

EFECTOS A CORTO PLAZO DE LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE SOBRE LA MORTALIDAD CARDIOPULMONAR EN LA LOCALIDAD DE ENGATIVÁ-BOGOTÁ

Álvarez Soto Jaiver Esteban.
jaiver.alvarez@usantotomas.edu.co
Universidad Santo Tomás

Resumen

Objetivo: Evaluar el efecto a corto plazo de la contaminación del aire en la mortalidad cardiopulmonar de la población de la localidad de Engativá, Bogotá, a través de un enfoque de múltiples contaminantes.

Metodología: En el presente texto se muestra la forma en que se realizó un estudio ecológico de series de tiempo con regresión de Poisson en el período comprendido entre los años de 2009 y 2014 para la localidad de Engativá. Dicho estudio se apoya a partir de la recolección y organización de datos de contaminación atmosférica (CO, SO₂, NO₂, O₃, PM₁₀ y PM_{2.5}) e información meteorológica proporcionada por el Sistema de Vigilancia de Calidad de Aire de Bogotá y datos de la mortalidad por enfermedades cardiopulmonares proporcionados por la Secretaria Distrital de Salud de Bogotá. Es desde aquí donde se establece la relación entre los contaminantes criterios y el incremento de la mortalidad en la población. Ahora bien, para los análisis estadísticos se utilizó el programa *Stata 11.0*.

Resultados: A partir del estudio realizado, se puede argüir cómo la mortalidad a causa de enfermedades cardiopulmonares en la localidad de Engativá es mayor en el grupo etario de personas mayores de 65 años, resaltándose que existe una mayor mortalidad por enfermedades cardiovasculares que respiratorias. Además, el PM₁₀ es el único contaminante que excede su concentración de acuerdo a los límites máximos permisibles establecidos en la Resolución 610 de 2010 emitida por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y en la Guías de la OMS para contaminación atmosférica y el ozono (O₃) mostró las mayores repercusiones en los índices de riesgo en la mayoría de las enfermedades. Por último se encontró una relación entre el riesgo de mortalidad a causa de las diferentes enfermedades abordadas en el grupo de todas las edades con el grupo de los mayores de 65 años; esto debido a un incremento en los niveles de los diferentes contaminantes criterio y su combinación entre ellos, presentándose con mayor efecto en la Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica, el Infarto cerebral y el infarto del miocardio.

Palabras Clave— Contaminación ambiental, enfermedades cardiopulmonares, mortalidad, riesgo.

Abstract

Objective: To evaluate the short-term effect of air pollution on cardiopulmonary mortality in the population of Engativá, Bogotá, through a multi-pollutant approach.

Methodology: an ecological study of time series with Poisson regression was carried out, between the years 2009 and 2014 for the locality of Engativá. The collection and organization of air pollution data (CO, SO₂, NO₂, O₃, PM₁₀ and PM_{2.5}) and meteorological information was provided by the “Sistema de Vigilancia de Calidad de Aire de Bogotá” and data on mortality data from cardiopulmonary diseases were obtained from the “Secretaría Distrital de Salud de Bogotá”, establishing the relationship between criteria pollutants and the increase of mortality in the population. Stata 11.0 was used for statistical analyzes.

Results: The mortality, due to cardiopulmonary diseases in the locality of Engativá, is higher in the age group over 65 years old, highlighting that there is a higher mortality due to cardiovascular than by respiratory diseases. In addition, PM₁₀ is the only pollutant that exceeds its concentration according to the maximum permissible limits established in Resolution 610 of 2010 emitted by “Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible “ and in the WHO Guidelines for atmospheric pollution, and ozone (O₃) showed the greatest impact on the indices of risk in most of the diseases. Finally, a relationship was found between the risk of mortality due to different diseases, in the group of all ages, and in those over 65 years of age; this is the resulting from an increase in the levels of the different criteria pollutants and their combination among them, with greater effect in Chronic Obstructive Pulmonary Disease, cerebral infarction and myocardial infarction.

Key Words— Environmental pollution, cardiopulmonary diseases, mortality, risk.

I. INTRODUCCIÓN

De acuerdo a la Organización Mundial de la Salud (OMS) 6,5 millones de personas mueren anualmente a causa de la contaminación del aire debido a que partículas diminutas como el material particulado (PM₁₀ y PM_{2.5}), el dióxido de azufre y de nitrógeno (SO₂ y NO₂), el ozono troposférico (O₃) y el monóxido de carbono penetran por las vías superiores hasta llegar a pulmones, sangre y órganos. Estos contaminantes son responsables de un tercio aproximadamente de las muertes por accidentes cerebrovasculares, cardíacos y respiratorios (1). El aumento de la población y la urbanización en el mundo pone en riesgo la salud de los seres humanos, dado que cerca del 75% de las personas viven en zonas urbanas (2). Uno de los contaminantes más comunes es el material particulado (PM), el cual es una mezcla heterogénea de partículas sólidas y líquidas en el aire que pueden variar continuamente de tamaño y se emite directamente a la atmósfera producto de la combustión de Diésel y hollín o debido a las transformaciones fisicoquímicas de los gases (3). Este contaminante puede conducir a la aparición de infecciones respiratorias agudas, enfermedades pulmonares obstructivas crónicas, enfermedades cardiovasculares y el cáncer de pulmón (4).

Tomando como ejemplo estudios epidemiológicos realizados alrededor del mundo arrojan los siguientes datos: en New York reportan que por un aumento de 10 µg/m³ de PM_{2.5} se produce un incremento de 2,32% (IC95%: 0,68; 3,94) en la mortalidad general por exposición personal (5). De forma similar sucede en China donde se presentan las concentraciones de emisiones más altas de material particulado en el mundo; se observó que por un aumento de 10 µg/m³ de PM₁₀ se produce un incremento de 0,35% (IC95%:

0,18; 0,52) en la mortalidad general, 0,44% (IC95%: 0,23; 0,64) en la mortalidad cardiovascular y 0,56% (IC95%: 0,31; 0,81) para la mortalidad respiratoria (6). Para la ciudad de Quebec en Canadá por un alza de $21,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de O_3 , se evidenció un incremento de 3,3% (IC95%: 1,7; 5,0) en la mortalidad general, 2,5% (IC95%: 0,2; 5,0) en la mortalidad cardiovascular y 6,6% (IC95%: 1,8; 11,8) en la mortalidad respiratoria (7).

Ahora bien, en Colombia donde la degradación del ambiente causa anualmente pérdidas que ascienden los 5.700 billones de pesos, trayendo a su vez cerca de 5.000 muertes prematuras anualmente; ciudades como Bogotá y el Área Metropolitana del Valle Aburrá representan más del 75% de la mortalidad atribuible por dicha contaminación y surgiendo cada año cerca de 4.700 nuevos casos de bronquitis crónica (8). Por ejemplo el Área Metropolitana de Valle Aburrá donde aproximadamente el 9,2% del total de muertes naturales son atribuibles a la contaminación atmosférica con costos asociados superiores a 1,3 billones de pesos (9). Con base en la evidencia de los efectos de la exposición a la contaminación del aire para la salud, las directrices de calidad del aire de la OMS recomiendan una exposición anual de $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para PM_{10} y una de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para $\text{PM}_{2,5}$ (10).

Si bien, diversas ciudades del territorio colombiano presentan varias problemáticas respecto a la calidad del aire, la ciudad de Bogotá no es la excepción, el diagnóstico del problema actual ha sido sustentado gracias a la implementación de la red de monitoreo de la calidad del aire (RMCAB) desde el año 1997, donde se han medido los siguientes parámetros: dióxido de azufre (SO_2), dióxido de nitrógeno (NO_2), Monóxido de carbono (CO) y Ozono troposférico (O_3) denominados contaminantes criterio o contaminantes de referencia (11). De acuerdo al informe anual de calidad del aire de Bogotá del año 2015, para la estación de “Las Ferias” ubicada en la localidad de Engativá, se observó que los contaminantes con las mayores concentraciones fueron el NO_2 con un promedio anual de $41 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y con respecto al comportamiento de los promedios de 8 horas para O_3 se observó una magnitud de $33 \mu\text{g}/\text{m}^3$, donde los meses con las mayores concentraciones corresponden a febrero, marzo, octubre y noviembre (12). Según la agenda ambiental de la Secretaría Distrital de Ambiente (SDA) para el año 2009, las principales fuentes de contaminación atmosférica son debidas al alto flujo vehicular, seguidas por las actividades comerciales e industriales que generan sus emisiones a través de calderas, hornos y por último la incineración de residuos a cielo abierto (13); todo esto puede llegar a provocar un mayor número de consultas hospitalarias por infecciones agudas como lo reporta el hospital de Engativá, el cual dentro de sus análisis muestra que aproximadamente 12,9% de las consultas es por dichas causas, evidenciando así un aumento en los casos de bronquiolitis y bronquitis agudas de 12,6% (13).

Estudios realizados en la ciudad muestran que por todas las causas en los mayores de 65 años la mortalidad aumenta un 0,57% (IC95%: 0,25; 0,89) por un incremento de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM_{10} (14). Además, se desarrolló un estudio para determinar la distribución de las concentraciones de $\text{PM}_{2,5}$ y su relación con la mortalidad por enfermedades respiratorias y cardiovasculares en Bogotá, donde se logró identificar que la localidad de Kennedy presentó un mayor riesgo por mortalidad cardiopulmonar, registrando un promedio de $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ que incrementan en 1,2% la mortalidad a corto plazo (15). El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto a corto plazo de la contaminación del aire en la mortalidad cardiopulmonar, a través de un enfoque de múltiples contaminantes en la localidad de

Engativá, estableciendo el comportamiento de las concentraciones de los contaminantes criterio del aire, identificando el comportamiento de las enfermedades cardiopulmonares y relacionando el efecto de carácter individual y combinados de los contaminantes del aire sobre la mortalidad cardiopulmonar en la localidad.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

a) Tipo de estudio:

Se realizó un estudio de series de tiempo o series temporales que consiste en el análisis aislado de una variable y su relación entre dos o más de ellas (enfermedad o mortalidad y exposición) (16). Este diseño de estudio es utilizado ampliamente en estudios epidemiológicos sobre contaminación atmosférica, siendo su objetivo medir los cambios a corto plazo en una serie de eventos en salud, seguidas en alteraciones en la exposición (17).

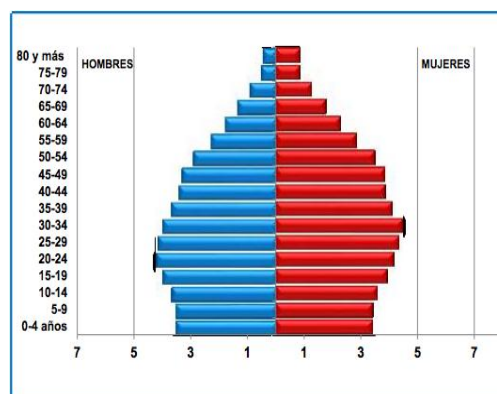
b) Área de estudio:

La localidad de Engativá se encuentra en la zona occidental de la ciudad, con una extensión territorial de 3.588 ha, presenta una temperatura promedio de 13,4°C, la precipitación media anual alcanza los 792,8 milímetros, siendo septiembre, octubre y noviembre los meses más lluviosos, y diciembre, enero y febrero los meses más cálidos, sin que éste comportamiento varíe substancialmente con respecto a las localidades próximas; la humedad relativa alcanza el 80% aproximadamente y la velocidad del viento es de 2.1 m/s (18). La localidad se destaca por el incremento de personas mayores de 65 años y la disminución de menores de 15 años que habitan allí como se pueden observar en la Ilustración 1 y la Gráfica 1, lo cual se puede evidenciar en la pirámide poblacional de los periodos de tiempo de 2005, 2009 y 2015, donde es posible establecer una reducción de la fecundidad en el grupo de 0-4 años y el proceso de envejecimiento acentuado después de los 50 años de edad (19). Dentro de los principales factores de riesgo que están expuestas las personas de la localidad se pueden encontrar: el aumento de la contaminación auditiva y del aire producidas por la industria que utilizan calderas y hornos, el deterioro de vías a causa del tráfico pesado, además de los problemas generados por el comercio de automotores. Esta situación ambiental incide de manera directa en el alto número casos de infecciones respiratorias y otro tipo de enfermedades como cardiovasculares y mentales, afectando a la población residente y la flotante (18).

Tabla 1: Grupos de edad Engativá

Grandes grupos	2005	2009	2015
0-14	24,7	22,7	20,4
14-64	69,1	70,3	70,9
> 64	6,2	7	8,7

Ilustración 1: Pirámide poblacional de Engativá



Fuente: (19)

c) Datos de mortalidad, contaminantes atmosféricos y meteorología:

Los datos diarios de mortalidad fueron suministrados por la Secretaria Distrital de Salud de Bogotá (SDS) para la localidad de Engativá desde el 1 de enero de 2009 hasta el 31 de diciembre de 2014. Las patologías cardiopulmonares se seleccionaron de acuerdo a la clasificación internacional de enfermedades en su décima versión (CIE-10). Para la selección de las enfermedades se consideraron aquellas que se relacionaran con el componente ambiental (20), teniendo en cuenta el estudio de la carga de enfermedad debida al medio ambiente según lo reportado por la OMS (Tabla 2). Después de filtrar las enfermedades de interés por grupo etario (considerando todas las edades y las personas mayores a 65 años), se estimaron los casos de mortalidad diaria y anual de la localidad.

Tabla 2: clasificación de las enfermedades

Código CIE	Enfermedad
I200-I209	Angina de pecho (ANG)
I210-I219	Infarto del miocardio (IM)
I240-I249	Enfermedades isquémicas agudas del corazón (EIAC)
I440-I459 , I470-I509	Disritmias (DR)
I600-I629, I640-I699	Cerebrovascular (CERVAS)
I630-I639	Infarto cerebral (STROKE)
J000-J069	Infecciones agudas de las vías respiratorias superiores (IAVAS)
J100-J119	Influenza (INFLU)
J120-J189	Neumonías (NEUMO)
J200-J229	Bronquitis Bronquiolitis (BRONQ)
J400-J449	Enfermedades pulmonares obstructivas crónicas (EPOC)
J450-J469	Asma (ASMA)

Fuente: (20)

Los registros de los contaminantes criterio del aire y parámetros meteorológicos se obtuvieron de la estación “Las Ferias” dispone de un sistema de vigilancia automatizado ubicado en la Av. Calle 80 N° 69Q – 50 (antigua Calle 81 68 – 50) o en coordenadas geográficas: Latitud: 04°41'26.52" y Longitud: 74°4' 56.94" y con una altura del punto de toma de muestras de 4,0 m y una altura para datos meteorológicos de 10,0 m (21), perteneciente a la RMCAB, la cual suministra datos horarios para los contaminantes PM₁₀, PM_{2.5}, SO₂, NO₂, CO y O₃ además de los parámetros meteorológicos Temperatura, Humedad Relativa y Precipitación. Se calcularon promedios 24 horas para PM₁₀ y PM_{2.5} y su relación (PM_{2.5}/PM₁₀), promedio de 8 horas para O₃, para NO₂ y SO₂ se obtuvieron promedios de 24 horas y máximo horario y máximo promedio 3 horas respectivamente y por último para el CO se calculó promedio 8 horas y su máximo horario, debido a que los datos de los contaminantes fueron tomados de manera horario para observar si cumplía con el criterio de suficiencia; para los parámetros meteorológicos se estimaron promedios 24 horas y acumulado diario para la precipitación, además se calcularon los estadísticos descriptivos de media, desviación estándar, valores máximos y mínimos, percentiles (25 y 75) y el rango intercuartil, durante el periodo de estudio correspondiente entre el año 2008 y 2014 con el fin de observar su comportamiento. Todos los cálculos mencionados anteriormente se realizaron teniendo en cuenta un criterio de suficiencia del 75% de los

datos para minimizar los errores en la estimación en el efecto de los contaminantes en la mortalidad (14). Los promedios diarios obtenidos fueron comparados con los estándares de la legislación Colombiana en la resolución 610 de 2010 (22) y las guías de la OMS (23).

d) Análisis estadístico:

Para estudiar los efectos de la contaminación atmosféricos sobre las enfermedades cardiovasculares y respiratorias de la población de estudio, se utilizó el modelo de regresión de Poisson dado que es el modelo de referencia de variables de recuento en estudios epidemiológicos, que resulta adecuado a la hora de modelar valores no negativos y datos donde la frecuencia de ocurrencia de los eventos es baja (24). De esta forma, una variable tipo Poisson consiste en el número de veces que un acontecimiento ocurre en un tiempo, espacio y población definida (25). La integración de las variables se realizó por medio del paquete estadístico STATA, diseñada para el análisis descriptivo de datos y la implementación de diferentes técnicas de estimación (26). Se evaluó el efecto conjunto de los contaminantes atmosféricos utilizando combinaciones de contaminantes criterio con un modelo multi-contaminante lineal generalizado de Poisson de series de tiempo ajustado por variables meteorológicas (27). Y a su vez poder mirar los efectos diferidos hasta cinco días de retraso (Lag 0-5) de las concentraciones de los contaminantes. Para el análisis del efecto sobre la mortalidad se realizó un análisis individual por cada enfermedad y uno general que incluía todas como una aproximación al efecto global sobre las enfermedades (28), para tener una mayor exactitud en los riesgos que se calcularon se determinaron los factores de inflación de la varianza (FIV) que calculan en qué medida la varianza de los coeficientes de regresión estimados han sido exageradas, en comparación con un contexto en el que las variables predictivas no están linealmente relacionadas, la cual usa las siguientes directrices para su interpretación como se pueden evidenciar en la tabla 3 (29).

Tabla 3: directrices para interpretar FIV

FIV	Estado de los predictores
FIV = 1	No correlacionados
$1 < FIV < 5$	Moderadamente correlacionados
$FIV > 5$ a 10	Altamente correlacionados

Fuente: (29)

Además se utilizó el criterio de información akaike (AIC), que tiene en cuenta los cambios en la bondad del ajuste y las diferencias en el número de parámetros entre dos modelos. Por lo general los mejores modelos son aquellos que presentaron el menor valor. Y se empleó el criterio de información bayesiano (BIC), que es calculado como una función de la bondad de ajuste para el número de parámetros y el número total de datos, de igual forma que el AIC el modelo con el más bajo valor pueden considerarse como los que mejor explican los datos con el mínimo número de parámetros (30) Al realizar todos los análisis estadísticos correspondientes es posible estimar el porcentaje de riesgo de cada contaminante sobre los eventos en salud de interés del proyecto a través de intervalos de confianza (IC) que permiten describir la variabilidad entre la media obtenida de un estudio y la medida real de la población (valor real) (31) Para reducir el porcentaje de error en el estudio se ha

establecido trabajar con un intervalo de confianza del 95% que nos indica que dentro del rango dado se encuentra el valor real de un parámetro con 95% de certeza. Al comparar dos grupos de un estudio podemos demostrar que no existe diferencia entre ambos (hipótesis nula) o que si hay (hipótesis alternativa), los valores mayores al valor nulo o 0 indican que el valor es significativo, pero si es menor pierde su significancia (32).

III. RESULTADOS

Dentro de las defunciones que se registraron durante el periodo de estudio se evidenció un total de 13.382 muertes desde el año 2009 al 2014 de personas que se encontraban viviendo en la localidad, donde un 27% de estas defunciones correspondieron a causas cardiopulmonares (18% para enfermedades cardiovasculares y 9% para respiratorias) (Ilustración 2), las cuales representan un total de 4.866 muertes; de estas el 67% corresponden a enfermedades cardiovasculares y el 33% a respiratorias. La mayoría de muertes se observó en las personas mayores a 65 años, registrando un máximo de 7 muertes diarias por enfermedades cardiopulmonares (87,7% del total). En la Tabla 4 se puede apreciar el comportamiento de la mortalidad con algunos eventos específicos durante el periodo de estudio.

Ilustración 2: Porcentaje de muertes durante 2009-2014

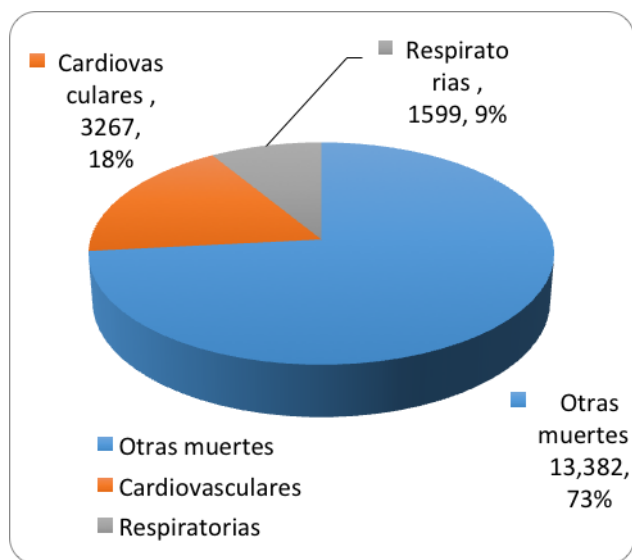


Tabla 4: Comportamiento de la mortalidad de la localidad de Engativá 2009- 2014

Mortalidad	Observaciones	Media	D.E	Maximo	Minimo
CP Total	4866	2.21	1.50	8	0
CP > 65 años	3681	1.68	1.30	7	0
CV Total	3267	1.49	1.24	7	0
CV > 65 años	2460	1.12	1.08	6	0
RP Total	1599	0.73	0.84	5	0
RP > 65 años	1221	0.56	0.72	4	0
IAM Total	1536	0.70	0.84	5	0
IAM > 65 años	1181	0.54	0.73	5	0
DR Total	948	0.43	0.67	3	0
DR > 65 años	774	0.35	0.61	3	0
CRB Total	783	0.36	0.60	3	0
CRB > 65 años	505	0.23	0.48	3	0
LRI Total	1017	0.46	0.69	4	0
LRI > 65 años	278	0.13	0.36	3	0
EPOC Total	576	0.26	0.51	4	0
EPOC > 65 años	540	0.25	0.49	4	0

CP: Cardiopulmonar; CV: Cardiovascular; RP: Respiratoria; IAM: Infarto Agudo del Miocardio; DR: Disrimias; CRB: Cerebrovascular; LRI: Infección Respiratoria de las vías áreas inferiores; EPOC: Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica; D.E: Desviación Estándar.

Fuente: Autor

Tomando como referencia los valores guía sugeridos por la OMS (33) y los valores norma de la resolución 610 de 2010 (22), se observó que el material particulado en sus dos presentaciones (PM₁₀ y PM_{2.5}) exceden los valores máximos permisible anual de 20 µg/m³

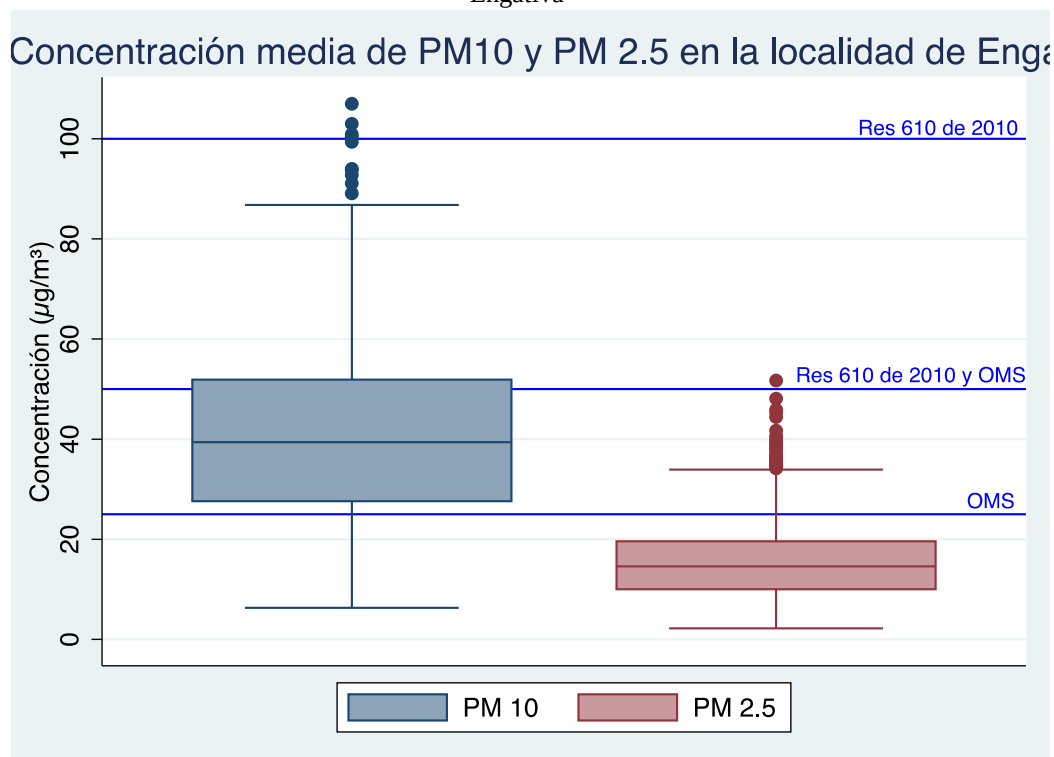
con un valor promedio de 40,40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para el PM_{10} y el valor anual de $\text{PM}_{2.5}$ de 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ registrando un valor promedio de 15,72 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Ilustración 3). Los contaminantes restantes no excedieron los valores fijados por la norma. En la tabla 5 es posible observar el comportamiento de los contaminantes durante el periodo de estudio, donde cabe destacar que se contó con la mayoría de los datos, como se puede observar en la columna de porcentaje de datos disponibles, donde los contaminantes como el PM_{10} , $\text{PM}_{2.5}$, CO y O_3 obtuvieron un porcentaje mayor al 70%, pero los contaminantes como el NO_2 y el SO_2 fue inferior.

Tabla 5: Comportamiento de los contaminantes en la localidad de Engativá 2009-2014

Contaminante o parametro	Observaciones	Media	D.E	Máximo	Mínimo	P25	P75	Rango Interquartil	% datos disponibles
PM10 (24h)	2039	40.40	17.06	107.00	6.32	27.60	51.90	24.06	93.06
PM2.5 (24h)	1555	15.73	7.15	51.68	2.23	10.00	19.60	9.61	70.97
Ozono (Maximo 8h)	1919	23.84	9.36	73.95	2.67	17.60	28.60	11.00	87.59
Ozono (Maximo Hora)	1888	28.84	15.75	99.40	0.33	19.50	36.60	17.10	86.17
NO2 (24h)	1363	19.40	8.20	49.29	3.40	13.00	24.80	11.79	62.21
NO2 (Maximo Horario)	1450	30.27	15.54	87.80	1.00	19.50	39.70	20.20	66.18
CO (Maximo 8h)	1951	1.20	0.56	4.81	0.16	17.50	28.50	11.00	89.05
CO (Maximo Hora)	1957	1.75	0.83	8.60	0.10	1.20	2.10	0.90	89.32
SO2 (24h)	1438	1.60	0.85	7.04	0.26	1.00	2.00	0.96	65.63
SO2 (Maximo 3h)	1484	2.91	1.96	16.43	0.33	1.60	3.60	2.05	67.73
Temperatura (24h)	2091	14.03	0.77	16.49	10.35	13.50	14.50	0.97	95.44
Humedad Relativa (24h)	2091	64.60	6.03	82.54	40.54	60.40	69.00	8.67	95.44

Fuente: Autor

Ilustración 3: Diagramas de las concentraciones medias y máximas de los contaminantes en la localidad de Engativá

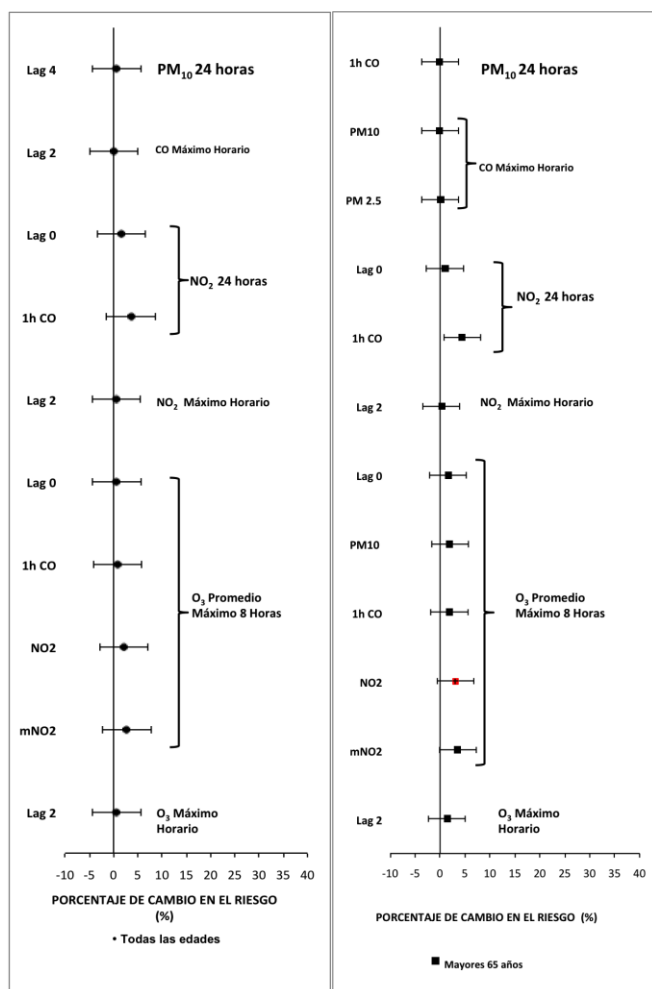


Fuente: Autor

Porcentaje de cambio en el riesgo de la mortalidad

Con respecto al cambio del porcentaje de riesgo por enfermedades cardiopulmonares, se observó que para todas las edades un aumento del riesgo de 3,62% (IC95%:-1,49%; 9%) por un incremento de 5 ppb, (el cual es valor equivalente a un aumento de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$) en la concentración media diaria de NO_2 combinado con el valor máximo horario de CO; también se evidenció un aumento de 2,15% (IC95%:-1,10%; 5,51%) y 2,77% (IC95%:-0,19%;5,83%) cuando existe un incremento de 5 ppb en el valor máximo 8 horas de O_3 al combinarse con la concentración media de NO_2 y su máximo horario respectivamente. Para el grupo etario mayor de 65 años se encontró un valor estadísticamente significativo en el aumento del riesgo de 3,58%(IC95%: 0,15%;7,18%) por un incremento de 5 ppb en el valor máximo 8 horas de O_3 combinado con el máximo horario de NO_2 , además se destacaron varios valores donde aumentaba el riesgo de 4,42% (IC95%:-1,53%;10,74%) por un aumento de 5 ppb de la concentración máxima en 24 horas de NO_2 combinado con la concentración máxima horaria de CO; los cambios en el porcentaje del riesgo se pueden observar en la ilustración 4.

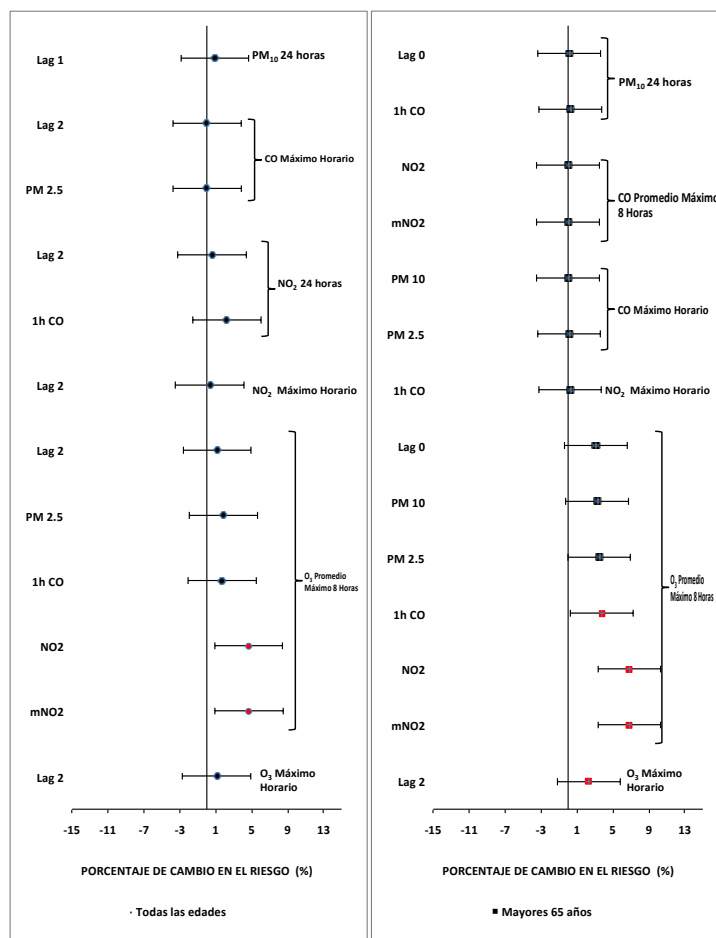
Ilustración 4: Porcentaje de cambio del riesgo en la mortalidad cardiopulmonar en la localidad de Engativá 2009-2014



Fuente: Autor

Para las defunciones por enfermedades cardiovasculares se observó un aumento en el porcentaje del riesgo, para todas las edades se evidenció un aumento del riesgo por carácter individual de 1,14% (IC95%:-1,71%;4,09) por un incremento de 5 ppb en el valor máximo 8 horas de O₃ dos días anteriores al deceso (Lag 2), 1,09% (IC95%:-0,45%;2,65%) por un incremento de 5 ppb en el valor máximo horario de O₃ y al observar las combinaciones se encontró una alza en el riesgo de 4,69% (IC95%: 1,05%;8,48%) y 4,63% (IC95%: 0,63%;8,81%) por el incremento de 5 ppb en el valor promedio máximo 8 horas de O₃ combinado con la concentración máxima en 24 horas y en concentración máxima horaria de NO₂ respectivamente. Sin embargo para la población mayor a 65 años se evidenció un mayor efecto de los contaminantes sobre la mortalidad, destacando el aumento del riesgo por un incremento de 5 ppb en el valor promedio máximo 8 horas de O₃ al combinarse con la concentración máxima horaria y promedio 24 horas de NO₂ observando los siguientes efectos 6,79% (IC95%: 2,53%;11,23%), y 6,79% (IC95%:2,09%;11,70%) respectivamente y al combinarse con la concentración máxima horaria de CO se observó un aumento en el riesgo de 3,75% (IC95%: 0,24%;7,39%), siendo estos resultados estadísticamente significativos; de carácter individual se presentaron riesgo por el aumento de 5 ppb en el valor promedio máximo 8 horas de O₃ en el Lag 0 de 3,10% (IC95%:-0,23%; 6,55%) y en su valor máximo horario de 2,30% (IC95%:0,49%; 4,15%) en el Lag 2 (Ilustración 5).

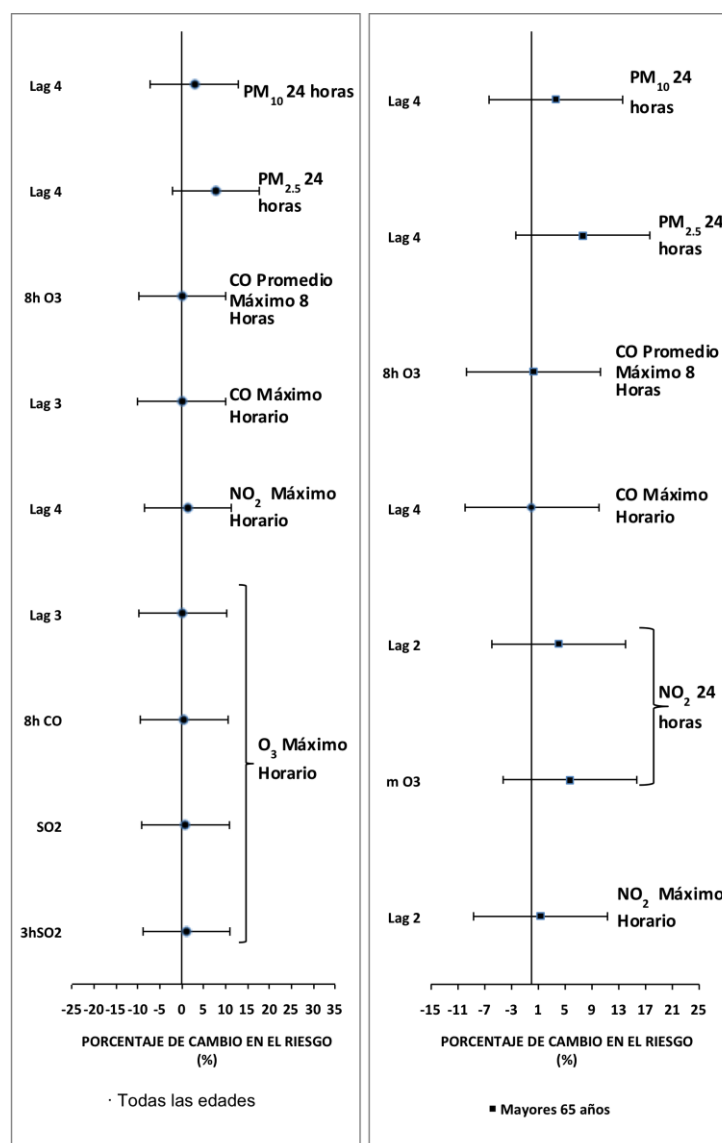
Ilustración 5: Porcentaje de cambio de riesgo de la mortalidad cardiovascular en la localidad de Engativá 2009-2014.



Fuente: Autor

En cuanto a las enfermedades respiratorias los hallazgos de mayor relevancia se evidenciaron por un aumento de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de material particulado en sus dos presentaciones (PM_{10} y $\text{PM}_{2.5}$) en sus concentraciones medias, incrementando el riesgo en 7,79% (IC95%: -4,37; 21,5%) para $\text{PM}_{2.5}$ en el Lag 4 y de la misma manera el PM_{10} al aumentar 2,90% (IC95%: -1,92%; 7,96%) el porcentaje de riesgo. Para las personas mayores de 65 años se apreció un comportamiento similar para el $\text{PM}_{2.5}$ donde se observó un aumento de 7,72% (IC95%: -6,3%; 23,85%) en el riesgo en el Lag 4 y 3,59% (IC95%: -1,97%; 9,46%) para PM_{10} en el mismo tiempo de retraso (Ilustración 6), donde ninguno de los resultados fue estadísticamente significativo.

Ilustración 4: Porcentaje de cambio de riesgo de la mortalidad respiratoria en la localidad de Engativá 2009-2014



Fuente: Autor

En lo concerniente a eventos específicos relacionados con enfermedades cardiovasculares se observaron porcentaje de cambio en el riesgo que fueron estadísticamente significativos; para las disritmias se encontró que por un aumento de 5 ppb en el valor máximo en 8 horas de O₃ se incrementa el porcentaje de riesgo en 7,90% (IC95%: 0,87%; 15,43%) al combinarse con la concentración máxima diaria de NO₂ para todas las edades y 9,45% (IC95%: 1,47%;18,07%) para las personas mayores a 65 años y 9,83% (IC95%: 1,14%; 19,26%) por un aumento de 5 ppb en el valor máximo en 8 horas de O₃ al combinarse con la concentración media de NO₂. Para el infarto del miocardio (IM) del mismo modo por un aumento del mismo contaminante combinado con la concentración máxima diaria de NO₂ se observó un incremento en el riesgo de 5,54% (IC95%: 0,23%;11,13%) para todas las edades y 6,06% (IC95%: 0,06%; 12,46%) para las personas mayores a 65 años.

Para la mortalidad por enfermedades cerebrovasculares se observó un aumento de 9,78% (IC95%: 1,14%; 19,17%) para las personas mayores a 65 años por un incremento de 10 µg/m³ en la concentración media de PM₁₀ en el Lag 0, mientras para la mortalidad de las enfermedad de infarto cerebral (STROKE) se evidenció un aumento de 0,78% (IC95%: 0,16%; 1,42%) por un incremento de 0,01 ppm en la concentración máxima horaria de CO en el Lag 2.

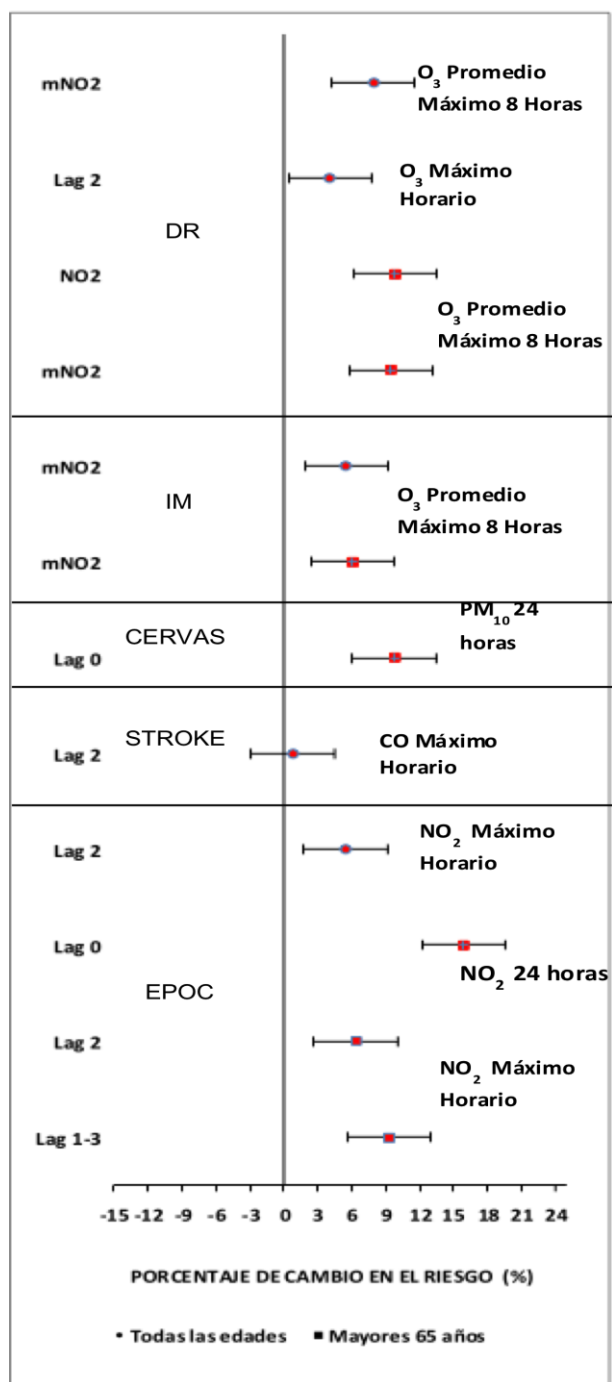
Dentro de la mortalidad por causas respiratorias para las enfermedades pulmonares obstructivas crónicas (EPOC) se encontró que por un aumento de 5 ppb en la concentración máxima horaria de NO₂ se observó un riesgo de 9,31% (IC95%: 1,22%; 18,04%) tomando como periodo de exposición el promedio de los 3 días anteriores al evento (Lag 1-3), 6,38% (IC95%: 0,96%; 12,08%) en el Lag 2, además un aumento del 15,87% (IC 95%, 0,38%, 33,75%) por una alza en la concentración media de NO₂ en el Lag 0 (Ilustración 7). En la Tabla 6 se observan otros porcentajes de cambio en el porcentaje de riesgo con el CO en periodos de exposición del máximo horario y el promedio máximo ocho horas, que aunque exhibieron menores valores, fueron estadísticamente significativos.

Tabla 6: Porcentaje de cambio de riesgo de la mortalidad por evento específico

Enfermedad	Contaminante	Lag o combinación con contaminante	R.R	D.E	ICI	ICS	%CR
DR	co 8h	mNO2	1.00015	6.88E-05	1.000015	1.000285	0.0285
DR +65	co 8h	NO2	1.000187	8.42E-05	1.000022	1.0004	0.0352
DR +66	co 8h	mNO2	1.00018	7.74E-05	1.000028	1.000332	0.0332
IAM	co 8h	mNO2	1.000107	5.27E-05	1.0000040	1.00021	0.021
IAM + 65	co 8h	mNO2	1.000118	5.96E-05	1.000001	1.000235	0.0235
CRB +65	CO max	0	1.001977	0.000982	1.000054	1.003903	0.3903
CRB +65	CO max	8h O3	1.002092	0.001041	1.000054	1.004133	0.4133
CRB +65	CO max	m O3	1.002057	0.001039	1.000023	1.004096	0.4096
LRI + 65	CO max	4	1.001787	0.0008	1.000135	1.003443	0.3443

RR.: Riesgo relativo; DE: Desviación estándar; ICI: Intervalo de confianza límite inferior; ICS: Intervalo de confianza límite superior; %CR: Porcentaje del cambio del riesgo

Ilustración 5: Porcentaje de cambio de riesgo de la mortalidad por evento específico en la localidad de Engativá 2009-2014



Fuente: Autor

IV. DISCUSIÓN

La calidad del aire de Bogotá es muy variable, debido a que existen zonas donde los niveles de contaminación están por debajo de los límites permisibles. Pero hay otras que tienen concentraciones bastante altas de partículas contaminantes, como por ejemplo la zona suroccidental de la ciudad en las estaciones de Carvajal y Kennedy, donde sus niveles de

concentración están alrededor de 70 u 80 microgramos (34). Es por ello cada vez crece la preocupación de los habitantes por estar expuestos a los diversos contaminantes que los rodean; el Ministerio de Salud y Protección Social ha evidenciado por medio de la “Evaluación del índice de calidad del aire (ICA)” que el material particulado potencia efectos adversos sobre la salud de las personas (35).

El presente estudio encontró que por un aumento de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en la concentración media diaria de PM_{10} y $\text{PM}_{2.5}$ aumenta el riesgo de morir por enfermedades respiratorias para todas las edades en un 2,90% (IC95%: -1,92%; 7,96%) y 7,79% (IC95%: -4,37;21,5%) respectivamente de manera que logro identificar una asociación entre los contaminantes y la mortalidad por enfermedades respiratorias, siendo esto confirmado por un estudio realizado por Elena López en el año 2010 en las ciudades de Santa Cruz de Tenerife y Las Palmas de Gran Canaria donde un aumento de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en el promedio diario de PM_{10} incremento la mortalidad respiratoria en 4,8% (IC95%: 1,1%; 8,8%) en el Lag 2. (36). Del mismo modo Samoli en el año 2013 resalta que un aumento de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en la concentración media de $\text{PM}_{2.5}$ se asocia con un incremento en la mortalidad por todas las causas de 0,55% (IC95%: 0,27%; 0,84%) y de 1,91% (IC95%: 0,71%; 3,12%) en la mortalidad respiratoria (37).

A su vez el presente trabajo estableció que por un incremento de 5 ppb en el máximo horario y en el promedio máximo 8 horas de O_3 al combinarse con NO_2 generan un riesgo de morir por enfermedades cardiopulmonares de 3,58% (IC95%:0,15%;7,18%), lo cual puede cerciorarse por varios estudios realizados en los Estados Unidos, donde uno de ellos encontró una fuerte asociación del O_3 con los gases NO_2 y SO_2 (38); otras investigaciones muestran que un aumento de 10 ppb en la concentración máxima de O_3 puede amplificar en 0.93% (IC95%:-0.87%;2.76%) y 0.76% (IC95%:-1.92%;3.52%) la mortalidad por enfermedades cardiovasculares y respiratorias (39). En la ciudad de Bogotá, se realizó un estudio en la localidad de Fontibón que obtuvo un resultado similar, revelando un aumento de la mortalidad cardiopulmonar en el grupo de todas las edades del 7,87% (IC95%:-6,76%; 24,81%) por un incremento de 10 ppb en la concentración promedio de O_3 máximo 8 horas combinado con NO_2 24 horas y un riesgo del 4,70% (IC95:-5,86%; 16,47%) cuando aumenta en 10 ppb el máximo horario de O_3 y se une con el NO_2 máximo horario (40). Al mismo tiempo la localidad de Tunjuelito que se encuentra contaminada por emisiones derivadas de procesos de curtido de cueros, combustión de baterías, fundición de metales y la quema de basuras (41), se identificó un incremento en la mortalidad por enfermedades cardiovasculares para todas las edades de 11,85% (IC95%: -6,31%;33,5%) por una alza de $13,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en el promedio diario de $\text{PM}_{2.5}$ y 11,56% (IC95%: -6,95%,33,7%) por un incremento de 10,6 ppb en el promedio máximo 8 horas de O_3 (42). Esto a su vez puede comprobarse en el estudio de Patricia Romero realizado durante el año 2013, el cual relaciona los riesgos para la salud asociados con la contaminación del atmosférica y las temperaturas extremas en tres ciudades de América Latina (Bogotá, Colombia, Ciudad de México, México, y Santiago, Chile) donde los resultados arrojaron que por un aumento de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en el concentración promedio de PM_{10} se puede distinguir

un incremento en el riesgo relativo de 0,1%, 0,1 y 1,2% en Bogotá, Ciudad de México, y Santiago respectivamente, para la mortalidad por enfermedades cardiovasculares, además de llevar a un incremento en el riesgo de la mortalidad respiratoria de 0.5%, 16.4% y 1.4% respectivamente en las tres ciudades (43).

El presente estudio registro un aumento en el riesgo del 7,90% para todas las edades por un incremento en el valor máximo en 8 horas de O₃ al combinarse con la concentración máxima diaria de NO₂ para la mortalidad por disritmias y por la misma combinación de contaminantes se observó un aumento en el riesgo del 5,54% para todas las edades y 6,06 para las personas mayores a 65 años para la mortalidad por infarto del miocardio; lo evidenciado puede constatarse en un estudio realizado en Boston (Massachusetts) entre mediados de 1995 y 1999 que encontró una asociación con el aumento en la concentración máxima horaria de O₃ y la mortalidad por disritmias del 1,22% (IC95%: 1,01%;1,49%) (44), además de un estudio transversal realizado entre 2012 y 2013 en Isfahán donde se observó que un aumento en el valor máximo de O₃ incrementa la mortalidad por infarto del miocardio en 1,1% (IC95%: 1,03%; 1,30%) (45).

Finalmente, este trabajo encontró aumentos significativos en el riesgo para las enfermedades cerebrovasculares como las enfermedades de infarto cerebral (STROKE) que presentó un incremento de 0,78% por una alza de 0,01 ppm en la concentración máxima horaria de CO; esto se ratifica en el estudio de Maheswaran que encontró un aumento en el riesgo por enfermedades de infarto cerebral de 1,16% (IC95%: 1,01%; 1,35%) por un aumento en la concentración máxima horaria de CO en el Lag 1 (46).

Dentro de las posibles fuentes de contaminación que podrían contribuir con la presencia de las enfermedades cardiovasculares y respiratorias en la comunidad de la localidad de Engativá se pueden citar la inadecuada disposición de residuos sólidos y escombros, la débil organización de la comunidad frente al cuidado del entorno, la proliferación de fábricas e industrias (aserríos, bodegas de madera, talleres de ebanistería y talleres tecno mecánicos) las cuales generan altos niveles de contaminación ambiental por partículas suspendidas y emisiones de gases (47), además los vertimientos a los cuerpos de agua y la acumulación de aguas negras generan olores ofensivos y la multiplicación de roedores e insectos que influyen en un alto número de infecciones respiratorias y de parasitismo intestinal (47).

Dentro de las fortalezas del estudio se pueden citar: 1. Es el primer estudio de este tipo que se realiza en la localidad lo cual puede brindar un apoyo a las entidades de salud y ambiente para tomar medidas que promuevan la calidad de vida de las personas a través de la disminución de las emisiones, dado que la OMS estima que cerca 3 millones de defunciones prematuras podrían evitarse al disminuir la cantidad de contaminantes aéreos en las ciudades y las zonas rurales (33) 2. El hecho de contar con la mayoría de los datos de los contaminantes y las variables meteorológicas reduce en gran proporción el margen de error, además del intervalo de confianza que se utilizó durante la investigación equivalente

al 95% 3. Una de las grandes ventajas que tiene el estudio es que realiza un análisis multi-contaminante que permite observar una relación más clara de los efectos de los contaminantes atmosféricos con relación a las variables atmosféricas.

En cuanto a las limitaciones cabe resaltar: 1. A pesar de que la localidad cuenta con dos estaciones de monitoreo de calidad del aire fijas (Bolivia y Las Ferias), la estación de monitoreo de Bolivia no presentó datos en la mayoría del periodo de estudio, lo cual limitó el análisis a una sola estación que representa a toda la localidad, además que esta puede presentar algunas dificultades de continuidad (estaciones que han tenido que cambiar de ubicación, interrupciones debidas a fallas de operación, mantenimiento, alimentación eléctrica o caídas en la transferencia de datos). 2. Uno de los problemas más grandes es la falacia ecológica, que se basa en hacer inferencias individuales a partir de estudios de grupo (48). Cabe destacar que gran parte de la población no se encuentra en sus residencias en todo momento, por lo que no están expuestas totalmente a las concentraciones de los contaminantes debido a que se deben desplazar a lo largo de la ciudad por sus respectivos trabajos. Por lo que pueden representar una sobreestimación a la hora de realizar las estimaciones de los posibles riesgos que se están expuestos.

Los resultados obtenidos permiten establecer que los contaminantes del aire se encuentran asociados con la mortalidad por enfermedades cardiovasculares y respiratorias en la localidad de Engativá y la población más vulnerable son las personas mayores a 65 años, grupo poblacional donde se observaron los valores de riesgo más altos y significativos. Esta información es de gran utilidad para la Secretaria Distrital de Ambiente y la Secretaria de Salud para el fortalecimiento de su capacidad operativa, técnica y jurídica, a través de la realización de campañas y eventos que promuevan la conciencia ambiental en cuanto a la reducción de emisiones de gases, no solamente en el carácter industrial sino realizando control de las fuentes móviles a través de operativos en las vías verificando los requerimientos ambientales. De esta forma con el conocimiento adquirido se puede lograr una mayor conciencia en la toma de decisiones de los sectores de la economía (transporte, energía, industria, desarrollo urbano) considerando el uso de tecnologías alternativas que mejoren la calidad del medio ambiente y de paso la de las personas.

V. BIBLIOGRAFÍA

1. breathelife. Salud y impactos del clima. [Online].; 2016 [cited 2017 03 08. Available from: HYPERLINK "<http://breathelife2030.org/the-issue/health-and-climate-impacts>" <http://breathelife2030.org/the-issue/health-and-climate-impacts> .
2. Khreis H. The health impacts of traffic-related exposures in urban areas: Understanding real effects, underlying driving forces and co-producing future directions. Leeds;; 2016.
3. Robert D BB. Air Pollution and Cardiovascular Disease. Dallas;; 2004.
4. Chen R. Beyond PM2.5: The role of ultrafine particles on adverse health effects of air pollution. Beijing;; 2016.
5. H. H. Time series analysis of personal exposure to ambient air pollution and mortality

- using an exposure simulator. New York;; 2012.
6. Chen R. Association of Particulate Air Pollution With Daily MortalityThe China Air Pollution and Health Effects Study. Shanghai;; 2012.
7. S. M. Associations between Daily Cause-specific Mortality and Concentrations of Ground-level Ozone in Montreal, Quebec. Quebec;; 2014.
8. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Diagnóstico Nacional de Salud Ambiental. Bogotá;; 2012.
9. Convenio Marco 529. Estrategias ambientales integradas. ANVA;; 2012.
- 10 PAHO. Ambient Air Pollution. [Online].; 2017 [cited 2017 03 08. Available from:
 . HYPERLINK
 "http://www.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=12918%3A2017-ambient-air-pollution&catid=2619%3Aenvironmental-health&Itemid=42247(=en. "
 http://www.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=12918%3A2017-ambient-air-pollution&catid=2619%3Aenvironmental-health&Itemid=42247(=en.
 .
- 11 Gaitán M. Análisis del estado de la calidad del aire en Bogotá. Bogotá;; 2007.
 .
- 12 Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá. Informe anual de calidad del aire de Bogotá. Bogotá;; 2016.
 .
- 13 Secretaria Distrital de Salud. DIAGNÓSTICO LOCAL EN SALUD CON PARTICIPACIÓN SOCIAL. Bogotá;; 2010.
 .
- 14 Blanco LC. Effect of particulate matter less than 10µm (PM10) on mortality in Bogota, Colombia: a time-series analysis, 1998-2006. Bogotá;; 2014.
 .
- 15 L. RC. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LAS CONCENTRACIONES DE PM2.5 Y SU RELACIÓN CON LA MORTALIDAD CARDIOPULMONAR EN BOGOTÁ, COLOMBIA. Bogotá;; 2017.
- 16 M. S. MÉTODOS DE SERIES TEMPORALES EN LOS ESTUDIOS EPIDEMIOLÓGICOS SOBRE CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA. Montelivi;; 1999.
- 17 Dean B. Environmental Epidemiology. Study and application. Oxford;; 2008.
 .
- 18 Alcaldía Mayor de Bogotá. Diagnostico Local con Participación Social 2009-2010. Bogotá;; 2009.
 .
- 19 Secretaría distrital de planeación. Conociendo: La localidad de Engativa. Bogotá;; 2009.
 .
- 20 OMS. PREVENTING DISEASE THROUGH HEALTHY ENVIRONMENTS.. Villars-sous-Yens;; 2016.
- 21 Alcaldía Mayor de Bogotá. INFORME ANUAL CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ. Bogotá;; 2013.
- 22 MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL.

- . RESOLUCIÓN NÚMERO (610). Bogotá; 2010.
- 23 EPA. Criteria Air Pollutants. [Online].; 2017 [cited 2017 05 30. Available from:
. HYPERLINK "<https://www.epa.gov/criteria-air-pollutants>"
<https://www.epa.gov/criteria-air-pollutants> .
- 24 Arboccó. Modelo de regresión Poisson para el análisis de datos con respuestas en forma
. de conteos. Lima; 2005.
- 25 Diaz Quijano. Regresiones aplicadas al estudio de eventos discretos en epidemiología.
. São Paulo; 2016.
26. Martinez I. Introducción al Stata Comandos Básicos. [Online]. Madrid; 2010
[cited 2018 01 30. Available from: HYPERLINK
"<https://isaacmartinez.files.wordpress.com/2010/04/introduccion-al-stata1.pdf>"
<https://isaacmartinez.files.wordpress.com/2010/04/introduccion-al-stata1.pdf>
- 27 Winquist A. Joint Effects of Ambient Air Pollutants on Pediatric Asthma Emergency
. Department Visits in Atlanta, 1998–2004. Atlanta; 2014.
- 28 S. S. Sensitivity analysis and external adjustment for unmeasured confounders in
. epidemiologic database studies of therapeutics. Boston; 2006.
- 29 Akinwande MO. Variance Inflation Factor: As a Condition for the Inclusion of
. Suppressor Variable(s) in Regression Analysis. Zaria: Ahmadu Bello University,
Mathematics; 2015.
- 30 Posada S. Comparación de modelos matemáticos: una aplicación en la evaluación de
. alimentos para animales. Medellín; 2007.
- 31 Candia R. Intervalos de Confianza. Santiago de Chile; 2005.
- .
- 32 Whitley E. Statistics review 3: Hypothesis testing and P values. London; 2002.
- .
- 33 WHO. Ambient (outdoor) air quality and health. [Online].; 2016 [cited 2017 05 30.
. Available from: HYPERLINK "<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs313/en/>"
<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs313/en/> .
- 34 Semana. ¿Qué tan mala es la calidad del aire de Bogotá? [Online].; 2017 [cited 2018 01
. 30. Available from: HYPERLINK "<http://www.semana.com/nacion/articulo/calidad-del-aire-en-bogota-personeria-denuncia-buses-de-transmilenio/534677>"
<http://www.semana.com/nacion/articulo/calidad-del-aire-en-bogota-personeria-denuncia-buses-de-transmilenio/534677> .
- 35 Hospital de Engativá. ATLAS DE SALUD PÚBLICA 2015 LOCALIDAD
. ENGATIVÁ.. Bogotá; 2015.
- 36 Lopez E. Air pollution and mortality in the Canary Islands: a time-series analysis. Islas
. Canarias; 2010.
- 37 Samoli E. Associations between Fine and Coarse Particles and Mortality in
. Mediterranean Cities: Results from the MED-PARTICLES Project. Research. 2013
Agosto; 121(8).
- 38 Suresh H. Moolgavkar. Time-Series Analyses of Air Pollution and Mortality in the
. United States: A Subsampling Approach. Washington; 2013.

- 39 Rodopoulou S. Air pollution and cardiovascular and respiratory emergency visits in . Central Arkansas: A time-series analysis. Arkansas;; 2015.
- 40 Buitrago Ocampo C. Evaluación De Los Efectos A Corto Plazo De Los Contaminantes . Criterio Del Aire Sobre La Mortalidad Cardiopulmonar En La Localidad De Fontibón-Bogotá. Bogotá: Universidad Santo Tomás ; 2017.
- 41 ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. AGENDA AMBIENTAL LOCALIDAD 6 . Tunjuelito.. Bogotá;; 2009.
- 42 Diaz KAG. EFECTOS A CORTO PLAZO DE LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE . SOBRE LA MORTALIDAD CARDIOPULMONAR EN LA LOCALIDAD DE TUNJUELITO. Bogotá: Universidad Santo Tomas; 2017.
- 43 Romero P. Exploration of health risks related to air pollution and temperature in three . Latin American cities. Social Science & Medicine. 2013 April; 83: p. 110-118.
- 44 Rich D. Association of Short-term Ambient Air Pollution Concentrations and . Ventricular Arrhythmias. American Journal of Epidemiology. 2005 June; 161(12): p. 1123-1132.
- 45 Sadeghi M. Modeling of the relationship between the environmental air pollution, . clinical risk factors, and hospital mortality due to myocardial infarction in Isfahan, Iran. Journal of Research in Medicla Sciences. 2015 August; 20(8): p. 757-762.
- 46 Maheswaran R. Air Pollution and Subtypes, Severity and Vulnerability to Ischemic . Stroke—A Population Based Case-Crossover Study. PLoS One. 2016 June 30; 11(6).
- 47 Secretaria distrital de integración social. LECTURAS DE REALIDADES MESAS DE . GESTIÓN SOCIAL INTEGRAL Y CALIDAD DE VIDA. Bogotá;; 2011.
- 48 Borja-Aburto VH. Estudios ecológicos. salud pública de méxico. 2000 Nov; 42(6).