
Causas Cardiovasculares				
Estancia promedio días	17,5 días	8,1 días	13,16 días	10 días
Costo promedio día hospital	452 EUR	477 EUR	600 EUR ⁵⁰	US\$209,89
Promedio pérdida producción/día	50 EUR	55 EUR	56,5 EUR	US\$9,91
* Tipo de cambio del 2001 US\$ 1 = ₡328,87				
Fuente: Elaboración propia. Unidad de Gasto y Financiamiento, DDS, Ministerio de Salud. 2004				

Por causas respiratorias, se elaboraron 105.488 órdenes de incapacidad, que representaron 306.747 días, dando un promedio de 7,79 días por orden otorgada. Se aplica a los casos de

egresos hospitalarios por causas respiratorias atribuibles a la contaminación del aire, con su límite inferior y superior para un intervalo de confianza del 95% y se obtienen los valores para la incapacidad y la pérdida de producción.

6.5.2. Bronquitis Crónica

Los registros de la CCSS son bastante confiables, se cuenta con los informes anuales de las consultas específicas brindadas en los servicios de emergencias y en la consulta externa y/o referencias de las encuestas de utilización de los servicios de salud realizadas periódicamente. No se cuenta con información de los servicios brindados en el sector privado.

En cuanto a la variación de los costos por diferencias en el tratamiento, al ser un único sistema público de atención a la salud, que cuenta con un cuadro básico de medicamentos, se obvia el problema.

Los resultados obtenidos son un total de 128 consultas por bronquitis crónica en los servicios de emergencias y de 8.892 en la consulta externa, o sea 9.020 consultas (36,04%) son atribuibles a la contaminación del aire. Estas consultas son producidas tanto por casos nuevos (incidencia) como de casos conocidos (prevalencia), la cual desconocemos, por lo cual no podemos establecer un costo promedio año por paciente.

Los costos de pérdida de producción debida a la enfermedad, al igual que en el estudio de referencia, no son contemplados. Aunque es reconocido que por las características de esta enfermedad y de acuerdo a su desarrollo, siempre se acompaña por una limitación parcial o total para realizar las actividades laborales cotidianas por períodos de diferentes magnitudes. Sin embargo, no es posible obtener información desagregada para estos propósitos.

Tabla No. 5: Costos de enfermedad

	Austria	Francia	Suiza	Costa Rica
Bronquitis crónica				
Costo por caso y año	220 EUR	220 EUR	220 EUR	US\$34,2
Bronquitis				
Costo por caso	24,8 EUR	39 EUR	32,8 EUR	US\$38,8
Fuente: Elaboración propia, datos nacionales. Resto es del estudios de referencia				

6.5.3. Bronquitis Aguda

Para la bronquitis aguda, a diferencia del estudio de referencia, y en semejanza con las

⁴⁹ Incluidos los subsidios públicos.

⁵⁰ Incluidos los subsidios públicos.

estimaciones de la bronquitis crónica, en Costa Rica se utilizaron las estadísticas de utilización de los servicios de salud de la consulta externa y de los servicios de urgencias, así como sus costos respectivos.

El costo promedio nacional de una consulta externa, para el año 2001, es de ₡11.110,00 (US\$38) y el costo promedio de una consulta en el servicio de emergencias es de ₡20.500,00 (US\$62,3).

De manera similar a como se hizo con la bronquitis crónica, los costos por pérdida de producción no son contemplados por falta de información.

6.5.4. Días de incapacidad

No existe en la literatura, una definición homogénea sobre los días de actividad restringidos por enfermedad. Esta restricción puede comprender desde la imposibilidad de cumplir con las funciones laborales hasta el simple cambio de comportamiento o de actividad por los síntomas respiratorios presentes. Además de que estos síntomas pueden promover el consumo de medicamentos sin que medie una consulta médica y se desconoce su magnitud.

Tabla No. 6: Incapacidades por asma y bronquitis crónica

Asma (≥15 años)	
Días promedio incapacidad	3,24 días
Costo promedio día incapacidad	₡3.261
Bronquitis crónica (≥25 años)	
Días promedio incapacidad	3,24 días
Costo promedio día incapacidad	₡3.261

Fuente: Elaboración propia con información de la Dirección de Actuarial de la CCSS. 2001

Por estas razones, en el caso de Costa Rica, se utilizan las incapacidades otorgadas por el sistema de salud público (CCSS) por causas respiratorias en la consulta externa o en los servicios de emergencias de todo el país. Las causas respiratorias que se incluyen para este efecto son: bronquitis crónica (mayores de 25 años) y asma (mayores de 15 años).

6.5.5. Episodios de Asma

Consultas por asma y bronquitis crónica

Consultas por Asma (≥15 años)	PM10 Total	PM10 Automotor
Consultas en la Consulta externa	7.860	5.610
Servicios de emergencias	1.590	1.135
Costo Promedio Consulta Externa	₡11.110	₡11.110
Costo Promedio Consulta Urgencias	₡20.500	₡20.500
Bronquitis crónica (≥25 años)		
Consulta externa	12.459	8.892
Servicios de emergencias	179	128
Costo Promedio Consulta Externa (colones)	₡11.110	₡11.110
Costo Promedio Consulta Urgencias	₡20.500	₡20.500

Fuente: Elaboración propia con información de la Dirección de Actuarial de la CCSS. 2001

medicamentos suministrados. No se incluyen los costos generados por la consulta ambulatoria privada por no disponer de información.

En Costa Rica, a diferencia del estudio de referencia, los costos son estimados utilizando el número de consultas registradas en el sistema de salud público. Se dispone de la información sobre el costo promedio de una consulta en los servicios de emergencias y las consultas externas. Este costo, a su vez incluye el costo de la consulta así como el costo promedio de los

6.5.6. Costos de la Morbilidad

En los resultados del estudio de referencia, en **Austria**, los costos de la enfermedad atribuida a la contaminación del aire para 1996 fueron de 105 millones de euros, de los cuales 45 millones (43%) son debidos a la contaminación por el transporte automotor. Utilizando la metodología de costos de la enfermedad (COI) los costos de la morbilidad

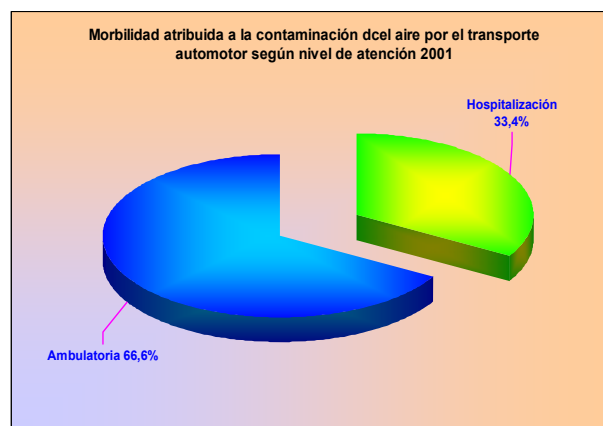
atribuible al transporte automotor varían en los diferentes resultados en salud. Por ejemplo, los costos de la bronquitis en niños fue de 0.5 millones de euros, mientras que los egresos hospitalarios por causas cardiovasculares (todas las edades) tuvo un costos de 28 millones de euros.

Costos de la enfermedad <i>Millones</i>	Austria <i>EUR</i>	Francia <i>EUR</i>	Suiza <i>EUR</i>	Costa Rica* <i>US\$</i>
Contaminación Total	105	297	55	4,7
Transporte automotor	45	165	29	3,3
Total	150	462	84	8,0

*Tipo de cambio Costa Rica 2001. US\$1 = ₡328,87
Fuente: Elaboración propia los datos nacionales, el resto tomado de estudios de referencia.

En concordancia con los tamaños de la población estudiados, **Francia** muestra unos costos de la enfermedad atribuida a la contaminación del aire (1996) de 297 millones de euros, y la ocasionada por la contaminación del transporte automotor de 165 millones de euros (55%). Mostrando una diferencia con los otros dos países, la bronquitis crónica en adultos es la que genera mayores costos, 67 millones, seguida por los egresos hospitalarios por causas cardiovasculares (52 millones) y por causas respiratorias (35 millones).

En **Suiza** los costos de la enfermedad atribuida a la contaminación del aire fueron de 55 millones de euros, con una fracción debida al transporte automotor de 29 millones (53%). Semejante a Austria, los egresos por causas cardiovasculares fueron el principal componente de los costos con (15 millones), seguida por los costos de la bronquitis crónica en adultos (7.4 millones) y los egresos hospitalarios por causas respiratorias (5.5 millones).



En Costa Rica, los costos de la enfermedad atribuidas a la contaminación del aire fueron de ₡523.016.326 (97%), siendo la atribuida al transporte automotor de ₡373.914.871 (3%). El principal componente de los costos de la morbilidad es debida a las consultas realizadas con el diagnóstico de bronquitis aguda en menores de 15 años que abarca un 25,7%, seguido por los egresos hospitalarios por causas respiratorias (todas las edades) con un 20,7% y en tercer lugar las incapacidades con un 15,2%.

Tal y como se mencionó anteriormente, es necesario recordar que no se incluyeron algunos costos de pérdida de la producción por enfermedad por falta de información y tampoco se incluyeron los costos intangibles.

6.5 El "mejor aproximado"

Al igual que en las otras áreas, contaminación del aire y epidemiología, la estimación de costos en salud atribuibles a la contaminación del aire, implican una serie de supuestos. En general, las decisiones han sido tomadas siempre respondiendo al "mejor aproximado", ya sea por razones metodológicas o por restricciones en la información.

La estimación parcial de los costos de la mortalidad se basa en la metodología de pérdida de **producción/consumo**. Este abordaje es una muestra extrema del "mejor aproximado", puesto que no incluye los costos intangibles, lo que significa una muy baja

e insuficiente aproximación.

Debido a los tres componentes de los costos en la morbilidad - costos de la enfermedad (COI), costos de cambios en el comportamiento y los costos intangibles – los cuales pueden ser pagados de manera colectiva o privada, la estructura para el cálculo de estos se vuelve muy compleja. Desafortunadamente, no existe una única metodología que cubra todos los componentes ya que estos tienen interfaces comunes. Escoger una sola metodología, evita el problema de la doble contabilidad, pero nunca cubre todos los costos relacionados con la morbilidad, por lo que siempre llegamos al “mejor aproximado”.

Todas las restricciones mencionadas indican que los resultados deben manejarse de forma cuidadosa y que deben ser siempre interpretados como “el mejor aproximado” del valor monetario.

7. Discusión

7.1. Comentarios Generales

Es necesario entender que los resultados de este estudio son solamente una aproximación, puesto que cada uno de los pasos incluye varios supuestos. Existen otros eventos en salud, parte de las estadísticas nacionales que son contables y directos, por ejemplo, muertes o daños por accidentes de tránsito y no requieren tanto supuestos. No es sencillo enumerar las víctimas de sustancias complejas y mezclas de tóxicos, como el humo del cigarro u otros contaminantes del aire. Además de que es importante comprender que los resultados en salud por la contaminación ambiental son complejos y multifactoriales.

Muchas de las incertidumbres y diferencias en los resultados en los diferentes estudios realizados se explican por: a) la evaluación de la exposición en los estudios epidemiológicos (información de regiones diferentes, sitios fijos de medición en lugar de exposición individual), b) estimaciones de los resultados en la salud de la población, (diferencias en los sistemas de salud, ausencia de sistemas estandarizados en los sistemas de monitoreo de la morbilidad), y c) estimaciones de las exposición dosis-respuesta (comparabilidad de estudios internacionales), e) el método de evaluación del impacto y el usos de varios contaminantes en lugar de un único indicador, llevando a sobrestimaciones, dado que contaminantes tales como PM₁₀, NO₂, o SO₂ tienen efectos fuertemente correlacionados y no son independientes. Incluso, algunos estudios utilizan solamente efectos a corto plazo e ignoran el impacto de la exposición acumulativa en la esperanza de vida.

En contraste con otras áreas, donde se han establecido amplios márgenes de seguridad para las funciones de riesgo, se seleccionó una estrategia basada en los hallazgos epidemiológicos. Con el objetivo de subestimar, más que sobreestimar el impacto en salud de la contaminación del aire, se utiliza un “mejor aproximado” para todas las etapas. En todos los niveles de la evaluación del impacto, la estimación se basó en decisiones que implicaban el “impacto menor”. Como resultado final, el número de casos atribuibles debe interpretarse como el “menor posible”.

7.2. Determinación de la exposición

La evaluación del impacto se construye sobre las relaciones dosis respuesta derivadas de los estudios epidemiológicos y la exposición en la población. Esta información se obtiene

de los datos del monitoreo de la contaminación del aire para calcular el número de casos atribuibles. En el caso de Costa Rica, esta es una carencia vital.

Una de las limitantes es que en este estudio solamente se consideraron los efectos de la contaminación del aire debida a la exposición de material particulado. Aunque el PM10 puede ser un excelente indicador de la contaminación del aire, existe clara evidencia de la existencia de otros contaminantes, que se relacionan pobremente con el PM10, que pueden ser de relevancia independiente para la salud. Por ejemplo, el ozono, como indicador de contaminación oxidante.

Los estudios epidemiológicos en los que se basó el estudio proveen estimaciones sobre los resultados en salud por la exposición promedio *ambiental*, más que en la exposición *individual*, a pesar de que las concentraciones ambientales promedio no son una estimación exacta de la exposición individual real, es un diseño bastante valioso y eficiente.

Mejoras en los resultados son posibles sólo si se logra mejorar la calidad de la información disponible, por lo que es necesario establecer redes nacionales de medición del PM10 utilizando métodos de muestreo comparables con otros países. Es importante, también incluir, otros indicadores de material particulado como PM2.5, además de información adicional sobre la composición química, número y área de superficie de estas partículas. Esto es fundamental para determinar el origen, las características y los efectos del material particulado en el ambiente.

Es crucial contar con inventarios de calidad de las emisiones de PM10, ya que se conoce muy poco sobre otras fuentes de emisión de PM10 como, la suspensión del polvo de los caminos, construcción, etc.

7.3. Resultados en Salud

La evaluación del impacto requiere funciones de dosis respuesta de diferentes estudios epidemiológicos para los diferentes resultados en salud. Se requieren además las frecuencias basales de la población. En este sentido, se presentaron algunas limitaciones metodológicas:

- a. Algunos resultados en salud tuvieron que ser excluidos, ya sea por la duplicación de eventos o por la dificultad para darle un valor monetario.
- b. Una gran limitación, fue el no contar con estimaciones para los efectos a largo plazo para los resultados seleccionados. Es así como, los resultados de este estudio no involucran todos aquellos en los que existe evidencia de alguna asociación con la exposición a la contaminación ambiental.
- c. La gran variabilidad en la definiciones de los eventos en salud y formas de medición son una fuente importante de heterogeneidad. Por ejemplo, la imposibilidad de desglosar en las estadísticas del país, los eventos respiratorios, tanto los agudos como los crónicos, la incidencia y la prevalencia, etc. En general, la información sobre morbilidad en los sistemas de salud tiene inconsistencias entre los países, las regiones y los hospitales, por lo que la comparabilidad tiene sus limitaciones. También existen diferencias debidas al proceso de diagnóstico, la conciencia en la comunidad médica, los protocolos de tratamiento y el sistema de registro de la información que son limitantes para la comparabilidad.
- d. Las frecuencias basales existentes determinan los resultados que se obtengan en la evaluación del impacto. Para efectos de mortalidad, la información es confiable y de calidad (mejora en la calidad de los diagnósticos en los certificados de defunción),

pero en lo que concierne a la morbilidad y otra información producto de los sistemas de salud, se deben considerar estimados, con algún grado inherente de incertidumbre. Primero, existen diferentes formas de definir los resultados. Segundo, los cuestionarios son esenciales para reducir el sesgo de memoria de los pacientes y permitir mayor comparabilidad, en el caso de Costa Rica, no contamos con esa ventaja. Tercero, las fuentes de datos de morbilidad y utilización de los servicios de salud, no siempre son confiables y completas. En Costa Rica, los registros y las estadísticas no permiten diferenciar entre incidencia y prevalencia para ninguno de los resultados de morbilidad.

- e. Otra fuente de incertidumbre radica en aquella información que no está disponible y debe ser estimada por referencias internacionales o nacionales de otros momentos y lugares, por ejemplo, en Costa Rica nos existen estudios epidemiológicos de cohorte y, por lo tanto, tampoco funciones de relación dosis respuesta.
- f. **Mortalidad General.** Se utilizó mortalidad general en lugar de la específica. Se puede argumentar que este hecho sobreestima el impacto atribuible, ya que es ampliamente conocido que la contaminación del aire afecta principalmente el sistema cardiopulmonar. Una evaluación del impacto en las muertes cardiopulmonares requiere tanto la estimación del efecto en la causa específica como la frecuencia basal en la población respectiva. Probablemente la mortalidad específica corresponda con un número menor, mientras que el estimado del efecto de la causa específica sea mayor. Por lo tanto el resultado final, o sea el impacto derivado (casos atribuibles), vendrían a ser muy similares⁵¹. La credibilidad de las causas de muerte específicas, muchas veces se ve comprometida por el nivel de calidad de los certificados de defunción. Esto puede ser particularmente variable en diferentes grupos de edad, regiones, culturas y países. Por estas razones, el abordaje más consistente es el uso de la mortalidad total, de las cuales se excluyen las muertes por causas externas.
- g. **Mortalidad y esperanza de vida.** Se calculó el número de muertes atribuibles a la contaminación del aire y, para darle valor monetario, se traducen en años de vida perdidos (AVPP). Los estudios de cohorte disponibles no suministran esta información y, de acuerdo a estos, el número de muertes (o fracción) aumenta conforme aumenta el nivel de contaminación. Además para calcular los AVPP, es necesario conocer la distribución de las muertes según edad. La edad de muerte es comparada con la esperanza de vida al nacer de la población y así obtener los AVPP. Los estudios epidemiológicos de cohorte, no incluyen, en su publicación, la estructura de edad del fallecimiento, por lo que se deben hacer supuestos. Por los estudios existentes se sabe que la contaminación del aire está relacionada fundamentalmente con enfermedades cardiopulmonares y cáncer de pulmón. Se asume entonces, que las muertes atribuibles a la contaminación del aire tienen la misma distribución etaria que las muertes cardiopulmonares y por cáncer de pulmón en la población. En promedio, estos subgrupos, tienden a morir en edades mayores que las otras causas no violentas de muerte.
- h. **Mortalidad Infantil e intrauterina.** No se incluyó la mortalidad infantil e

⁵¹ Esto ha sido comprobado empíricamente en un ejercicio previo al proyecto Suizo (Künzli N et al, 1996). El impacto en la mortalidad se calculó de las dos maneras: estimando el efecto en la "mortalidad total" utilizando las series de tiempo respectivas y de manera separada por las dos causas de muerte principales (cardiovascular y respiratoria), aplicando las curvas específicas por causa y sus series de tiempo. Se demostró que la ecuación con causas específicas da un resultado muy similar al encontrado con muertes por causas cardiopulmonares, alcanzando cerca de un 90% de las causas atribuibles de la mortalidad general (Künzli N et al, 1996)

intrauterina en esta estimación de costos en salud relacionados con la contaminación del aire, ya que, considerando los AVPP, la mortalidad infantil tendría un enorme impacto en la evaluación. Las razones por las que no se incluyó este resultado son las siguientes:

- Es necesario contar con más de un estudio, que cuenten con un control de los factores de riesgo individuales. Y hasta el momento, no existen estudios que demuestren asociación positiva entre PM10 y la mortalidad intrauterina
 - Las frecuencias poblacionales de este resultado son pequeñas o de poca relevancia para efectos de la mortalidad infantil o no están disponibles, como el caso de la mortalidad intrauterina
 - Existen problemas metodológicos para darle valor monetario a estos casos
- i. **Cáncer.** Existe evidencia de que la contaminación del aire produce cáncer, particularmente de pulmón, este resultado no se trató de manera independiente, aunque está parcialmente contemplado en los casos atribuibles de muerte prematura al utilizar la mortalidad total.

8. Recomendaciones

8.1. Evaluación de la exposición

- a) Es necesario contar con monitoreo estandarizado de la contaminación del aire para poder derivar adecuadamente la distribución de la población a la exposición, tanto para futuros estudios epidemiológicos como evaluaciones del impacto.

8.2. Resultados en salud

- a) Se deben realizar estudios epidemiológicos que nos den luz sobre los efectos acumulados y a largo plazo de la contaminación del aire, así como de su impacto en: mortalidad, esperanza de vida y AVPP, severidad y evolución de morbilidad crónica, cáncer y calidad de vida
- Así como hacer esfuerzos para estandarizar las definiciones de los resultados en salud y las principales características de las poblaciones en estudio (ej. grupos etarios, fumado, etc.)
- b) Se requieren estudios epidemiológicos enfocados en los efectos de la contaminación a corto plazo como la mortalidad intrauterina, mortalidad infantil y morbilidad cardiopulmonar (ejemplo: médicos y servicios de emergencia, incapacidades, ausentismo escolar, utilización de marcapasos, etc.). son necesarios. Sin embargo, estos estudios son sumamente caros y nuestro país no está, actualmente, en capacidad de realizarlos, por lo que se recomienda mejorar la calidad de los datos requeridos para este tipo de evaluación.
- c) Estudios que identifiquen los grupos de riesgo a los efectos de la contaminación del aire (susceptibilidad) y que se especifiquen por grupos etarios, sexo, enfermedades de fondo, nivel socioeconómico, desempleo, pobreza, etc.
- d) También se requiere más investigación para especificar los AVPP, para lo que se requieren estudios de cohorte y, de particular interés son los años de vida ajustados por calidad (AVACS). Desde el punto de vista de salud pública y para la definición de políticas es importante poder medir la ganancia en años con calidad de vida.

8.3. Estimación de efectos y evaluación de impacto

- a) Una estrategia a utilizar en el futuro, es el gerenciamiento de la calidad del aire y consiste en la aplicación de la evaluación del impacto en salud como una parte integral de la evaluación de impacto ambiental para todos los proyectos, políticas, programas y estrategias que tengan alguna implicación en la calidad del aire y en la salud pública.
- b) Para realizar evaluaciones de impacto en salud de la contaminación del aire, se requiere información confiable de la exposición a la que está sometida la población, de los resultados en salud y de las relaciones exposición-respuesta. Es necesaria la existencia de bases de datos bien integradas y coordinadas para las redes nacionales de monitoreo de la calidad del aire.
- c) Las evaluaciones de impacto en salud pueden ser utilizadas para la vigilancia de los efectos de la contaminación del aire por lo que deben ser aplicadas de manera sistemática. El que las evaluaciones de impacto sean sistemáticamente actualizadas servirán como insumo para la revisión periódica de los protocolos de calidad del aire y la definición de los valores límite de contaminación.
- d) Dado que es sumamente difícil internalizar los costos indirectos de la contaminación del aire, estos estudios deben realizarse en colaboración con los economistas de la salud, para asegurar el uso de resultados que puedan ser debidamente monetarizados.
- e) La magnitud de los costos que la contaminación del aire le ocasionan al sistema de salud, así como su aumento a través de los años, indica que es imperativo trazar un plan de acción para mejorar la calidad del aire, con definición clara de objetivos así como un estricto cronograma para su realización.
- f) El principio de “quien contamina paga” debe ser aplicado en el campo de la contaminación del aire debida al transporte automotor.
- g) Los costos en salud producidos por la contaminación del aire deben ser incluidos en los análisis costo-beneficio de los proyectos de infraestructura de caminos y en las políticas de medición relacionadas con los flujos vehiculares.
- h) Más acciones deben ser llevadas a cabo en el campo económico, especialmente relacionados con:
 - Realización de estudios empíricos sobre la disposición de pago (WTP) por la reducción del riesgo relativo de morbilidad o mortalidad relacionada a la contaminación del aire, la estructura de edad de las víctimas de la contaminación y los costos producidos por el abandono de trabajo y la incapacidad, entre otras.
 - Monitoreo y reajuste de las políticas emanadas en forma constante y periódica

9. Tablas

Tabla 1: Resultado de salud incluidos y no incluidos en la evaluación

Incluidos en la Evaluación de Impacto	No incluidas
• Mortalidad Total (adultos ≥ 30 años; efecto largo plazo) • Egresos hospitalarios por causas respiratorias (todas las edades) • Egresos hospitalarios por causas CV (todas las edades) • Bronquitis Crónica (adultos ≥ 25 años) • Bronquitis Aguda (niños/as < 15 años) • Días de incapacidad (adultos ≥ 20 años) (RAD) • Asmáticos: Episodios de asma en niños/as < 15 años Episodios de asma en adultos/as ≥ 15 años	• Efectos agudos en mortalidad (corto plazo) • Mortalidad Infantil • Mortalidad Intrauterina • Síntomas Respiratorios en adultos/as • Síntomas Respiratorios en niños/as • Función pulmonar • Ausentismo Escolar • Cáncer ^{s)} • Desempeño Físico • Irritaciones oculares • Hiperreactividad bronquial

s) En términos de mortalidad: implícitamente incluida; no incluida en términos de morbilidad

Tabla 2: Casos Adicionales por millón de habitantes y por 10 µg/m³ de PM₁₀

Resultados en Salud Contaminación Total Costa Rica 2001	Efecto estimado Riesgo Relativo (95% IC)	Línea basal de incrementos (D10) por 10 µg/m ³ PM10 y por cada Millón de habitantes Casos D ₁₀ (D _{10Inf} , - D _{10Sup} basado en estimaciones con un 95% IC				
		Casos/millón	Costo Promedio (colones)	%	Lim Inf	Lim Sup
Mortalidad Total (mayores de 30 años)	1,043 (1.026-1.061)	475 (287-673)	55.497.412.281	97,30%	33.532.120.684	78.631.070.453
Egresos Hospitalarios Causas Respiratorias (todas las edades)	1,0131 (1.001-1.025)	550 (42 - 1050)	317.820.669	0,56%	24.261.120	606.527.231
Egresos Hospitalarios Causas CV (todas las edades)	1,013 (1.007-1.019)	266 (149-404)	196.399.494	0,34%	109.983.717	298.527.231
Bronquitis Crónica (> 25 años)	1,098 (1.009-1.194)	12638 (1160-25018)	142.088.990	0,25%	13.037.840	281.274.040
Bronquitis (niños/as < 15 años)	1,306 (1.135-1.502)	30987 (13671-50835)	395.516.190	0,69%	174.495.930	648.854.910
Días de incapacidad (adultos > 20 años) ¹⁾	1,094 (1.014-1.102)	71565 (18675-127377)	233.373.856	0,41%	60.900.349	415.377.571
Episodios de asma (niños < 15 años) ²⁾	1,044 (1.027-1.062)	9601 (5891-13528)	133.494.340	0,23%	81.909.680	188.090.830
Episodios de asma (adultos > 15 años) ²⁾	1,039 (1.019-1.059)	9450 (4604-14296)	119.919.600	0,21%	58.427.690	181.411.510

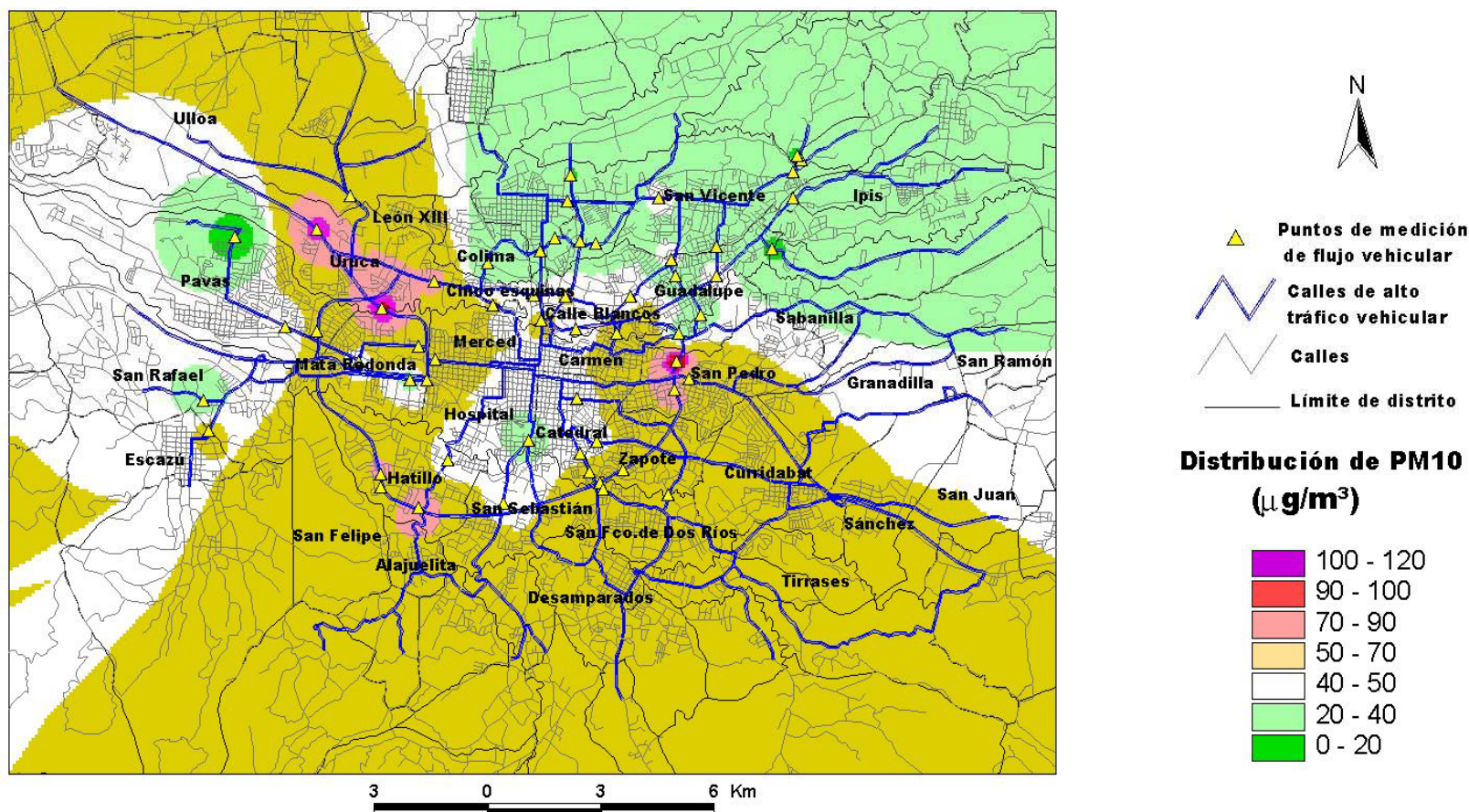
1 Días de incapacidad: total días-persona por año

2 Episodios de Asma: total días-persona por año con episodios de asma

Tabla 3: Definiciones de resultados en salud de los estudios epidemiológicos utilizados en evaluación del impacto de la contaminación del aire

Resultado en salud	Definición	Referencias
Largo plazo: mortalidad (adultos ≥30 años)	Todas las muertes de los 19 cantones en estudio, excluyendo las muertes violentas por accidentes, >30 años	Dockery DW et al, 1993 Pope CA et al, 1995
Egresos hospitalarios par causa respiratoria (todas las edades)	Egresos hospitalarios par causa respiratoria: CIE10: J00-J99, todas las edades	Spix C et al, 1998 Wordley J et al, 1997 Prescott GJ et al, 1998
Egresos Hospitalarios por causas CV (todas las edades)	Egresos Hospitalarios por causas CV: CIE10: I00-I99, todas las edades	Wordley J et al, 1997 Poloniecki JD et al, 1997 Medina S et al, 1997 Prescott GJ et al, 1998
Incidencia Bronquitis Crónica (adultos ≥25 años)	Síntomas de tos y/o producción de esputo en la mayoría de los días, por lo menos durante 3 meses al año, y por 2 años o más, edad ≥25 años	Abbey DE et al, 1993
Bronquitis (niñas/os <15 años)	Bronquitis en los últimos 12 meses (Encuestas de servicios de salud consulta externa y urgencias, 19 cantones), edades 10-12, 8-12 y 6-15 años, respectivamente	Dockery DW et al, 1989 Dockery DW et al, 1996 Braun-Fahrlander C et al, 1997
Días de incapacidad (adultos/as ≥20 años)	Cualquier día en que la actividad normal se ve alterada debido a una enfermedad respiratoria. CIE10: J00-J99. Edad: mayores de 20 años	Ostro B et al, 1990
Episodios de Asma (niños/as <15 años)	Registros de servicios de salud consulta externa y urgencias, 19 cantones, CCSS. CIE10: J45. Edades: menores de 15 años	Roemer W et al, 1993 Segala C et al, 1998 Gielen MH et al, 1997
Episodios de Asma (adultas/os ≥15 años)	Registros de servicios de salud consulta externa y urgencias, 19 cantones, CCSS. CIE10: J45. Edades: mayores de 15 años	Dusseldorp A et al, 1995 Hiltermann TJN et al, 1998 Neukirch F et al, 1998

Concentración de PM₁₀ sobre la ciudad de San José debido a las emisiones vehiculares



Fuente: Ministerio de Salud Pública, CICA-UCR, PECAire-UNA, Laboratorio de Química de la Atmósfera-UNA "Mediciones de PM₁₀ en los años 1999, 2000 y 2001".
ProDUS-UCR, "Estudio de Indicadores Urbanos en el Área Metropolitana de San José".
Hoja topográfica Abra 1:50 000, IGN.
La norma nacional para PM₁₀ es de 50 µg/m³, promedio anual.



TABLA 4
Exposición de la población a la concentración total de PM-10 por cantón

CANTON	PM-10 (µg/m³)			POBLACION	Razón	Exp.Medía Pond.	Exp. Min. Pond.	Exp. Max. Pond.
	MIN	MAX	PROMEDIO					
Alajuelita	63	97	70	81436	0,050348	3,5	3,2	4,9
Aserrí	65	71	69	51756	0,031998	2,2	2,1	2,3
Belén	57	63	60	21076	0,013030	0,8	0,7	0,8
Cartago	68	71	70	139731	0,086389	6,1	5,8	6,1
Curridabat	46	78	65	59701	0,036910	2,4	1,7	2,9
Desamparados	62	73	68	214337	0,132515	9,0	8,2	9,7
Escazú	33	69	59	55415	0,034261	2,0	1,1	2,4
Flores	62	62	62	15944	0,009857	0,6	0,6	0,6
Goicoechea	16	79	37	123050	0,076076	2,8	1,2	6,0
Heredia	42	104	63	110843	0,068529	4,3	2,9	7,1
La Unión	41	73	63	87047	0,053817	3,4	2,2	3,9
Montes de Oca	25	161	54	52394	0,032393	1,7	0,8	5,2
Moravia	13	53	34	52464	0,032436	1,1	0,4	1,7
San José	4	130	64	323726	0,200145	12,7	0,8	25,9
San Pablo	42	75	58	21943	0,013566	0,8	0,6	1,0
Santa Ana	56	64	60	37120	0,022950	1,4	1,3	1,5
Santo Domingo	25	79	42	36159	0,022355	0,9	0,6	1,8
Tibás	19	82	43	71367	0,044123	1,9	0,8	3,6
Vazquez de Coronado	17	34	31	61950	0,038301	1,2	0,7	1,3
Sumatoria				1617459		58,9	35,8	88,7

TABLA 5

Exposición de la población a la concentración de PM-10 por cantón debida únicamente al tráfico vehicular

CANTON	PM-10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)			POBLACION	Razón	Exp. Media Pond.	Exp. Min. Pond.	Exp. Max. Pond.
	MIN	MAX	PROMEDIO					
Alajuelita	47	73	53	81436	0,050348	2,7	2,4	3,7
Aserri	49	53	52	51756	0,031998	1,7	1,6	1,7
Belén	43	47	45	21076	0,013030	0,6	0,6	0,6
Cartago	51	53	53	139731	0,086389	4,6	4,4	4,6
Curridabat	35	59	49	59701	0,036910	1,8	1,3	2,2
Desamparados	47	55	51	214337	0,132515	6,7	6,2	7,3
Escazú	25	52	44	55415	0,034261	1,5	0,9	1,8
Flores	47	47	47	15944	0,009857	0,5	0,5	0,5
Goicoechea	12	59	28	123050	0,076076	2,1	0,9	4,5
Heredia	32	78	48	110843	0,068529	3,3	2,2	5,4
La Unión	31	55	47	87047	0,053817	2,5	1,6	3,0
Montes de Oca	19	121	40	52394	0,032393	1,3	0,6	3,9
Moravia	10	40	25	52464	0,032436	0,8	0,3	1,3
San José	3	98	48	323726	0,200145	9,6	0,6	19,6
San Pablo	31	56	44	21943	0,013566	0,6	0,4	0,8
Santa Ana	42	48	45	37120	0,022950	1,0	1,0	1,1
Santo Domingo	18	60	32	36159	0,022355	0,7	0,4	1,3
Tibás	14	62	33	71367	0,044123	1,4	0,6	2,7
Vazquez de Coronado	11	25	23	61950	0,038301	0,9	0,4	1,0
Sumatoria				1617459		44,3	26,9	66,8

10. Lista de abreviaciones

AHSMOG	Adventist Health and Smog Study
AVACS	Años de Vida Ajustados por Calidad
AVPP	Años de Vida Potencialmente Perdidos
CCSS	Caja Costarricense del Seguro de Salud
CICA	Centro de Investigación de la Contaminación Ambiental
CIE10	Décima Clasificación Internacional de Enfermedades
CIEDES	Centro de Investigaciones en Desarrollo Sostenible
COI	Costos de la Morbilidad (enfermedad)
CONAVI	Consejo Nacional de Vialidad
DRA	Días Restringidos de Actividad
EPOC	Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica
EUR	Euros, moneda de la Comunidad Económica Europea
GAM	Gran Área Metropolitana
GTZ	Sociedad Alemana de cooperación Técnica
IC	Intervalo de Confianza
INEC	Instituto Nacional de Estadísticas y Censos
LAQAT	Laboratorio de Química de la Atmósfera
MINAE	Ministerio de Ambiente y Energía
MOPT	Ministerio de Obras Públicas y Transportes
MS	Ministerio de Salud
NOx	Óxidos de nitrógeno
O₃	Ozono
OECD	Organización Económica para la Cooperación y el Desarrollo
OMS	Organización Mundial de la Salud
OPS	Organización Panamericana de la Salud
PALSJ	Proyecto Aire Limpio San José
PECAire	Programa de Estudios de Calidad de Aire
PM10	Partículas con Diámetro Aerodinámico Menor a 10 Micras
PM2.5	Partículas con Diámetro Aerodinámico Menor a 2.5 Micras
ProDUS	Programa de Investigación en Desarrollo Urbano Sostenible
PST	Partículas suspendidas totales
RR	Riesgo Relativo
SO₂	Dióxido de Azufre
SIGCA	Sistema Integral de Gestión de la Calidad del Aire
UCR	Universidad de Costa Rica
UNA	Universidad Nacional
US\$	Moneda correspondiente a los Estados Unidos de Norteamérica
VPF	Valor de Prevención de una Fatalidad Estadística
WTP	Disposición de Pago

11. Referencias

1. Abbey D.E., Nishino N., McDonnell W.F., Burchette R.J., Knutsen S.F., Beeson W.L., Yang J.X., (1999), Long-Term Inhalable Particles and Other Air Pollutants Related to Mortality in Nonsmokers. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* 1999 159: 373-382
2. Abbey DE et. al., 1993
3. Ackermann-Lieblich U, Leuenberger P, Schwartz J et al. (1997), Lung function and long term exposure to air pollutants in Switzerland. *Am J Respir Crit Care Med* 1997;155:122-129
4. Alvarado S., R. El Plan Regional Metropolitano y los Cantones de La GAM. IFAM. Dirección de Gestión Municipal, Investigación y Desarrollo. Serie Cantones de Costa Rica: No. 4. 2003.
5. Berdowski et al., (1997); Particulate matter emissions (PM₁₀ – PM_{2.5} – PM_{0.1}) in Europe in 1990 and 1993. Netherlands Organisation for Applied Scientific Research TNO-report, TNO-MEP R 96/472
6. Braun-Fahrlander C, Vuille J, Sennhauser F et al. (1997), Respiratory health and long-term exposure to air pollutants in Swiss schoolchildren. *Am J Respir Crit Care Med* 1997;155:1042-1049
7. Chestnut L.G. (1995), Human Health Benefits from Sulfate Reduction under Title IV of the 1990 Clean Air Act Amendments, prepared for U.S. Environmental Protection Agency, Washington.
8. CIEDES. El Centro de Investigaciones en Desarrollo Sostenible de la Universidad de Costa Rica proporcionó la información geográfica sobre calles y distritos
9. COST 313, (1994), Coût socio-économique des accidents de la route, Rapport final, Publié par la Commission des Communautés Européennes, Direction générale XII, Bruxelles/Luxembourg Department of Health UK (1999), Economic Appraisal of the Health Effects of Air Pollution, London.
10. Dockery DW, Pope A, Xu X et al. An association between air pollution and mortality in six U.S. Cities. *N Engl J Med* 1993; 329(24):1753-9.
11. ECOPLAN (1993), Soziale Kosten von Verkehrsunfällen in der Schweiz; Aktualisierung für das Jahr 1993, Bern.
12. EMEP (1997): Transboundary Air Pollution in Europe. MSC-W Report 1/97, Part 1 and 2. Norwegian Meteorological Institute, Oslo.
13. EMEP (1998), Long-range transport of fine secondary particles, as presently estimated by the EMEP Lagrangian model. EMEP/MS-CW, Note 2/98. Norwegian Meteorological Institute, Oslo. Externe (1995), Externalities of Energie, Vol 1: Summary / Externalities of Energie, Vol 2: Methodology.
14. Filliger P., Puybonnieux-Textier V., Schneider J., (1999), PM₁₀ Population Exposure – Technical Report on Air Pollution; Technical Report of the "Health Costs due to Road Traffic-related Air Pollution – An impact assessment project of Austria, France and Switzerland", Berne 1999
15. GREQAM (1999), Economic and socio-anthropologic approach of air pollution : a study in a French department, Marseilles, Prepared for the French Environment Ministry, work in progress.
16. Guidelines for Air Quality, World Health Organization: Geneva, 2000
17. Guidelines for Air Quality, World Health Organization: Geneva, 2000
18. Health Costs due to Road Traffic-related Air Pollution. An impact assessment project of Austria, France and Switzerland. Prepared for the Third Ministerial Conference on Environment and Health. London 1999
19. IMIB, Institut für Medizin Informatik Biostatistik, (1996), Monetarisierung der

- verkehrsbedingten Gesundheitskosten: Behandlungskosten
20. Jones-Lee M.W. et al. (1998), On the Contingent Valuation of Safety and the Safety of Contingent Valuation: Part 2 - The CVG/SG "Chained" Approach
 21. Katsouyanni K, Schwartz J, Spix C et al. (1996), Short term effects of air pollution on health: a European approach using epidemiologic time series data: the APHEA protocol. *J Epidemiol Comm Health* 1996, 50 (supplement 1):S12-S18
 22. Künzli N., Kaiser R., Medina S., Studnicka M., Oberfeld G., Horak F. ,(1999), Air Pollution Attributable Cases – Technical Report on Epidemiology; Technical Report of the " Health Costs due to Road Traffic-related Air Pollution – An impact assessment project of Austria, France and Switzerland", Bern 1999
 23. Künzli N., Tager I., (1997), The semi-individual study in air pollution epidemiology: a valid design as compared to ecologic studies. *Environ Health Perspect* 1997; 105: 1078-1083
 24. Ley General de Salud. No. 5395 del 23 de octubre de 1973
 25. Maddison D. (1997), Valuing morbidity effects of air pollution, mimeographed, Centre for Social and Economic Research on the Global Environment, University College London and University of East Anglia.
 26. MOPT-GTZ. Proyecto Aire Limpio. San José. 2003
 27. Navrud S. (1998), Valuing Health Impacts from Air Pollution in Europe - New Empirical Evidence on Morbidity, Accepted Paper for the World Congress of Environmental and Resource Economists, June 25-27 1998, Venice, Italy.
 28. Ostro B, 1996;
 29. Ostro B., Chestnut L. (1998), Assessing the Health Benefits of Reducing Particulate Matter Air Pollution in the United States, in: *Environmental Research*, Section A 76, p. 94-106.
 30. Pearce D. (1996), Health effects of ozone and nitrogen oxides in an integrated assessment of air pollution, prepared for the United Nations Economic Commission Europe and the World Health Organization
 31. Pope CA III, Thun M, Namboodiri M et al. (1995), Particulate air pollution as a predictor of mortality in a prospective study of U.S.Adults. *Am J Respir Crit Care Med* 1995; 151(3):669-74.
 32. Programa de Investigación en Desarrollo Humano Sostenible (ProDus), Escuela de Ingeniería Civil, Universidad de Costa Rica.
 33. Santos-Burgoa, C. Evaluación Inicial del Impacto en Salud de la Contaminación Atmosférica. Desarrollo Urbano y Contaminación. Informe sometido al Banco Mundial. Basado en la Misión a San José, Costa Rica 30 junio-4 julio, 1997. San José, Costa Rica
 34. Seinfeld, J.H. Atmospheric Chemistry and Physics of Air Pollution. John Wiley & Sons: USA, 1986
 35. Sommer H., Chanel O., Vergnaud J.-Ch., Herry M., Sedlak N., Seethaler R. , Health Costs due to Road Traffic-related Air Pollution. An impact assessment project of Austria, France and Switzerland. Prepared for the Third WHO Ministerial Conference of Environment & Health, London, 16-18 June 1999. Monetary Valuation of Road Traffic related Air Pollution. Bern/ Paris, Wien, June 1999
 36. Sommer H., Neuenschwander R., (1996), Monetization of the external health costs attributable to transport, Consolidated report. Ecoplan on behalf of the Bureau for Transport Studies, GVF-Report nr. 272, Federal Department of Environment, Berne, 1996
 37. Sommer H., Neuenschwander R., Walter F., (1991), Soziale Kosten von Verkehrsunfällen in der Schweiz; Ecoplan. Auftrag GVF Nr. 186, Eidg. Verkehrs- und Energiewirtschaftsdepartement, Bern, 1991.
 38. Sommer H., Seethaler R., Chanel O., Herry M., Masson S., Vergnaud J. Ch., (1999), Economic Evaluation - Technical Report on Economy; Technical Report of " Health Costs

- due to Road Trafficrelated Air Pollution – An impact assessment project of Austria, France and Switzerland”, Berne 1999
39. Viscusi W.K. (1993), The Value of Risks to Life and Health, in: Journal of Economic Literature, Vol. XXXI, p. 1912-1946.
 40. Wacholder S et al, (1995), When measurement errors correlate with truth: surprising effects of nondifferential misclassification. Epidemiology 1995; 6 (2): 157-161
 41. WHO. Air Quality Guidelines for Europe (1998). 2nd Edition. WHO Regional Office for Europe, Copenhagen, in pressWHO. Overview of the environment and health in Europe. Background document for the Third European Union Ministerial Conference Transport, Environment and Health London 1999. WHO Regional Office for Europe, Copenhagen, 1998 (<http://www.who.dk/London99/Welcome.htm>).

Costos en Salud por la Contaminación del Aire

El Proyecto Aire Limpio San José, es un esfuerzo interinstitucional en que participan además del MOPT y GTZ (Cooperación Técnica Alemana), el Ministerio de Salud, MINAE, MEP, la Defensoría de los Habitantes, ARESEP, la CCSS, el INA, la Municipalidad de San José, la UNA, la UCR, CONADECO, el Colegio de Periodistas, RITEVE/S y C y Swisscontact.

