

**FUNDACIÓN OFTALMOLÓGICA DE SANTANDER – CLÍNICA CARLOS ARDILA LULLE
FOSCAL**

OBSERVATORIO DE SALUD PÚBLICA DE SANTANDER, OSPS

**CORPORACIÓN AUTONOMA REGIONAL PARA LA DEFENSA DE LA MESETA DE
BUCARAMANGA, CDMB**

INSTITUTO NEUMOLÓGICO DEL ORIENTE, INO

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER, UIS

INFORME TÉCNICO FINAL DE PROYECTO A COLCIENCIAS

TABLA DE CONTENIDO

	Página
1. Título y código del proyecto	2
2. Identificación del contrato	2
3. Entidad ejecutora	2
4. Sinopsis divulgativa	2
5. Sinopsis técnica	3
6. Resumen técnico	4
7. Cuadro de resultados de generación de conocimiento	9
8. Cuadro de otros resultados	9
9. Descripción del impacto actual o potencial de los resultados	9
10. Anexos	10

INFORME TÉCNICO FINAL DE PROYECTO A COLCIENCIAS

1. **Título y código del proyecto:** LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL Y SUS EFECTOS EN LA SALUD: BUCARAMANGA 2007-2008 Código: 6517-345-19008
2. **No. contrato:** 330 del 21 de diciembre de 2006
3. **Entidad ejecutora:** FUNDACIÓN OFTALMOLÓGICA DE SANTANDER – CLÍNICA CARLOS ARDILA LULLE – FOSCAL

Investigadores:

Laura Andrea Rodríguez, OSPS
 Juan José Rey, OSPS
 Henry Castro Ortiz, CDMB
 Astrid Berena Herrera, UIS
 Jurg Niederbacher, INO, UIS
 Lina Maria Vera, UIS
 Luz Libia Cala Vecino, INO, UIS
 Fabio Bolívar Grimaldos, INO, UIS

Grupo de investigación: Observatorio de Salud Pública de Santander COL0031343

4. **Sinopsis divulgativa:**

Las acciones humanas han tenido un efecto perjudicial en la composición del aire, que han introducido contaminantes, entre ellos partículas sólidas y líquidas conocidas como material particulado. El material particulado es un contaminante crítico monitoreado a nivel mundial por la importancia que representan sus efectos sobre la salud humana.

Desde diciembre del año 2000, en Bucaramanga la Red de Monitoreo de Calidad del Aire, operada por la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga – CDMB, registra niveles de concentración para material particulado en algunas zonas de la ciudad.

En Bucaramanga el asma es la tercera causa de atención en consulta externa y la primera en urgencias entre la población pediátrica. Por esta razón el objetivo del estudio fue determinar la presentación de síntomas irritativos oculares y respiratorios en la población pre-escolar de dos zonas con diferentes niveles de contaminación atmosférica en Bucaramanga, Colombia.

Metodología

Estudio de cohorte comparando la presentación de síntomas respiratorios (tos seca, tos con flemas, asfixia, sibilancias, uso de dispositivos de inhalación, lagrimeo, estornudo y necesidad de consulta médica por estos síntomas) por un periodo de un año en menores de 7 años en dos zonas de la ciudad con niveles diferentes de contaminación por material particulado.

Los síntomas fueron registrados por padres o cuidadores previamente entrenados en un calendario diario de síntomas. La recolección de los calendarios se realizó de forma mensual y la verificación del registro diario se realizó de forma telefónica.

El análisis comparó la cantidad de síntomas presentados en cada zona y los relacionó con la medición de material particulado. Luego se tuvo en cuenta en el análisis multinivel el efecto de otras variables personales, residenciales y ambientales que pudieran estar relacionadas también con la presencia de síntomas y el nivel de contaminación.

Resultados y conclusiones

Se estudiaron 768 niños y niñas con un promedio de 48,2 meses, distribuidos en las dos zonas. El promedio diario de PM10 durante los 12 meses de seguimiento fue de 34,52ug/m³ en la zona de baja contaminación, mientras que en la zona de alta contaminación el promedio fue de 55,51 ug/m³.

El análisis comparativo entre las dos zonas de estudio mostró diferencias en la presentación de todos los síntomas, siendo mayores el uso de inhaladores en la zona de alta contaminación. Posteriormente el análisis de las otras variables ambientales estudiadas no mostró modificación de los resultados de la comparación entre la contaminación atmosférica y la presencia de síntomas irritativos oculares y respiratorios. Este mismo análisis mostró que la historia de asma y otros factores internos de la vivienda como los pisos de tierra y la presencia de animales domésticos, como perros y gatos parecen representar también un efecto para la presentación de síntomas respiratorios en esta población.

Como conclusión creemos que es posible que en Bucaramanga los factores de contaminación intradomiciliaria puedan tener un mayor efecto sobre la presencia de síntomas irritativos y respiratorios en menores de 7 años que los contaminantes externos, por lo cual se requieren nuevos estudios que evalúen esta nueva hipótesis.

5. Sinopsis técnica:

El objetivo del estudio fue determinar la asociación entre contaminación atmosférica y el desarrollo de síntomas respiratorios en preescolares de Bucaramanga, Colombia. Se realizó un estudio de cohorte por un año registrando síntomas en preescolares residentes en dos zonas de la ciudad con mediciones extremas de PM10 y se ajustó por variables individuales, residenciales y meteorológicas con un modelo multinivel. Se siguieron 707 preescolares. El estornudo y la tos con flemas fueron los síntomas más frecuentes con tasas de incidencia de 277,2 y 203,3 eventos por 100 niños-mes a riesgo. En la zona de mayor contaminación, un incremento de 10 µg/m³ en la concentración atmosférica de PM10 incrementó en 1,3 el número de síntomas diarios reportados. El análisis multinivel mostró ausencia de asociación entre PM10 y síntomas respiratorios y que la historia de asma, la exposición a alto flujo vehicular frente a la vivienda, la presencia de animales domésticos y de pisos de tierra, son las variables que tienen mayor efecto sobre la presencia de síntomas en esta población de preescolares.

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the association between air pollution and respiratory symptoms in preschoolers from Bucaramanga, Colombia. A cohort study was conducted by reporting of daily symptoms in preschoolers living in two zones of the city with different air pollution PM10 levels. Individual, neighborhood and weather variables were included in a multilevel model analysis. In 707 preschooler followed by a year, sneezing and cough with phlegm were the most frequent symptoms with incidence rates of 277,2 y 203,3 events per 100 children-month at risk. In the high pollution zone, an increase of 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ in PM10 concentration, increase by 1,3 the daily symptoms reported. Multilevel analysis did not show statistic association between PM10 and respiratory symptoms but asthma history, high traffic in front of residence, presence of domestic pets and ground floor, were associated with development of respiratory symptoms.

6. Resumen técnico:

En los últimos años, se ha prestado considerable atención a los efectos adversos de la contaminación atmosférica sobre la salud¹. Aunque puede afectar diferentes sistemas y órganos, la atención se ha centrado en el incremento de la morbi-mortalidad en patologías respiratorias y cardiovasculares. Los cálculos, aunque inexactos, sugieren que la mortalidad prematura anual estimada por esta causa está cerca de 800.000 muertes, cifra similar a la reportada para los accidentes de tráfico^{2,3}. Estudios epidemiológicos realizados en diferentes países⁴, han documentado la asociación entre el material particulado fracción respirable menor a 10 μ (PM10) y el riesgo para enfermedades respiratorias, muertes prematuras⁵, agudización del asma bronquial⁶, exacerbaciones de la enfermedad pulmonar obstructiva crónica^{7,8}, mortalidad prematura y con ello un efecto negativo sobre las consultas al servicio de urgencia, hospitalizaciones e incluso, en la disminución del flujo espiratorio en el primer segundo y del crecimiento pulmonar en los niños⁹.

La exposiciones a altas concentraciones de PM10, produce exacerbaciones de los síntomas en pacientes con enfermedades respiratorias preexistentes como el asma, así como con enfermedades coronarias y de los vasos sanguíneos tanto en niños como en adulto^{10,11}. Asimismo, los estudios de serie de tiempo que han relacionado material particulado y la mortalidad proveen una fuerte asociación independiente, especialmente en áreas urbanas y con el menor tamaño de las partículas¹². Adicionalmente, el cambio climático es un factor importante en la contaminación atmosférica por la distribución y diseminación de las patologías respiratorias¹³.

La morbilidad respiratoria en Bucaramanga es una de las más altas en Colombia, especialmente en población pediátrica de 0 a 4 años de edad, en la que un estudio en seis ciudades, ha documentado tener la prevalencia de asma más altas del país (8,8%)¹⁴. El objetivo del estudio fue determinar la asociación entre la ocurrencia de síntomas respiratorios en niños menores de siete años (preescolares) y la contaminación atmosférica en dos zonas con niveles diferentes de contaminación medidos por PM10, por medio de un análisis multinivel.

Materiales y Métodos:

Diseño del estudio. Se realizó un estudio observacional analítico de cohorte en Bucaramanga, una

ciudad intermedia de 521.000 habitantes al nororiente de Colombia. Se comparó la incidencia de síntomas respiratorios en dos zonas de la ciudad con exposición a niveles diferentes de contaminación según valores de material particulado fracción respirable menor a 10μ (PM10). La selección de las zonas de estudio se realizó entre mayo de 2006 hasta mayo de 2007, ubicando las zonas de mayor y menor contaminación en la ciudad por medio de mediciones de PM10 con equipos manuales tipo Highvol. La zona de mayor contaminación se ubicó en el centro de la ciudad con un promedio diario de PM10 de $89,56 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y la zona de menor contaminación al occidente de la ciudad con un promedio de $40,08 \mu\text{g}/\text{m}^3$. *Participantes.* La población de estudio correspondió a menores de siete años (preescolares) con residencia mayor de seis meses en las zonas señaladas. Se calculó un tamaño de muestra en el programa Epi-Info 6.04d teniendo en cuenta un error tipo 1 del 5%, poder del 80%, razón de expuestos y no expuestos de 1:1, prevalencia del factor de 18% en expuestos y 10% en no expuestos y un riesgo relativo esperado de 1.8 (Odds Ratio OR 1.93) obteniendo un número mínimo de 319 niños en cada nivel de exposición para un total de 638 niños en total. Se tuvo en cuenta un 20% de pérdidas en el seguimiento por lo cual se determinó una muestra total de 764 niños en las zonas de estudio. La muestra se seleccionó de forma no probabilística partiendo desde el sitio de monitoreo ambiental hacia la periferia de las zonas. Se excluyeron niños con enfermedades cardiacas o respiratorias crónicas o con alteración neurológica crónica (Parálisis cerebral, trastorno de la deglución, etc.). Al inicio del estudio se midió la prevalencia de síntomas respiratorios compatibles con asma por medio del cuestionario ISAAC¹⁵ en su versión validada al español¹⁶.

Seguimiento. Para la medición de PM10 se utilizaron muestreadores manuales de alto volumen Highvol marca Andersen Graseby ubicados en zonas centrales y periféricas de las zonas seleccionadas. Entre julio de 2007 y junio de 2008, se realizó el registro de la aparición de síntomas respiratorios (tos seca, tos con flemas, asfixia, sibilancias, uso de dispositivos de inhalación, estornudo y necesidad de consulta médica por estos síntomas) por medio de un calendario diario de síntomas diligenciado por los padres o cuidadores, que fueron entrenados para tal fin. La recolección de los calendarios se realizó de forma mensual y la verificación del registro diario se realizó de forma telefónica.

Análisis estadístico. Se realizó un análisis descriptivo por medio de medidas de tendencia central y variabilidad para las variables cuantitativas y proporciones para las variables discretas. Se calcularon tasas de incidencia de síntomas en forma general y por zonas de estudio y luego se calculó la razón de tasas de incidencia como medida de asociación. El análisis bivariado y estratificado tuvo en cuenta como variable dependiente los síntomas respiratorios y como independiente explicatoria el tipo de zona (mayor o menor contaminación). Por medio de un modelo de regresión lineal se evaluó la relación de los niveles diarios de PM10 con la aparición diaria de síntomas y se ajustó su efecto por otras variables ambientales como temperatura, humedad, precipitación, presión atmosférica, dirección y velocidad de los vientos y radiación solar. Para el análisis multivariado de los datos por individuo, se utilizó un modelo de regresión de Poisson para ajustar por el efecto de otras variables personales o de la vivienda. Finalmente con el fin de ajustar por el efecto del nivel de agrupación de los individuos por barrios dentro de las zonas de estudio se utilizó un análisis multinivel de efectos mixtos de Poisson. Para los análisis se utilizó el programa Stata 10.0.

Consideraciones éticas. El estudio respetó los principios de autonomía, confidencialidad y beneficencia de acuerdo con las normas internacionales vigentes para investigación en seres humanos. El protocolo de investigación fue aprobado por el comité de ética de la Facultad de Salud de la Universidad Industrial de Santander.

Resultados

En junio de 2007 se estudiaron un total de 768 niños distribuidos en las zonas de mayor y menor contaminación de la ciudad (384 niños en cada zona). La tabla 1 muestra algunas características de la población de estudio. La edad promedio de los preescolares fue de $42,8 \pm 25,5$ meses. El 90,4% de los niños estaba afiliado a algún régimen de seguridad social y las guarderías a las que asistían algunos de los niños estaban ubicadas principalmente dentro del barrio (65%). La composición familiar de los niños encuestados tenía en promedio seis integrantes de los cuales dos eran niños menores de 18 años. Las viviendas estaban ubicadas en barrios de estratos socio-económicos medio y medio-bajo y su estructura se caracterizaba por tener entre tres y cinco cuartos (73%), techos de placa (61%) y pisos de baldosín (95%). En la zona de mayor contaminación se encontraron con mayor frecuencia pequeños talleres de ornamentación, tapicería y carpintería (84% vs 48%). De acuerdo con la aplicación del cuestionario ISAAC al inicio del estudio se determinó una prevalencia de sibilancias en el último año de 13,9% en las dos zonas.

Luego de esta encuesta basal permanecieron en el estudio 707 (92%) participantes quienes aceptaron continuar el seguimiento por 12 meses. Las características sociodemográficas (edad, sexo, tiempo de residencia en el sector) de los niños no participantes en la cohorte no fueron estadísticamente diferentes de los que continuaron en seguimiento ($p > 0,4$). Durante el año de seguimiento se registró un 18% de pérdidas (21,6% en zona de mayor contaminación y 14,3% en la de menor): de éstas el 73% correspondió a cambios de residencia de los participantes, 19% a retiros voluntarios y 8% a cambio de sitio de cuidado de los niños.

La mediana de las mediciones diarias de PM10 durante los 12 meses fue de $49,15 \mu\text{g}/\text{m}^3$; en la zona de mayor contaminación fue de $55,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ con un rango intercuartílico entre 39,2 y $68,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$, mientras que en la zona de menor contaminación fue de $32,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ entre 25,9 y $42,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$. El promedio de las otras variables meteorológicas durante el año de estudio fueron: temperatura $20,6^\circ\text{C}$, precipitación 0,16 mm, humedad relativa 72,6%, ozono $10,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. El promedio de síntomas por día fue de 69,42 con un rango intercuartílico entre 54 y 87. Los valores promedios diarios de PM10 no tuvieron correlaciones superiores a 0,43 con el número de síntomas respiratorios diarios ni con la necesidad de consulta médica. La figura 1 muestra la representación gráfica de algunas de estas relaciones. En la población de preescolares residentes en la zona de mayor contaminación, un incremento de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en la concentración atmosférica de PM10 incrementó en 1,3 el número de síntomas diarios reportados ($p = 0,025$).

La Tabla 2 presenta las tasas de incidencias por zona y las respectivas razones de tasas por persona y por evento. El estornudo y la tos con flemas fueron los síntomas más frecuentes con tasas de incidencia de 277,2 y 203,3 eventos por 100 niños-mes a riesgo. Los padres acudieron a 10,9 consultas médicas por cada 100 niños/mes de seguimiento y en la mitad de ellas el diagnóstico médico fue algún tipo de Infección Respiratoria Aguda (IRA). La necesidad de uso de dispositivos de inhalación y los estornudos fueron significativamente mayores en la zona de más contaminación con un exceso de riesgo con respecto a los preescolares residentes en la otra zona de 54% y 20%, respectivamente. Por el contrario la asfixia y las sibilancias fueron más frecuentes en la zona de menor contaminación. Tomando como variable resumen la sumatoria de los diferentes síntomas respiratorios (total síntomas) se encontró que los preescolares residentes en la zona de mayor contaminación presentaron 13% más síntomas respiratorios que los de la otra zona (Tasa de incidencia relativa 1,13 IC 95% 1,03 – 1,18). Una magnitud de asociación similar se encontró para la

necesidad de consulta médica.

La tasa de incidencia diaria de los síntomas respiratorios y su relación con el promedio diario de PM10 no mostró variación por el ajuste de las otras variables meteorológicas estudiadas como humedad relativa, temperatura, velocidad de los vientos, radiación solar y precipitación. La tabla 3 muestra como el análisis multivariado ajustó la magnitud de la asociación con la zona de contaminación por otras variables relacionadas con la incidencia de síntomas respiratorios, manteniendo como significativa una diferencia de incidencia de 11% entre las dos zonas (TIR 1,11 IC 95% 1,09 – 1,13) El análisis multinivel a su vez ajustó el efecto del nivel de barrios entre las zonas de estudio mostrando que son la historia de asma, la exposición a alto flujo vehicular frente a la vivienda y la presencia de pisos de tierra, las variables que tienen mayor efecto sobre la presencia de síntomas respiratorios en esta población de preescolares, mientras que la tenencia de animales domésticos se comporta como un factor de protección (Tabla 4).

Discusión

La contaminación atmosférica extradomiciliaria no tuvo un efecto adverso contundente sobre la presencia de síntomas respiratorios en preescolares en esta población de preescolares en una ciudad colombiana con alta prevalencia de asma en niños. Por su parte, la historia de asma, el alto flujo vehicular frente a la vivienda y la presencia de pisos de tierra demostraron aumentar el riesgo de desarrollar síntomas respiratorios, mientras la tenencia de gatos y perros mostraron disminuirlo. Estos resultados están de acuerdo con un estudio en condiciones similares en Rio de Janeiro, Brasil¹⁷, donde no encontraron asociación de concentraciones de PM10 y síntomas obstructivos en niños, excepto en los menores de dos años. Nuestro estudio adiciona el ajuste de los síntomas respiratorios por variables de confusión personales y del domicilio, además de las variables meteorológicas.

De igual forma nuestros hallazgos coinciden con el reporte de un estudio en ocho ciudades norteamericanas¹⁸ y con el de Zamorano y cols¹⁹, quienes estudiaron en Chile el efecto de la contaminación ambiental sobre la presentación de bronquiolitis aguda en menores de un año y tampoco encontraron asociación significativa con esta variable, pero contrario a nuestros hallazgos la exposición a tabaco y la edad temprana fueron las variables más relacionados con esta enfermedad.

La evidencia epidemiológica de la asociación entre contaminación atmosférica y salud, y específicamente con asma o síntomas respiratorios es amplia^{20,21}. Sin embargo, estudios recientes sustentan que aunque existe un efecto de la contaminación externa medida con PM10 sobre la mortalidad y morbilidad respiratoria y cardiovascular aguda, en la mayoría de áreas urbanas la evidencia es más fuerte para las partículas más finas (material particulado de 2,5 micras) y de forma similar a nuestros resultados, en otros estudios no parece tener una asociación robusta con niveles de PM10, especialmente en niños^{22,23}.

En esta población los preescolares que necesitaron el uso de dispositivos de inhalación fue similar en las dos zonas, sin embargo el análisis de la incidencia por eventos muestra que la frecuencia de uso fue más alta en la zona de mayor contaminación. Asimismo, aunque la incidencia de Infección Respiratoria Aguda fue similar en los grupos, la tos con flemas y los estornudos fueron también más frecuentes en la zona de mayor contaminación. Estos hallazgos sugieren reacciones respiratorias más irritativas, además de las infecciosas, en los preescolares expuestos a mayores niveles de PM10, situación que podría explicar que también tuvieron más necesidad de consultas médicas, que es uno de los indicadores que más se ha relacionado positivamente con el aumento de las concentraciones de PM10.

La presencia de alto flujo vehicular frente a la vivienda estuvo altamente relacionado con el desarrollo de síntomas respiratorios y no así la clasificación general de contaminación de la zona; estos hallazgos pueden indicar que la medición que se hace en forma global para las zonas por medio de estaciones de monitoreo fijas no parecen representar en forma adecuada la exposición real de contaminantes de cada vivienda y de cada individuo y que dentro de la misma zona es posible que existan diferentes gradientes de exposición que pueden diluir el efecto real de los contaminantes como el PM10, que tienen como fuente principal las emisiones vehiculares. En este sentido y a la luz de los resultados encontrados es posible también que en la ciudad el gradiente de niveles extremos de contaminación no represente una brecha suficiente para evidenciar un efecto adverso al ajustar por otras variables de confusión; un estudio similar en niños con y sin asma en Bangkok²⁴ demostró una asociación de síntomas respiratorios con PM10, pero en éste los valores promedio diario eran superiores a 120 µg/m³. Adicionalmente, es importante anotar que una vez iniciado el presente estudio se inició la construcción de la infraestructura vial de transporte masivo en la ciudad que obligó a realizar desvíos vehiculares temporales en los algunos tramos de la zona de alta contaminación, situación que pudo disminuir la cantidad de partículas contaminantes a las que estuvieron expuestos algunos preescolares de esta zona²⁵.

Nuestros resultados indican que la presencia de mascotas domésticas, específicamente perros y gatos, tienen un efecto protector sobre la presentación de síntomas respiratorios. La relación entre exposición a animales domésticos y el desarrollo de enfermedades respiratorias alérgicas en la niñez es controversial. Aunque algunos estudios han mostrado que la exposición a estos alérgenos se asocia con prevalencia de asma y exacerbaciones de la enfermedad^{26,27}, otros estudios sugieren que la exposición temprana a estos animales puede reducir el riesgo de desarrollar síntomas alérgicos, asma y sibilancias²⁸⁻³². En este sentido se ha propuesto la teoría de que altas exposiciones a productos microbianos, como endotoxinas bacterianas, a edades tempranas puede mediar inmunológicamente este efecto protector, especialmente en áreas metropolitanas³³⁻³⁵.

La historia de asma fue una variable que se mantuvo significativamente asociada a la presentación de síntomas respiratorios, especialmente en la zona de mayor contaminación. Aunque algunos estudios reportan que no hay cambios en la prevalencia de síntomas respiratorios y asma con la disminución de concentraciones de PM10³⁶, otros estudios muestran un mayor efecto de este contaminante en pacientes asmáticos^{37,38}.

Una limitación de este estudio fue la cantidad de pérdidas en el seguimiento por cambios de residencia de algunos preescolares, especialmente en la zona de mayor contaminación, sin embargo el análisis no mostró características diferenciales en los sujetos perdidos y el seguimiento de los niños en forma diaria por un periodo de un año aportó al estudio la posibilidad de analizar los datos por niños según tiempo a riesgo, por lo cual no podría explicarse los resultados por un sesgo de selección por pérdidas.

El reporte de los síntomas diarios por un calendario trató de controlar el sesgo de memoria por parte de los padres o cuidadores, sin embargo su recolección se hizo de forma mensual de tal forma que es posible que exista algún grado de este tipo de sesgo en los registros a pesar del control telefónico semanal. De existir este sesgo, se dio de forma no diferencial en las dos zonas de medición y el sesgo del respondedor proxy³⁹ (en este caso padres o cuidadores) parece ser menor cuando se trata de eventos agudos y no accidentales.

La falta de asociación concluyente entre la concentración de PM10 y el desarrollo de síntomas respiratorios en esta población de preescolares con alta prevalencia de asma, sugiere que bajo

condiciones ambientales y de contaminación atmosférica similar, el efecto de la condición ambiental intradomiciliaria parece ser mayor que la extradomiciliaria, especialmente en niños con historia de asma.

NOTA: Ver tablas, figuras y referencias en Anexo 4.

7. **Cuadro de resultados de generación de conocimiento** (ver anexo 1)
8. **Cuadro de otros resultados** (ver anexo 2)
9. **Descripción del impacto actual o potencial de los resultados.**

La forma y la magnitud en la que la polución ambiental está afectando la población infantil de Bucaramanga es un tema prioritario no sólo para las autoridades de salud y ambiente del municipio sino para la población en general sobre quien recaen los efectos nocivos de la contaminación, que a su vez se agudizan por las actividades industriales y las malas prácticas ambientales de las personas.

En relación con el impacto político y social, los resultados de este estudio ya han sido socializados con la autoridad ambiental territorial (CDMB) y nacional (MAVDT) y han ayudado a documentar la magnitud del problema en la ciudad y los factores relacionados con el mismo en sus diferentes niveles de influencia (individual, residencial y geográfico), información con la cual se tienen más herramientas de apoyo para diseñar e implementar programas o actividades encaminadas a reducir esta afectación.

En relación con el impacto sobre la educación e investigación, el conocimiento de la situación de salud y su relación con el ambiente es una nueva área de estudio e intervención que es necesario empezar a desarrollar con el fin de garantizar algún tipo de sostenibilidad del ambiente con el mínimo deterioro de la salud. En el desarrollo del proyecto se incorporaron como investigadores, profesionales egresados recientemente de postgrados en el área de maestría en epidemiología (Laura Andrea Rodríguez del OSPS) y especialización Ambiental (Juan Carlos Castro de la CDMB), quienes tuvieron la oportunidad por primera vez de coordinar un proyecto de investigación a gran escala, con lo cual el proyecto sirvió como medio para el fortalecimiento del conocimiento y la práctica de una nueva generación de profesionales e investigadores en el área de salud y ambiente. De igual forma se vinculó al proyecto una estudiante de la maestría en Epidemiología de la Universidad Industrial de Santander (Astrid Berena Herrera López), que apoyó tanto la recolección como el análisis de datos y a su vez generó un nuevo protocolo de investigación en relación con el seguimiento de esta línea de trabajo, que fue aprobado para su ejecución y que cuenta con apoyo financiero parcial de la Secretaria de Salud y Ambiente de Bucaramanga.

Adicionalmente, los resultados de este estudio contienen elementos que constituyen insumo fundamental para enfocar y desarrollar la educación en salud y ambiente dirigida a la sociedad que en la actualidad constituye un campo fundamental de la educación.

Como aporte al desarrollo de la ciencia y la tecnología este trabajo permitió el fortalecimiento personal e institucional de los participantes y de la línea de investigación de salud y ambiente, poco desarrollada en la región y que a partir de este proyecto ya puede evidenciar productos de

divulgación nacional e internacional (3 artículos y 6 trabajos en eventos) y el desarrollo de dos nuevas propuestas de investigación (una presentada al MAVDT y otra a nueva convocatoria de Conciencias) que buscan responder nuevas preguntas de investigación que aporten a la comprensión de la relación ambiente-salud con el fin de orientar las recomendaciones a nivel personal y poblacional.

Finalmente los resultados de seguimiento de este estudio también sirvieron para educar en aspectos ambientales y de salud a las comunidades intervenidas y documentar (publicación local) el efecto positivo de la construcción de la infraestructura de transporte masivo Metrolínea, sobre los niveles de contaminación atmosférica en puntos críticos en la ciudad.

10. **Anexos:** Se incluyen 18 anexos como soportes del informe técnico.