



Efectos de la contaminación del aire sobre la mortalidad cardiopulmonar en la localidad de Bosa, Bogotá, 2009-2014

Effects of air pollution on cardiopulmonary mortality in the location of Bosa, Bogotá, 2009-2014

Ortegón Pinilla Leidy Tatiana¹

¹ Estudiante de la Facultad de Ingeniería Ambiental. Semillero de investigación Salud Ambiental grupo INAM – USTA y Protección Social y Salud Pública. Universidad Santo Tomás de Bogotá D.C., Colombia.

E-mail: leidyortegon@usantotomas.edu.co

RESUMEN

Objetivo: Estimar la asociación entre la contaminación del aire y la mortalidad cardiopulmonar, a través de un estudio epidemiológico de series de tiempo en la localidad de Bosa que se encuentra situada en la ciudad de Bogotá.

Metodología: Se realizó un tipo de estudio ecológico de series de tiempo 2009 – 2014, en la Localidad de Bosa a partir de un modelo de regresión de Poisson. Se recolectaron datos meteorológicos (Precipitación y humedad) proporcionados por el IDEAM, contaminantes atmosféricos por la RMCAB (PM₁₀, PM_{2,5}, CO, O₃, SO₂ y NO₂) y finalmente datos de mortalidad obtenidos por la Secretaria Distrital de Salud de Bogotá. A partir de la recolección de esta información se realizó un análisis estadístico haciendo uso de un Software Stata 11, con el cual se generó un modelo independiente para cada una de las enfermedades analizadas y se efectuaron combinaciones de tal manera que se relacionen mostrando un efecto. Así mismo se tuvo en cuenta dentro en este modelo el Riesgo Relativo (RR), el criterio de información de Akaike (AIC), el Bayesiano (BIC), la correlación de Pearson y el factor de inflación de la varianza (VIF).

Resultados: En la Localidad de Bosa se registraron 10,629 muertes durante el periodo analizado entre (2009 - 2014) en donde el 24,76% del total de estas, se atribuye por enfermedades cardiopulmonares asociadas a la exposición de la concentración de los contaminantes; no obstante se realizó una comparación en base a la Resolución 610 de 2010 y lo establecido por las guías de calidad del aire de la OMS donde el (PM₁₀ 24 horas) durante el período de estudio, excede la concentración máxima permisible diaria según la OMS con un valor de 77,84 µg/m³ (DE=±24,8). Finalmente, para la mortalidad por causa cardiopulmonar, en el grupo de todas las edades se observó un aumento del riesgo del 3,3% (IC95%: -7,381%; 15.224%) por un incremento de 11,25 µg/m³ de PM_{2,5} con un día de retraso (Lag 1) donde ningún valor fue estadísticamente significativo. Por otra parte las enfermedades cerebrovasculares registraron seis valores estadísticamente significativos para todas las edades en donde el promedio máximo de 8 horas de O₃ se incrementó 5 ppb aumentando el riesgo en un 17,66% (IC95%:0,33%; 38,03%)

combinado con la concentración de CO máximo horario con un porcentaje de 23,05% (IC95%:4,08%; 45,47%).

Conclusiones: La mortalidad cardiopulmonar tuvo resultados estadísticamente significativos para los adultos mayores de 65 años, donde se evidenció una asociación entre los contaminantes O₃ y SO₂ incrementando el riesgo para la población (todas las edades y mayores de 65 años) durante la serie de tiempo analizada 2009 – 2014, afectando directamente la salud de la población que se encuentra localizada en Bosa; por otra parte se demuestra que las enfermedades cerebrovasculares prevalecen por tener un mayor porcentaje de riesgo sobre la población para todas las edades, siendo esta enfermedad la más representativa dentro del estudio realizado.

Palabras clave: Enfermedades cardiopulmonares, Enfermedades cerebrovasculares, Mortalidad, Riesgo relativo y Series de tiempo.

ABSTRACT

Objective: Estimate the association between the air pollution and the cardiopulmonary mortality, through an epidemiological study of times series in the Bosa locality in Bogotá City.

Methods: An ecological study of time series between 2009 and 2014 was developed in the Bosa locality, based on a Poisson regression model. Meteorological data was collected (precipitation and humidity) Provided by the IDEAM, also information about atmospheric pollution by the RMCAB (PM₁₀, PM_{2,5}, CO, O₃, SO₂ and NO₂) and finally mortality data obtained from the Bogotá district health secretariat. Starting from the gathering of this information, a statistic analysis using the STATA 11 was made, that creates an independent model for each one of the analyzed diseases and develops combinations for each one of them, in such way that they relate to each other revealing an effect. Also in this model was taken into account the relative risk (RR), the Akaike information criterion (AIC), the Bayesian (BIC), Pearson correlation and variance inflation factor (VIF).

Results: Results: In the Locality of Bosa, 10,629 deaths were recorded during the period analyzed (2009 - 2014), where 24.76% of the total of these are attributed to cardiopulmonary diseases associated with the exposure of the concentration of pollutants; however, a comparison was made according to Resolution 610 of 2010 and that established by the who air quality guidelines, where the PM₁₀ 24 hours during the study period exceeds the maximum daily allowance according to the who with a value of 77.84 µg/m³ (SD = ± 24.8). Finally, for mortality due to cardiopulmonary cause, in the group of all ages, an increase in risk of 3.3% was observed (95% CI: -7.381%, 15.224%) due to an increase of 11.25 µg/m³ of PM_{2,5} with a day late (Lag 1) where no value was statistically significant. On the other hand, cerebrovascular diseases registered six statistically significant values for all ages where the maximum average of 8 hours of O₃ increased 5 ppb increasing the risk by 17.66% (95% CI: 0.33%; 38.03%) combined with the maximum hourly CO concentration with a percentage of 23.05% (95% CI: 4.08%, 45.47%).

Conclusions: Cardiopulmonary mortality had statistically significant results for adults older than 65 years, where an association between O₃ and SO₂ pollutants was found, increasing the risk for the population during the whole time series analyzed. 2009 - 2014,

directly affecting the health of the population that is located in Bosa; On the other hand, it is shown that cerebrovascular diseases prevail due to having a higher percentage of risk over the population for all ages, this disease being the most representative of the study carried out.

Key Words: Cardiopulmonary diseases, Cerebrovascular diseases, Mortality, Relative risk, and Time Series.

INTRODUCCIÓN

Durante el transcurso del tiempo se ha demostrado que la contaminación del aire ha causado impactos negativos a la salud de los habitantes a nivel mundial, se han realizado diferentes estudios epidemiológicos en todo el mundo reportando un aumento en los valores de morbilidad y mortalidad debido a las diferentes exposiciones a contaminantes que se encuentran presentes en el aire¹. Sin embargo, la mala calidad del aire ha sido una de las problemáticas ambientales más cuestionadas de las cuales se intenta buscar alternativas de prevención y mitigación; el material particulado (MP) y para ser más específico el PM₁₀ y PM_{2,5} no es un factor causal directo de morbilidad o mortalidad respiratoria aguda, sino un factor asociado, que en conjunto con otros factores como la desnutrición, la contaminación intradomiciliaria, las deficientes condiciones higiénicas, la ausencia de vacunación y otras más producen un aumento en las enfermedades pulmonares² influyendo de manera notoria a partir de su composición química, tamaño y contenido microbiológico, la generación 800.000 muertes prematuras cada año en todo el mundo³.

La contaminación del aire también ha sido una gran preocupación en América Latina y el Caribe (ALC) debido al incumplimiento de los valores máximos permisibles que estipula la ley y la Organización Mundial de la Salud (OMS), esto corresponde al incremento desmedido de la población y la quema de combustibles fósiles que son las principales fuentes de contaminación exterior del aire. De hecho, se han venido realizando estudios a nivel mundial relacionados con las concentraciones de los contaminantes que se encuentran suspendidos en el aire y que a menudo se localizan en áreas urbanas⁴.

Varios estudios epidemiológicos realizados buscan como tal asociar la exposición a los contaminantes atmosféricos con la mortalidad y morbilidad. De acuerdo a un estudio elaborado en China en el 2016, se reveló una asociación significativa entre PM_{2,5} y la mortalidad específicamente por un aumento de 10 µg/m³ 4 días anteriores al deceso (lag3). La concentración de PM_{2,5} correspondió a un aumento del 1,76% (95% de intervalo de confianza (IC): 1,47%, 2,06%) en la mortalidad total, 1,9% (IC95%: 1,80%, 2,59%) en la mortalidad cardiovascular, y 1,68% (IC95%: 1,00%, 2,37%) en la mortalidad en general⁵. Por otro lado en Madrid, España se llevó a cabo la Evaluación del Impacto en Salud (EIS) calculando los beneficios que se obtendrían al cumplir los objetivos establecidos por la Directiva 1999/30/CE en relación con las partículas en suspensión. De hecho los niveles diarios de PM₁₀ se encontraban por encima de 50 µg/m³ en Bilbao, Madrid y Sevilla siendo los responsables de 1,4 muertes prematuras por 100.000 habitantes/año debido a sus efectos a corto plazo y de 2,8 muertes por 100.000 habitantes/año en un periodo de hasta 40 días tras la exposición. A largo plazo, el número de muertes prematuras atribuibles a la contaminación media anual de PM₁₀ por encima de 20 µg/m³ fue de 68/100.000 hab/día⁶.

La Agencia de Cooperación Internacional de Japón realizó un estudio donde catalogó a Bogotá capital de Colombia como una de las ciudades más contaminadas de América Latina (AL) ocupando así el cuarto puesto. Esto evidenció la muerte en niños menores de cinco años y adultos mayores de sesenta y cinco años que incrementó notoriamente con el paso del tiempo, debido a causas cardiovasculares, cáncer de pulmón, cardiopulmonares e infecciones respiratorias agudas⁴.

De igual forma, la Red de Calidad del aire realizó un monitoreo del cual cataloga a Bogotá como uno de los centros urbanos con mayor contaminación atmosférica en la región⁷. Además, para los años 1997 y 2008 se registraron altos niveles de PM₁₀, superando los niveles máximos permisibles estipulados por la normatividad nacional (50 µg/m³)⁸, teniendo un efecto en el incremento de enfermedades respiratorias, siendo la principal causa de mortalidad y morbilidad en menores de cinco años y adultos mayores⁹.

Por otra parte de acuerdo a un estudio realizado en Bogotá, se analizó la exposición a niveles de concentración de PM₁₀ en las localidades Puente Aranda, Kennedy y Fontibón, donde el 79,6% de los niños presentaron sibilancias en los jardines infantiles ubicados en las zonas de mayor exposición⁴. De hecho, en Bogotá un niño menor de 5 años puede tener en promedio cuatro episodios de enfermedad respiratoria aguda al año². Estos casos clínicos se asocian a la cercanía en la que se encuentran sus viviendas o debido a sus condiciones económicas en las que se encuentran las familias que residen en zonas urbanas de escasos recursos, lo que conlleva a que ambos padres tengan que trabajar y así mismo asociándolo a la presencia de niños en guarderías y jardines infantiles donde hay un alto grado de probabilidad de tener que buscar atención médica por la presencia de algunos síntomas por infecciones respiratorias¹⁰.

La Red de monitoreo de calidad del aire de Bogotá (RMCAB) ha sido una herramienta muy efectiva para hacer el seguimiento de la calidad del aire de la ciudad, a pesar de 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). Esta es, sin duda, una herramienta que debe mantenerse y mejorarse para continuar midiendo la calidad del aire de la ciudad y los efectos de alta cobertura¹¹.

Cabe resaltar que la localidad de Bosa no cuenta con una estación de monitoreo de calidad del aire y toma como referencia las estaciones más cercanas (Carvajal – Sony y Kennedy)⁸. Esta localidad presenta conflictos ambientales relacionados con la presencia de industrias que emanan emisiones al aire producto de su actividad en los barrios La Azucena, La Acuarela y La Estación, el ruido de los carros de la vía principal de acceso a la localidad por la Autopista Sur y la contaminación de las fuentes móviles (carros y vehículos de transporte público) que transitan este sector¹.

Es característico de esta localidad que las vías se encuentren sin pavimentar y emitan material particulado a la atmósfera, la contaminación del aire por la transformación de plástico que realizan las pequeñas industrias, la quema indiscriminada de basuras, la descomposición de la basura depositada en la zona de ribera, proliferación de perros callejeros, presencia de vectores (roedores, zancudos, moscas y cucarachas), la disposición inadecuada de basuras en lotes calles, alamedas y ciclo rutas y la tenencia inadecuada de mascotas. Durante las épocas de sequía predominan las enfermedades

respiratorias e irritación de la mucosa por el material particulado que genera las calles destapadas; también hay ruido y humo producido por los gases que emiten los vehículos de transporte público¹.

Por otra parte, en la localidad de Bosa, las infecciones respiratorias superiores son muy frecuentes pero rara vez pone en peligro la vida, mientras las infecciones respiratorias bajas son responsables de cuadros más graves de influenza, neumonía y bronquiolitis que contribuyen de forma importante a la mortalidad. Las Salas ERA son áreas definidas en las Unidades Primarias de Atención (UPA's), Centros de Atención Médica Inmediata (CAMI's) y de algunas instituciones de segundo nivel, para la atención de pacientes con ERA, que puedan ser manejados con esquemas terapéuticos básicos. En las Salas ERA de la Localidad de Bosa, durante un estudio realizado para el mes de mayo de 2017, se atendieron 158 niños menores de 5 años, por tal motivo la población con mayor riesgo de morir por IRA son los niños, los adultos mayores y pacientes inmunocomprometidos¹².

El objetivo del presente estudio fue estimar la asociación entre la contaminación del aire y la mortalidad cardiopulmonar, a través de un estudio ecológico de series de tiempo en la localidad de Bosa que se encuentra situada en la ciudad de Bogotá.

MATERIALES Y MÉTODOS

Diseño de estudio

Mediante la búsqueda de información y datos concurrentes se realizó un tipo de estudio ecológico de series de tiempo, en la Localidad de Bosa para el periodo de tiempo 2009 - 2014; para la realización de esta investigación se examinó el efecto que existe entre la concentración de los contaminantes criterio del aire y la mortalidad cardiopulmonar diaria.

Recolección de información

Datos de Contaminación y Variables meteorológicas

La localidad de Bosa no cuenta con una estación de monitoreo de calidad del aire, por esta razón tomó como referencia las diferentes variables de la estación más cercana que es Carvajal, la cual está cubierta por la estación del Sistema de Vigilancia de Calidad del Aire de Bogotá (RMCAB); esta estación se encuentra en una zona urbana y se caracteriza por ser de tipo tráfico industrial¹³. Dentro de los contaminantes analizados se tuvo en cuenta el material particulado (PM₁₀ y PM_{2,5}), monóxido de carbono (CO), ozono (O₃), dióxido de nitrógeno (NO₂) y dióxido de azufre (SO₂), así mismo se tuvo en cuenta las variables meteorológicas obtenidas por el IDEAM las cuales fueron la precipitación (P), temperatura (T) y la humedad relativa (HR).

Datos Mortalidad

La información requerida acerca del total de número muertes diarias en la localidad de Bosa fue suministrada por parte de la Secretaria Distrital de Salud (SDS) para el periodo de estudio analizado. Además, se tuvo en cuenta la clasificación de los grupos etarios

partiendo de menores de 1 año, niños entre 1 y 5 años, 6 a 14, 15 a 64 y adultos mayores de 65 años, posteriormente se procedió a clasificar según el tipo de enfermedad basado en el CIE-10 (Clasificación Estadística Internacional de Enfermedades Decima Revisión) (Tabla 1).

Tabla 1. Código Internacionales de 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: Clasificación Estadística Internacional de Enfermedades en su décima versión (CIE-10).

Estimación de la exposición de contaminantes sobre la mortalidad

Al inicio se obtuvo una matriz con una serie de tiempo de 2008 a 2014, sin embargo, se utilizó el criterio de suficiencia del 75%, es decir el registro diario de 18 o más datos del contaminante, lo cual generó que para el año 2008 los datos no fuesen concluyentes y se tuviese que iniciar la serie de tiempo de 2009 a 2014. Se procedió a calcular el promedio 24 horas para PM₁₀, PM_{2,5}, NO₂ y SO₂; el máximo horario de CO, O₃ y NO₂; promedio de 8 horas para CO y O₃ y finalmente promedio de 3 horas para SO₂ por el lado de los contaminantes criterio del aire. En cuanto a las variables meteorológicas como la temperatura y la humedad relativa se calcularon con un promedio diario de 24 horas y para la precipitación se procedió a realizar una sumatoria de los valores registrados durante el día.

Se realizó un análisis estadístico descriptivo obteniendo los valores como la media, desviación estándar, máximos, mínimos, percentiles 25 y 75 y rango intercuartil. Igualmente, se procedió a estimar el cambio en el riesgo para la mortalidad cardiopulmonar asociada a la variación de la exposición de cada uno de los contaminantes criterio, mediante el modelo de Regresión de Poisson. Este modelo es la probabilidad de que un determinado número de eventos ocurran en un intervalo fijo de tiempo, en este caso (2009 – 2014) con un intervalo de confianza del 95%, así mismo se tienen en cuenta varias condiciones para su debido cumplimiento entre estas está: el número de eventos que ocurren en el intervalo sean independientes y exista un intervalo lo suficientemente pequeño (a corto plazo)¹⁴, para que la probabilidad de que en el mismo ocurra un sólo evento y sea proporcional al tamaño del intervalo¹⁵.

Así mismo se estimó el efecto de la exposición de los contaminantes criterio del aire en la mortalidad, teniendo en cuenta modelos de retraso llamados Lags. Estos días de retraso iban de 0 a 5, donde el Lag 0 corresponde a la contaminación en el día del deceso y el Lag 5 corresponde a la concentración de la contaminación de 5 días antes del deceso. Por supuesto, se tuvo en cuenta el promedio de varios días como el promedio de 3 (Lag 1-3) y 5 días (lag 1-5)⁵.

Finalmente se hizo uso del Software Stata 11, el cual generó un modelo independiente para cada una de las enfermedades analizadas, con el fin de mostrar un efecto por cada relación, donde se tuvo en cuenta en el modelo el Riesgo Relativo (RR), el criterio de información de Akaike (AIC) el cual ofrece una estimación relativa de la información perdida cuando se utiliza un modelo determinado y el Bayesiano (BIC) el cual ajusta el modelo y permite aumentar la probabilidad mediante la adición de parámetros; este criterio de información en general ayuda a seleccionar el mejor modelo que es aquel que tenga un menor valor en estos criterios¹⁶, además se estimó la correlación de Pearson y el factor de inflación de la varianza (VIF), para las combinaciones entre contaminantes criterio del aire.

RESULTADOS

De acuerdo a los valores reportados para cada uno de los contaminantes el PM₁₀ presentó mayor concentración para el 27 de junio del 2014 con un valor de 234,26 µg/m³ y su valor mínimo fue de 17,8 µg/m³ para el 23 de abril del 2011, es decir, que se ha presentado un incremento de material particulado incumpliendo lo estipulado por la Resolución 610 de 2010, por la cual se modifica la Resolución 601 de 2006¹⁷.

Para PM₁₀ 24 horas, durante el período de estudio excede el máximo permisible diario según la OMS (50 µg/m³) y el máximo permisible anual (20 µg/m³)⁷ con un valor de 77,84 µg/m³ (DE=±24,8), mientras que en la normatividad nacional (Resolución 610 de 2010)¹⁷ cumple la concentración permisible diaria (100 µg/m³), igualmente sucede con el PM_{2,5} con una concentración de 29,07 µg/m³ (DE=±8,63), sobrepasando lo estipulado por la guía de calidad del aire de la OMS 24 horas (25 µg/m³) y el máximo permisible anual (10 µg/m³)⁷. (Tabla 2).

Tabla 2. Comportamiento de contaminantes y parámetros meteorológicos Sistema de vigilancia de calidad del aire de Bogotá Localidad de Bosa 2009 - 2014

Contaminante o parámetro meteorológico	Obs.	Media	D.E	Mín.	Máx.	P25	P75	RIQ	% datos disponibles
PM ₁₀ (24 horas µg/m ³)	2058	77,84	24,89	17,80	234,26	69,45	102,91	33,46	93,93%
PM _{2,5} (24 horas µg/m ³)	409	29,07	8,63	10,58	76,88	0,00	26,48	10,76	18,67%
O ₃ (Máximo horario ppb)	1912	16,79	11,02	4,00	81,90	13,00	26,48	13,48	87,27%
O ₃ (Promedio Máximo 8 horas ppb)	1912	12,76	6,93	2,59	54,28	10,30	18,87	8,57	87,27%

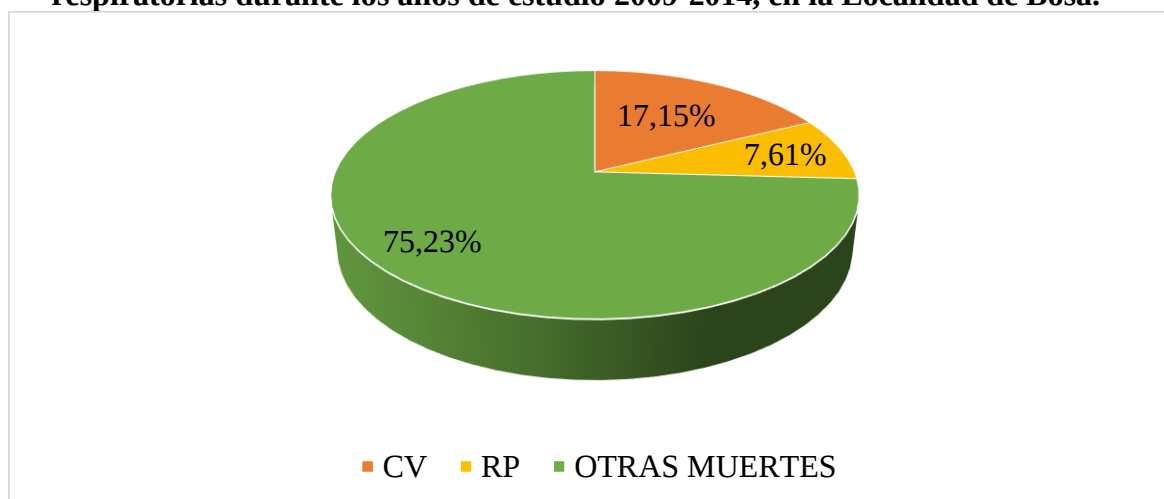
CO (Máximo horario ppm)	1995	2,68	1,34	0,50	10,60	2,20	4,10	1,90	91,05%
CO (Promedio Máximo 8 horas ppm)	1995	1,70	0,76	0,21	5,40	1,40	2,49	1,09	91,05%
SO ₂ (24 Horas) ppb	1449	6,73	6,95	1,30	53,44	5,16	11,05	5,90	66,13%
SO ₂ (Promedio Máximo 3 Horas) ppb	1449	12,19	13,84	2,03	102,03	9,65	22,37	12,72	66,13%
NO ₂ (24 Horas) ppb	1220	23,73	6,22	8,61	47,27	20,56	29,58	9,02	55,68%
NO ₂ (Máximo Horario) ppb	1220	34,30	11,66	13,80	110,90	29,53	42,40	12,88	55,68%
Temperatura °C	1040	15,31	0,87	11,60	18,24	14,78	15,93	1,15	47,47%
Humedad Relativa (%)	1307	67,38	7,67	47,39	87,78	62,09	74,99	12,90	59,65%

Obs: Observaciones; D.E: Desviación Estándar. P25%: Percentil 25; P75%: Percentil 75; RIQ: Rango Intercuartil; ppb: Partes por billón; ppm: Partes por millón.

Fuente: El autor

Para la variable mortalidad, en la localidad de Bosa se registraron 10,629 muertes durante el periodo analizado (2009 - 2014), de las cuales el 24,76% correspondió a causas cardiopulmonares representando un total de 2,632 muertes; que a su vez se fracciona en un 17,15% por enfermedades cardiovasculares con un total de 1,823 muertes y un 7,61% atribuible a enfermedades respiratorias (n=809), donde n representa el número total de muertes para dicha enfermedad.

Gráfica 1. Porcentaje de mortalidad por enfermedades cardiovasculares y respiratorias durante los años de estudio 2009-2014, en la Localidad de Bosa.



CV: Todas las enfermedades cardiovasculares; RP: Todas las enfermedades Respiratorias; Otras Muertes

Fuente: El autor

El valor máximo de muertes diarias que se presentaron en la Localidad de Bosa fue de 6 a causa de enfermedades cardiopulmonares tanto para todas las edades como para

los adultos mayores de 65 años (Tabla 3), por consiguiente, sucede lo mismo para las enfermedades cardiovasculares con un total de 5 muertes diarias para todas las edades y para los mayores de 65 años.

Tabla 3. Comportamiento de la mortalidad en la Localidad de Bosa 2009 – 2014

Mortalidad	Observaciones	Media	D.E	Mínimo	Máximo
CP Total	2632	1,71	0,92	1	6
CP > 65 años	305	1,20	0,91	0	6
CV Total	1823	1,18	0,90	0	5
CV > 65 años	236	0,83	0,82	0	5
RP Total	809	0,53	0,69	0	4
RP > 65 años	37	0,38	0,59	0	3
RPM Total	343	0,22	0,47	0	3
RPM > 65 años	37	0,19	0,44	0	3
IAM Total	170	0,56	0,69	0	4
IAM > 65 años	126	0,40	0,62	0	4
DR Total	88	0,34	0,55	0	3
DR > 65 años	72	0,25	0,48	0	3
CRB Total	67	0,28	0,53	0	3
CRB > 65 años	38	0,17	0,41	0	3
LRI Total	55	0,31	0,54	0	4
LRI > 65 años	32	0,19	0,42	0	3
EPOC Total	35	0,20	0,45	0	3
EPOC > 65 años	30	0,18	0,43	0	3
ASMA Total	9	0,01	0,10	0	1
ASMA > 65 años	7	0,01	0,08	0	1

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

Fuente: El autor

Por otra parte, las otras enfermedades registraron porcentajes menores de acuerdo al porcentaje total de la mortalidad, como lo fue IAM (1,59% n=170), DR (0,82% n=88), CRB (0,63% n=67), LRI (0,51% n=55), EPOC (0,32% n=35) y finalmente ASMA (0,085% n= 9); sin embargo, cabe resaltar que la cantidad de muertes por cada enfermedad representa un mayor porcentaje en el grupo etario mayores de 65 años, teniendo mayor influencia en los valores arrojados.

Cambio en el porcentaje de riesgo en la mortalidad por contaminante

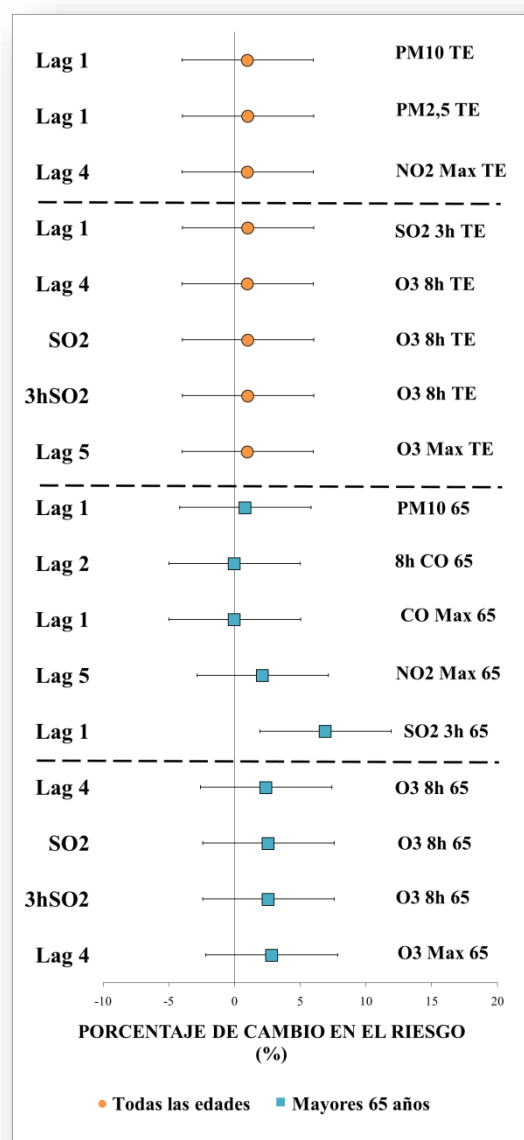
Mortalidad Cardiopulmonar (CP):

Para la mortalidad por causa cardiopulmonar por el incremento de 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en el promedio diario de PM_{10} el día anterior a la defunción (Lag 1) se encontró un aumento

del riesgo del 0,041% (IC95%: -2,801%; 2,966%) para todas las edades y 0,83% (IC95%: -2,497%; 4,288%) en los mayores de 65 años, los cuales no fueron estadísticamente significativos.

En el grupo de todas las edades se observó un aumento en el riesgo del 3,3% (IC95%: -7,381%; 15,224%) por un incremento de 11,25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en el promedio diario de $\text{PM}_{2,5}$ en un día de retraso (Lag 1); cuando se incrementó en 5 ppb el promedio de tres horas de SO_2 en el Lag 1 se observó un aumento del riesgo del 3,32% (IC95%: -2,301%; 9,279%) y finalmente existe un porcentaje de riesgo mayor a los anteriormente mencionados con un incremento de 5 ppb del promedio de 8 horas de O_3 en combinación con el promedio de 3 horas de SO_2 con un 4% (IC95%: -3,9%; 12,5%) de riesgo en la mortalidad, cabe resaltar que ninguno de los porcentajes de cambio en el riesgo fue estadísticamente significativo (Figura 1).

Figura 1. Porcentaje de cambio en el riesgo en la mortalidad cardiopulmonar, en todas las edades y mayores de 65 años, relacionada con la exposición a contaminantes criterio en la Localidad de Bosa. 2009 - 2014.



Fuente: El autor.

Para los mayores de 65 años se observó un cambio en el riesgo estadísticamente significativo por el incremento de 5 ppb en el promedio de 3 horas de SO₂ el día anterior a la defunción (Lag 1) se encontró un aumento en el riesgo del 6,9% (IC95%: 0,075%;14,23%), además se presentó un incremento 5 ppb en el O₃ máximo horario en el día 4 de retraso (Lag 4) con un aumento en el riesgo del 2,8% (IC95%: 0,075%; 15,224%).

Se concluye que para la mortalidad cardiopulmonar el promedio de 3 horas de SO₂ genera un porcentaje de riesgo más alto a diferencia de los otros contaminantes analizados dentro de la serie de tiempo 2009 – 2014.

Mortalidad Cardiovascular (CV)

En cuanto a las enfermedades cardiovasculares por el incremento de 10 µg/m³ en el promedio diario de PM₁₀ en el Lag 3 se encontró un aumento del riesgo del 2,86% (IC95%: -0,554%; 8,02%) para todas las edades y 3,75% (IC95%: -0,352%; 4,288%) en los mayores de 65 años, los cuales no fueron estadísticamente significativos.

En general para todas las edades se mostró un incremento de 5 ppb en el máximo horario de NO₂ en su tercer día de retraso (Lag 3) donde aumentó 7,16% (IC95%: -2,15%; 17,35%) del riesgo, así mismo ocurrió un incremento de 5 ppb en promedio 3 horas de SO₂ en el Lag 1, donde aumentó el riesgo en un 6,3% (IC95%: -0,5%; 13,71%). Igualmente, el ozono formó parte directa, ya que por un incremento de 5 ppb en el promedio 8 horas de O₃ combinado con el máximo horario de SO₂ incrementa el riesgo en un 7,18% (IC95%: -2,75%; 18,14%) y en un 7,14% (IC95%: -2,76%; 18,06%) combinado con el SO₂ promedio 3 horas. Sin embargo, a pesar de que se mostraron porcentajes de riesgo alto en las combinaciones de los contaminantes y en sus días de retraso no fueron estadísticamente significativos.

Para el grupo etario de mayores de 65 años (Figura 2), existe un aumento del riesgo de 3,75% (IC95%: -0,35%; 8,02%) cuando la concentración de PM₁₀ incrementa en 10 µg/m³ en el Lag 3, mientras que por el incremento de 5 ppb en el promedio máximo 3 horas de SO₂ en el Lag1 aumentó el riesgo 10,03% (IC95%: 1,66%; 19,09%), siendo este valor estadísticamente significativo.

Finalmente, por un incremento de 5 ppb en el promedio de 8 horas para O₃ combinado con un aumento de 0,01 ppm en el máximo horario de CO se incrementa la mortalidad en un 3,05% (IC95%: -6,77%; 13,92%).

Mortalidad Respiratoria (RP):

El PM₁₀ en cuanto a la mortalidad por causa respiratoria, no fue estadísticamente significativo, sin embargo, se mostró que por el incremento de 10 µg/m³ en el promedio diario de PM₁₀ en el Lag 1, se encontró un aumento del riesgo del 0,039% (IC95%: -163%; 0,242%).

Además, se analizaron los porcentajes de riesgo más altos tales como, el incremento de 5 ppb del promedio máximo 3 horas para SO₂ en el Lag 5 presentó un aumento en el riesgo

de 4,6% (IC95%: -6,27%; 16,76%), así mismo ocurrió en que por el aumento de 5 ppb de O₃ para el promedio de máximo de 8 horas en el Lag 5 incrementa el riesgo en 3,45% (IC95%: -6,20%; 14,30%).

Para los adultos mayores de 65 años por enfermedades respiratorias, existe un aumento en el riesgo del 2,83% (IC95%: -9,50%; 16,84%) por un incremento de 5 ppb en la concentración promedio de 3 horas de SO₂ en el Lag 5, por otra parte el incremento de 5 ppb en la concentración del O₃ máximo horario en el Lag 4 aumenta el riesgo un 3,79% (IC95%: -4,40%; 2,68%) (Figura 3).

Figura 2. Porcentaje de cambio en el riesgo en la mortalidad cardiovascular, en todas las edades y mayores de 65 años, relacionada con la exposición a contaminantes criterio en la Localidad de Bosa. 2009 - 2014.

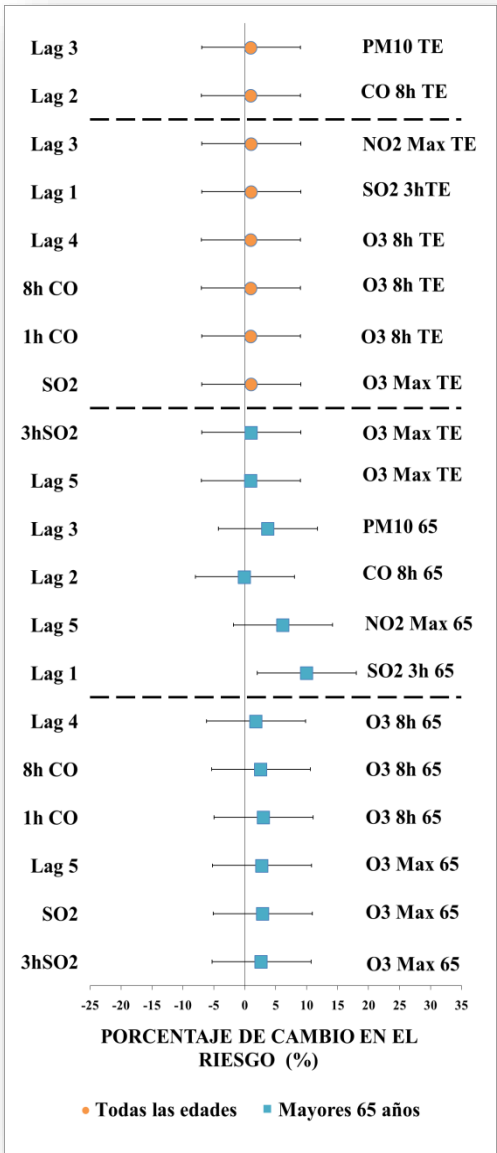
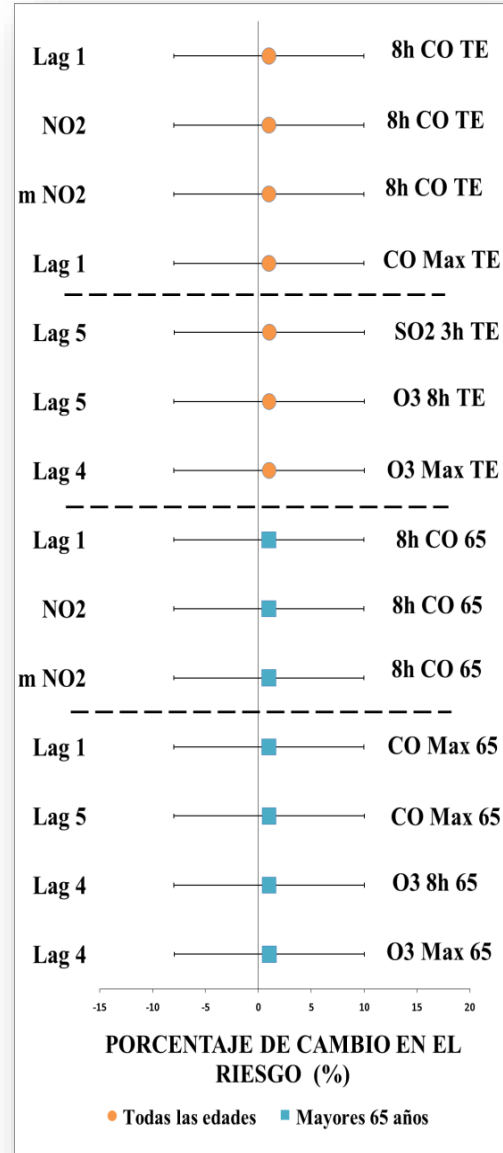


Figura 3. Porcentaje de cambio en el riesgo en la mortalidad respiratoria, en todas las edades y mayores de 65 años, relacionada con la exposición a contaminantes criterio en la Localidad de Bosa. 2009 - 2014.



Fuente: El autor.

Disritmia (DR):

Se observó que por un incremento de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM_{10} en el promedio diario aumenta la mortalidad en un 5,17% (IC95%: -1,13%; 11,89%) para todas las edades en el Lag 3. Con respecto al promedio de 3 horas del SO_2 se observó que un aumento de 5 ppb en el Lag 1 incrementa el riesgo en 4,56% (IC95%: -7,14%; 17,75%); finalmente se mostró un porcentaje de riesgo similar al anterior del 4,70% (IC95%: -1,64%; 11,47%) por un incremento de 5 ppb en el máximo horario de O_3 en el Lag 2.

Para los mayores de 65 años se presentó un porcentaje de riesgo más alto que para el de todas las edades, sin embargo, dentro de los de mayor relevancia se encuentra que el incremento de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM_{10} en el Lag 0 aumenta el riesgo de mortalidad en un 4% (IC95%: -2,81%; 11,38%) y el aumento de 5 ppb en el máximo horario de O_3 en el Lag 2 incrementa el riesgo 3,9% (IC95%: -3,47%; 11,86%) por esta enfermedad (Figura 4).

Infarto agudo de miocardio (IAM):

Para este evento específico se observó un aumento en el riesgo del 14,01% (IC95%: 0,15%; 29,78%) para todas las edades, por un incremento de 5 ppb en el promedio diario de NO_2 en el Lag 3, además se observó que un aumento de 5 ppb en el máximo diario de SO_2 en el Lag 0 incrementa el riesgo en 11,59% (IC95%: 1,13%; 33,77%), siendo estos resultados estadísticamente significativos (Figura 5).

En los adultos mayores de 65 años también se registraron valores estadísticamente significativos, por el incremento de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en el promedio diario de PM_{10} cinco días antes de la defunción, se encontró un aumento en el riesgo del 6% (IC95%: 1,50%; 12,71%). Así mismo se mostró un riesgo del 15,45% (IC95%: 2,07%; 29,79%) por un incremento de 5 ppb en la concentración promedio de 3 horas del SO_2 el día anterior a la defunción. Por otra parte para el CO se encuentran valores mínimos en el riesgo, por el incremento de 0,01 ppb en el máximo horario de CO y un incremento de 5 ppb en el promedio de 3 horas de O_3 , el riesgo aumenta un 15,45% (IC95%: -0,085%; 0,193%) (Figura 5).

Enfermedad cerebrovascular (CRB):

En cuanto a las enfermedades cerebrovasculares para todas las edades se observaron seis valores los cuales fueron estadísticamente significativos, con gran influencia por parte del ozono. El incremento de 5 ppb en el promedio 8 horas de O_3 en el Lag 0, mostró un aumento del riesgo del 17,66% (IC95%: 0,330%; 38,03%). Así mismo ocurrió en combinación del O_3 con el incremento de $11,25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ del promedio diario de $\text{PM}_{2,5}$ con un aumento en el riesgo del 18,6% (IC95%: 1,09%; 39,23%), a su vez en combinación con un incremento de 0,01 ppb del promedio 8 horas de CO aumentó el riesgo en 22,65% (IC95%: 3,689%; 45,068%) y finalmente en combinación con el CO máximo horario se encontró un aumento del riesgo del 23,05% (IC95%: 4,084%; 45,475%).

Por otra parte, el incremento de 5 ppb del máximo horario de O_3 en combinación con el promedio 8 horas y máximo horario de CO incrementa el riesgo en 11,47% (IC95%: 0,619%; 23,5%) y 10,8% (IC95%: 0,11%; 22,81%).

En cuanto los adultos mayores de 65 años no se observó ningún resultado estadísticamente significativo, sin embargo, el O₃ máximo horario mostró que por el incremento de 5 ppb en combinación con el PM_{2,5} y CO promedio 8 horas y máximo horario, incrementa la mortalidad por CRB en un 6,94% (IC95%: -6,305%; 22,075%), 11,64% (IC95%: -2,79%; 28,23%) y 11,16% (IC95%: -3,19%; 27,64%) respectivamente.

Figura 4. Porcentaje de cambio en el riesgo en la mortalidad por DR, en todas las edades y mayores de 65 años, relacionada con la exposición a contaminantes criterio en la Localidad de Bosa. 2009 - 2014.

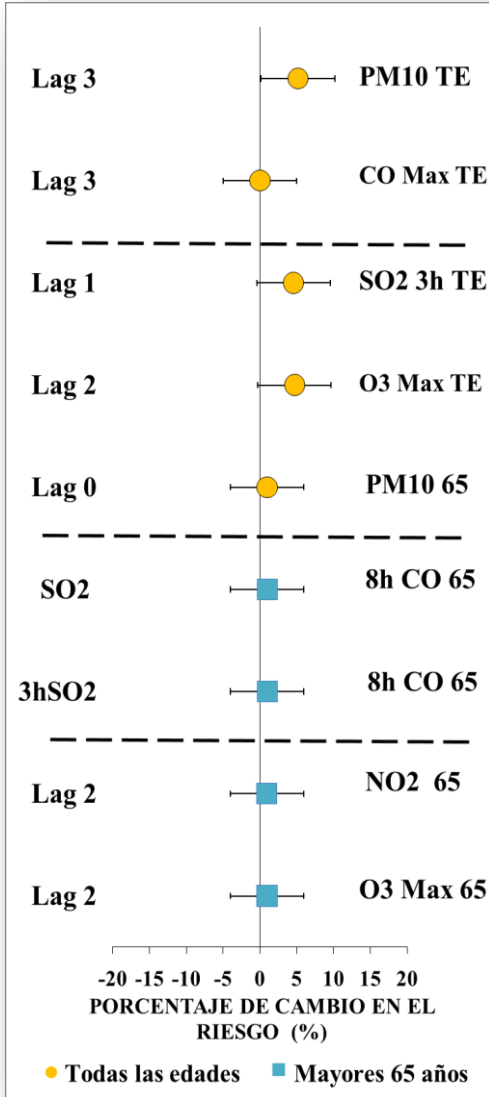
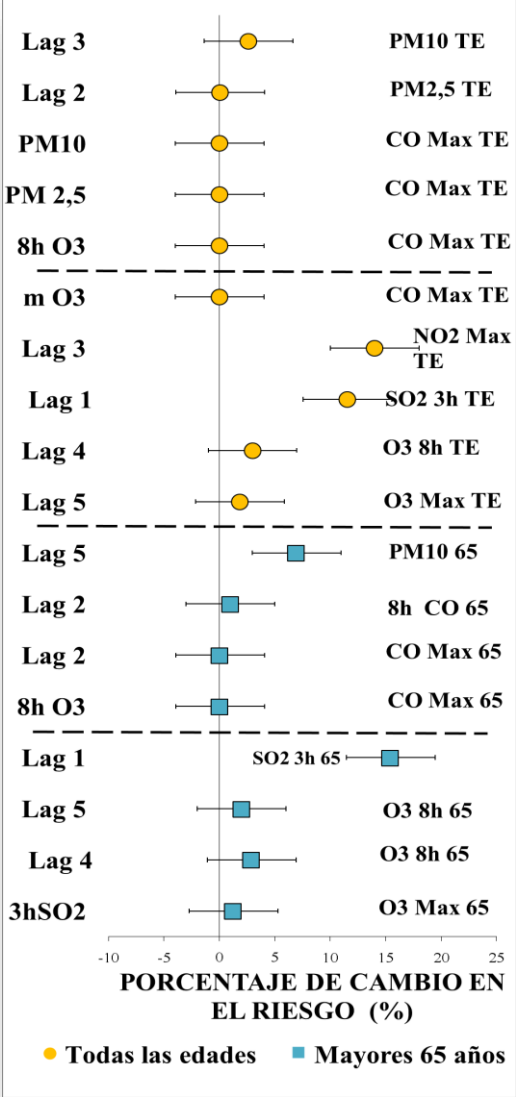


Figura 5. Porcentaje de cambio en el riesgo en la mortalidad por IAM, en todas las edades y mayores de 65 años, relacionada con la exposición a contaminantes criterio en la Localidad de Bosa. 2009 - 2014.



Fuente: El autor

Infarto Cerebral:

En cuanto al infarto cerebral se observa que por el incremento de 0,01 ppm en la concentración de CO promedio de 8 horas en el Lag 2 y lag 1-3, incrementó el riesgo en un 1,24% (IC95%: 0,12%; 2,37%) y 1,02% (IC95%: 0,26%; 3,35%) respectivamente, igualmente sucede con el CO máximo horario que por un incremento de 0,01 ppm en el Lag 1-3 aumenta la mortalidad en un 1,16% (IC95%: 0,30%;3,07%), siendo estadísticamente significativos (Figura 7). En cuanto a los adultos mayores de 65 años no se registra ningún valor estadísticamente significativo, sin embargo, por un incremento de 0,01 ppm en la concentración máxima de CO en el Lag 1-3 aumenta el riesgo en 5,19% (IC95%: -1,39%; 27,64%).

Figura 6. Porcentaje de cambio en el riesgo en la mortalidad por CRB, en todas las edades y mayores de 65 años, relacionada con la exposición a contaminantes criterio en la Localidad de Bosa. 2009 - 2014.

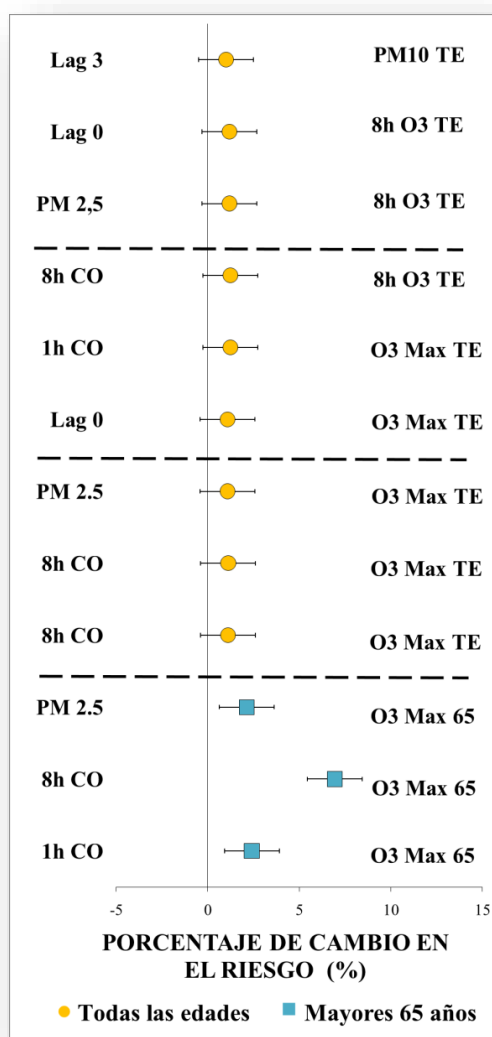
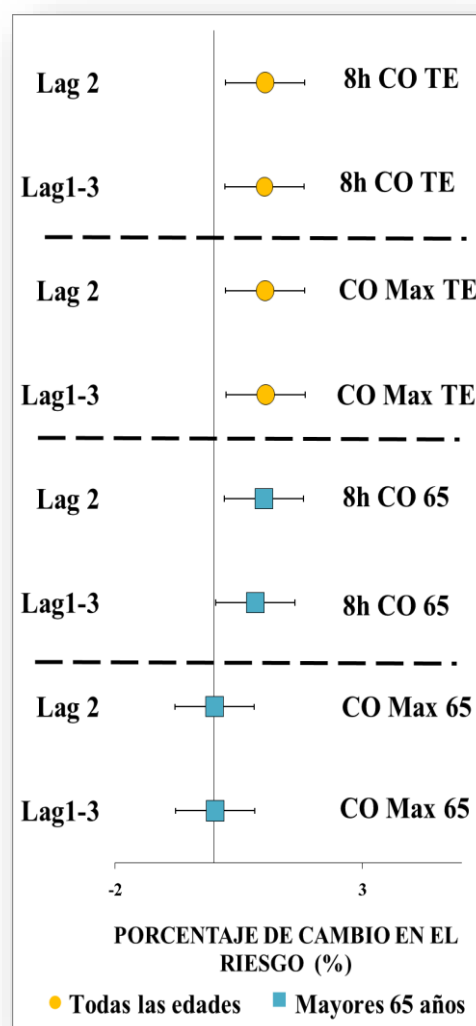


Figura 7. Porcentaje de cambio en el riesgo en la mortalidad por infarto cerebral, en todas las edades y mayores de 65 años, relacionada con la exposición a contaminantes criterio en la Localidad de Bosa. 2009 - 2014.



Fuente: El autor

Enfermedad Obstructiva Crónica (EPOC):

Para esta enfermedad se observó que por un aumento de 5 ppb en el máximo horario de O₃ en el Lag 3, la mortalidad por EPOC aumentó en un 3,88% (IC95%: -7,49%; 3,07%) para todas las edades, siendo este el valor más alto por probabilidad de riesgo a diferencia de los demás. En cuanto a las personas mayores de 65 años el aumento de 0,01 ppm en el promedio de 8 horas de CO en combinación con la concentración máxima horaria y 24 horas de NO₂ incrementó la mortalidad en un 0,27% (IC95%: -0,235%; 0,79%) y 0,22% (IC95%: -0,30%; 0,74%) respectivamente. Finalmente se concluye que para la enfermedad Obstructiva Crónica no se registra ningún porcentaje estadísticamente significativo para todas las edades ni para mayores de 65 años (Tabla 3).

Tabla 3. Porcentaje de cambio en el riesgo por mortalidad por Enfermedad Obstructiva Crónica (EPOC) en la Localidad Bosa. 2009– 2014

EPOC							
Grupo de Edad	Contaminante	Lag o combinación con contaminante	RR	D.E	ICI	ICS	%CR
TODAS	8h CO	Lag 2	1,001	0,002	0,997	1,004	0,437
	8h CO	NO ₂	1,004	0,003	0,999	1,008	0,844
	8h CO	mNO ₂	1,003	0,003	0,998	1,008	0,793
	CO Max	Lag 5	1,000	0,001	0,998	1,003	0,254
	CO Max	NO ₂	1,002	0,001	0,999	1,004	0,449
	CO Max	mNO ₂	1,001	0,002	0,998	1,004	0,423
	O3 Max	Lag 3	1,039	0,061	0,925	1,167	16,670
65 AÑOS	8h CO	Lag 2	1,001	0,002	0,997	1,004	0,069
	8h CO	NO ₂	1,003	0,003	0,998	1,008	0,276
	8h CO	mNO ₂	1,002	0,003	0,997	1,007	0,221
	CO Max	Lag 1	1,001	0,001	0,999	1,003	0,071
	CO Max	NO ₂	1,001	0,002	0,998	1,005	0,150
	CO Max	mNO ₂	1,001	0,002	0,998	1,004	0,125

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

Fuente: El autor.

Infección respiratoria de las vías inferiores (LRI):

Con respecto a la infección respiratoria de las vías inferiores se observó que ningún porcentaje fue estadísticamente significativo. Sin embargo, se mostró que por un aumento de 5 ppb en la concentración promedio 8 horas de O₃ incrementó el riesgo en 5,45% (IC95%: -6,33%; 18,73%) para todas las edades. Con respecto a los mayores de 65 años hubo un aumento en el riesgo del 6,95% (IC95%: -4,39%; 19,58%) por un incremento en la concentración máximo horario del O₃ en el Lag 4. Finalmente, para la población menor a 14 años por un incremento en el promedio 8 horas del CO en el Lag 1-5, aumentó el riesgo en 1,83% (IC95%: -1,01%; 4,76%) (Tabla 4).

Tabla 4. Porcentaje de cambio en el riesgo por mortalidad por Infección de las vías aéreas inferiores (LRI) en la Localidad Bosa. 2009– 2014

LRI							
Grupo de Edad	Contaminante	Lag o combinación con contaminante	RR	D.E	ICI	ICS	%CR
TODAS	PM ₁₀	Lag 5	1,01	0,04	0,94	1,09	1,14
	8h CO	Lag 1	1,00	0,00	1,00	1,00	0,17
	CO Max	Lag 1	1,00	0,00	1,00	1,00	0,06
	O ₃ 8h	Lag 5	1,05	0,06	0,94	1,19	5,46
	O ₃ Max	Lag 4	1,05	0,05	0,96	1,14	4,87
65 AÑOS	PM ₁₀	Lag 5	1,05	0,05	0,96	1,16	5,36
	8h CO	Lag 1	1,00	0,00	1,00	1,01	0,25
	O ₃ Max	Lag 1	1,00	0,00	1,00	1,00	0,08
	O ₃ Max	Lag 4	1,07	0,06	0,96	1,20	6,95
14 AÑOS	8h CO	Lag 5	1,01	0,00	1,00	1,01	0,51
	8h CO	lag1-5	1,02	0,01	0,99	1,05	1,83
	CO Max	Lag 1	1,00	0,00	1,00	1,01	0,44
	CO Max	lag1-5	1,01	0,01	0,99	1,02	0,80

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

Fuente: El autor.

Se puede concluir a nivel general de todas las enfermedades, que los contaminantes que predominan con un porcentaje de riesgo alto y algunos estadísticamente significativos son el O₃ máximo horario y promedio 8 horas, SO₂ promedio 3 horas y el PM₁₀, mientras el que menos influencia tuvo fue el CO máximo horario y promedio 8 horas.

DISCUSIÓN

El presente estudio encontró que los adultos mayores de 65 años tienen un 7% y 10% de riesgo de morir por enfermedades cardiopulmonares y cardiovasculares respectivamente como consecuencia de la exposición a un incremento de 5 ppb de SO₂ en el Lag 1 de las dos enfermedades. El SO₂ tiene como única vía de absorción desde el punto de vista de polución atmosférica la vía inhalatoria; su absorción se produce en las mucosas de nariz y vías respiratorias superiores por su solubilidad en el medio acuoso, la cual en las vías superiores es dependiente de la concentración¹⁸.

Las concentraciones de SO₂ en ambientes urbanos suelen ser mayores en el medio exterior que en el interior de los domicilios y este fenómeno podría explicarse por la absorción del gas al contacto con la superficie de las paredes de los domicilios. Esta circunstancia permite entender por qué en casos de exposición ambiental a niveles tóxicos contaminantes durante las horas nocturnas no suelen producirse trastornos de salud pública en la población general¹⁸.

Los estudios de morbilidad más recientes indican que existe un aumento en el número de asistencias de urgencia hospitalarias por patología respiratoria aguda coincidentes con periodos de aumento de los niveles ambientales de SO₂¹⁹, sin embargo, este estudio epidemiológico de toxicidad ambiental del SO₂ contempla como afirmativo a lo que sucedió realmente en la localidad de Bosa, es decir que la mayoría de los estudios que han analizado los efectos sobre la morbilidad del SO₂ coinciden con el incremento en la mortalidad de la población, teniendo en cuenta que las concentraciones ambientales del gas se han encontrado por debajo del nivel límite anual recomendado por la guía de calidad del aire de la OMS.

Segala et al, comprobaron que los individuos asmáticos expuestos a concentraciones de SO₂ de 50 µg/m³ tienen un incremento del 73 % en el riesgo de sufrir una crisis asmática, siendo esta una de las enfermedades con mayor influencia por parte del SO₂²⁰. No obstante el asma dentro de este caso de estudio no fue una enfermedad que representara un porcentaje de riesgo alto por incremento en las concentraciones de SO₂ para todas las edades y mayores de 65 años, a diferencia de los estudios realizados en series epidemiológicas a largo plazo, que han identificado en las poblaciones expuestas a altos niveles ambientales de SO₂, aumentos significativos en patologías respiratorias en población infantil, patología respiratoria inespecífica en adultos sanos (tos) y aumento de mortalidad por causa respiratoria y cardiovascular en ancianos¹⁸.

De acuerdo a un estudio multicéntrico en España de los efectos a corto plazo de la contaminación atmosférica sobre la salud²¹, Ballester et al, mostraron que las concentraciones de los contaminantes analizados se encontraban por debajo de lo establecido por la normatividad actual para SO₂, CO y O₃. Sin embargo, los valores de NO₂ y PM₁₀ se situaron alrededor de los establecidos de la normativa donde concluye que los niveles son moderados pese a las concentraciones emitidas, por tal motivo se busca alternativas para el control y así no representar un problema de salud en las personas.

Dentro de estas ciudades analizadas en España, se encontró que Guijón tiene una concentración media de 77,4 µg/m³ de PM₁₀, siendo esta una de las de las ciudades con mayor exposición a la concentración de dicho contaminante²¹, lo que se asimila a la concentración emitida de PM₁₀ en la localidad de Bosa, ubicada en la ciudad de Bogotá.

En cuanto a la mortalidad cardiovascular se registró un aumento en el riesgo del 6,36% (IC95%: -0,506%; 13,71%) al incremento de 5 ppb en el promedio de 3 horas de SO₂ con un día de retraso para todas las edades y 10,03% (IC95%: 1,66%; 19,09%) para los mayores de 65 años. En el 2002 se realizó un estudio sobre los efectos en la mortalidad por causas respiratorias y cardiovasculares en la ciudad de Dublin²², donde se mostró que, si se realiza control más estricto en las concentraciones emitidas de los contaminantes y se prohíben las ventas de carbón, se disminuye sustancialmente la mortalidad diaria de la población por enfermedades cardiovasculares con un 7% (95% CI 4-7, p <0 · 0001), es decir 243 menos muertes por año en la ciudad²². Por esta razón se ratifica que las concentraciones de SO₂ y mortalidad son directamente proporcional, es decir, si se disminuyen las concentraciones de SO₂ en la localidad de Bosa, se presentarían menos casos de mortalidad por enfermedades RP y CV.

En Reino Unido se realizó un estudio en el que se mostró un mayor riesgo de muerte después de un accidente cerebrovascular en pacientes que viven en zonas con alta contaminación del aire²³, se registraron 1800 accidentes cerebrovasculares entre 2005 y 2012. Los resultados demostraron un incremento del riesgo de muerte hasta cinco años después del accidente cerebrovascular²⁴, mientras que otro estudio realizado por Ryu Matsuo et al²⁵, indica un mayor riesgo de un nuevo accidente cerebrovascular el mismo día en que se expone a altos niveles de contaminación del aire. En comparación a la localidad de Bosa se mostró en las enfermedades cerebrovasculares un mayor riesgo de mortalidad del 23% para todas las edades, al incrementar la concentración de O₃ en combinación con el CO, es decir, no se presentó ningún porcentaje de riesgo días antes a la defunción por exposición.

A partir del diagnóstico de la contaminación de aire que se realizó con base en los registros de RMCAB, se evidenció que el principal problema que representa la ciudad de Bogotá es el PM₁₀, ya que sobrepasa los niveles máximos de exposición en varias localidades. El comportamiento de los contaminantes criterio en la ciudad está ligado a la ubicación de las zonas industriales, donde la mayor concentración de PM₁₀ se da en las localidades de Kennedy y Bosa y disminuye paulatinamente hacia el nororiente de la ciudad²⁶.

Las localidades Kennedy, Bosa y Puente Aranda han registrado datos que exceden los límites establecidos por la resolución 610 de 2010 en cuanto a concentraciones de PM₁₀, lo que se debe a la cantidad de fuentes fijas de la zona e infraestructura vial altamente influenciada por vehículos de carga pesada. Por tal motivo se decidió implementar restricciones de Pico y Placa para algunas horas del día, esto ha venido funcionando ya que los niveles de contaminantes medidos como el O₃ y el CO han disminuido²⁷, así mismo se podría implementar la restricción el Pico y Placa para vehículos de transporte público colectivo y de carga.

Por otra parte, en cuanto a la mortalidad por enfermedades cerebrovasculares en la localidad de Fontibón y Tunjuelito no se registraron valores estadísticamente significativos a diferencia de la localidad de Bosa, la cual fue una de las enfermedades más representativas. En Tunjuelito se pudo evidenciar que por un incremento de 13,3 ppb en el máximo horario de O₃ en el día del deceso (Lag 0) se mostró un aumento en el riesgo del 5,74% (IC95%: -22%; 43,3%)²⁸ y en Fontibón si se aumenta el promedio 8 horas de

O₃ y se combina con el NO₂ máximo horario, el riesgo sería del 9,3% (IC95%:-24,62%;58,77%)²⁹ a diferencia del porcentaje de riesgo arrojado para la localidad de Bosa; sin embargo cabe resaltar que el contaminante predominante de este tipo de enfermedad para las tres localidades fue el O₃, ya sea en combinación con otro contaminante e incluso en sus lags.

A pesar de que los datos obtenidos por parte del IDEAM y por RMCAB fueron pertinentes, se presentaron posibles limitaciones dentro del estudio las cuales fueron:

1. Se deseaba dar inicio al estudio de 2008 a 2014, sin embargo, por insuficiencia de datos registrados de los contaminantes para el año 2008, se decidió dar comienzo en el año 2009 con el fin de evitar sesgos dentro de la serie de tiempo estipulada.
2. Por otra parte, la localidad de Bosa no cuenta con su propia estación de medición de aire, tomando como referencia para los diferentes análisis en salud ambiental la estación más cercana (Carvajal) lo que conlleva a que no se tenga una certeza de la exactitud de los datos tomados y sea influenciado por factores externos.
3. Aunque se realizó un análisis para el promedio diario de PM_{2,5}, en este contaminante podría sugerirse un error, ya que sus concentraciones comenzaron a ser registradas por la RMCAB a partir del 2013.
4. Finalmente se estableció como criterio de inclusión para la mortalidad que el deceso fuera de personas que residían en la localidad de Bosa en el momento de la muerte, no fue posible establecer el tiempo que llevaba la persona viviendo en dicha localidad, por lo tanto, no se puede atribuir que el efecto se deba a una exposición aguda³⁰.

Los tipos de estudios epidemiológicos describen la frecuencia y las características más importantes de un problema de salud. En cuanto al estudio ecológico, el cual fue utilizado para realizar el estudio, permitió detallar diferentes tipos de enfermedades de la población que reside en la localidad de Bosa en relación a las concentraciones de los contaminantes presentes en el aire. A diferencia de otros estudios este permitió culminarlo en un lapso de tiempo más corto, no requirió de ningún costo económico y en cuanto a los datos e información necesaria fueron de fácil acceso. Sin embargo, este estudio no pudo determinar si existe una asociación entre una exposición y una enfermedad a nivel individual generando así una llamada falacia ecológica.

Se recomienda utilizar otro tipo de estudio que incluya la variable socioeconómica y sobre todo se tenga conocimiento si el individuo reside en la localidad de Bosa, con el fin de categorizar si dicha exposición es aguda con una duración no mayor a 24 horas o una exposición crónica. No obstante, este estudio podría tener un enfoque para próximas investigaciones en los niños menores de 5 años para las enfermedades cardiopulmonares, ya que no solamente los adultos mayores de 65 años vienen a ser la población vulnerable dentro de este estudio.

Esta investigación puede servir como herramienta de ayuda a los entes reguladores como la Secretaria Distrital de Salud (SDS) y la Secretaria Distrital de Ambiente (SDA) con el fin de tomar medidas rigurosas para garantizar el derecho a la salud y a un ambiente sano que contribuya al mejoramiento de la calidad de vida de la población del Distrito Capital y en su efecto a la población que se encuentra actualmente viviendo en la localidad de Bosa. No obstante, esta problemática permite crear políticas distritales interdisciplinarias

que permitan generar un control sobre las fuentes generadoras de emisiones y sobre todo aquellas fuentes fijas informales, contribuyendo a la disminución de factores de riesgos asociados a las apariciones de enfermedades cardiopulmonares y respiratorias.

Por otra parte, es necesario crear incentivos que favorezcan la sustitución de combustibles en fuentes fijas, ya que actualmente dichas medidas se formulan como estrategias para reducir las emisiones de PM₁₀ en la ciudad, ignorando los altos costos que no son retribuidos para quienes los implementen.

Para concluir la mortalidad cardiopulmonar tuvo resultados estadísticamente significativos para los adultos mayores de 65 años, donde se evidenció una asociación entre los contaminantes O₃ y SO₂ incrementando el riesgo para la población (todas las edades y mayores de 65 años) durante la serie de tiempo analizada 2009 – 2014 afectando directamente la salud de la población que se encuentra localizada en Bosa; por otra parte se demuestra que las enfermedades cerebrovasculares prevalecen por tener un mayor porcentaje de riesgo sobre la población para todas las edades, siendo esta enfermedad la más representativa dentro del estudio realizado.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- (1) Elkin Martínez L, Carlos Quiroz, Fernando Cardozo, Alexandra Montoya E. Contaminación Atmosférica y Efectos en la Salud de la población de Medellín y su área metropolitana. Centro de Investigaciones, 2007.
- (2) Hernández LJ, Aristizábal G, Salgado Y, Cantor L, Medina K, Reyes J. Asociación entre la contaminación del aire y la morbilidad por enfermedad respiratoria aguda en menores de cinco años en tres localidades de Bogotá. *Pediatría* 2012 Jun;45(2):124-138.
- (3) Guardela Contreras LM, Barrios Alvarado I. Colombia: ¿en la vía del desarrollo sostenible? *Revista de Derecho* 2006 Dec 1,(26):110-136.
- (4) Ministerio de Ambiente y Desarrollo Territorial, IDEAM. Informe Anual sobre el Estado del Medio Ambiente y los Recursos Naturales Renovables en Colombia Calidad del Aire y Salud, 2007.
- (5) Lin H, Liu T, Xiao J, Zeng W, Li X, Guo L, et al. Mortality burden of ambient fine particulate air pollution in six Chinese cities: Results from the Pearl River Delta study. *Environment International* 2016 Nov;96:91-97.
- (6) Fustel E, Martínez T, Cambra Koldo, López Laura, Boldo Elena et al, Evaluación En Cinco Ciudades Españolas Del Impacto En Salud De La Contaminación Atmosférica Por Partículas. Proyecto Europeo Apehis. Original. *Rev Esp Salud Pública* 2005; 79: 297-308.
- (7) Actualización mundial 2. Guías de calidad del aire de la OMS relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre; 2005.
- (8) Juan Felipe Franco R. Contaminación atmosférica en centros urbanos. Desafío para lograr su sostenibilidad: caso de estudio Bogotá. *Revista Escuela de Administración de Negocios* 2012 Aug 1,(72):193-204.
- (9) Secretaría Distrital de Ambiente. Número 1- diciembre 2010 Plan Decenal de Descontaminación del Aire para Bogotá.
- (10) Sergio Andrés Tobón O. Número 1 – septiembre de 2009 La calidad del aire y su incidencia en la mortalidad infantil: Algunas consideraciones.
- (11) Rojas NY. Aire y problemas ambientales de Bogotá. 2007;

- (12) GRUPO EDITORIAL. Boletín Epidemiológico Mensual de la Relación entre Calidad del Aire y Salud. Experian Commercial Risk Database 2017 Apr 1,.
- (13) Secretaria Distrital de Ambiente. Características generales de las estaciones de la Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá y parámetros medidos en cada una de ellas a 2013. <http://ambientebogota.gov.co/estaciones-rmcab>
- (14) Secretaria Distrital de Ambiente. Informe Anual 2011 Calidad del Aire Bogotá, RMCAB; 2012, 126PM04-PR84-M-A2-V1.0.
- (15) Saez M, Pérez-Hoyos S, Tobias A, Saurina C, Barceló MA, Ballester F. Métodos de series temporales en los estudios epidemiológicos sobre contaminación atmosférica. Revista Española de Salud Pública 1999 Mar 1,;73(2):133-143.
- (16) Abelardo Montesino L. ESTUDIO DEL AIC Y BIC EN LA SELECCIÓN DE MODELOS DE VIDA CON DATOS CENSURADOS: Centro de Investigación en Matemáticas, A.C., 2011 Agos.
- (17) Uribe Botero B. Intervención Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Resolución 610 de 2010. Revista de Ingeniería 2011 Jul 1,;35:52.
- (18) P.M. Garamendi González y M.S. Sánchez de León Robles. Mortality associated with atmospheric pollution by SO₂. A autopsy after an episode of 2.
- (19) S Walters, R K Griffiths, J G Ayres. Temporal association between hospital admissions for asthma in Birmingham and ambient levels of sulphur dioxide and smoke. Thorax 1994 Feb 1,;49(2):133-140.
- (20) Segala C, Aubier M, Medina S. Relationship of asthma to low-level sulfur dioxide in black smokers in adults: analysis of autocorrelated data. Am. J Resp Crit Care Med. 1995; 151: A359.
- (21) Ballester, Ferrán; Saez, Marc; Daponte, Antonio; Ordóñez, Jose María; Taracido, Margarita; Cambra, et al. El Proyecto EMECAS: Protocolo del Estudio Multicéntrico en España de los Efectos a Corto Plazo de la Contaminación atmosférica sobre la Salud. Revista Española de Salud Pública ISSN: 1135-5727 resp@msc.es Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad España. ;79.
- (22) Clancy L, Goodman P, Sinclair H, Dockery DW. Effect of air-pollution control on death rates in Dublin, Ireland: an intervention study. The Lancet 2002;360(9341):1210-1214.
- (23) Sue Hughes. La contaminación del aire se vincula a una mayor mortalidad por accidente cerebrovascular - Medscape - 24 de nov de 2016.
- (24) Desikan A, Crichton S, Hoang U, Barratt B, Beevers S, Kelly F, et al. Effect of Exhaust- and Nonexhaust-Related Components of Particulate Matter on Long-Term Survival After Stroke. Stroke 2016 Dec;47(12):2916-2922.
- (25) Matsuo R, Michikawa T, Ueda K, Ago T, Nitta H, Kitazono T, et al. Short-Term Exposure to Fine Particulate Matter and Risk of Ischemic Stroke. Stroke 2016 Dec;47(12):3032-3034.
- (26) University College London – Universidad de los Andes. Caracterización de la contaminación atmosférica en Colombia 2013 Abr.
- (27) Secretaría Distrital de Planeación. Índices de Ciudad 2013.
- (28) García-Díaz KA, Efectos A Corto Plazo De La Contaminación Del Aire Sobre La Mortalidad Cardiopulmonar En La Localidad De Tunjuelito; 2017.
- (29) I E F I A S S A INAM USTA P Social y Salud Pública. Universidad Santo Tomás de Bogotá D.C., Colombia. e-mail: connyyohanna@gmail.com – conny.buitrago@usantotomas.edu.co. EVALUATION OF THE SHORT-TERM EFFECTS OF CRITERIA

- POLLUTANTS ON CARDIOPULMONARY MORTALITY IN FONTIBÓN-BOGOTÁ Buitrago Ocampo Conny Yohana¹.
- (30) Blanco-Becerra LC, Miranda-Soberanis V, Hernández-Cadena L, Barraza-Villarreal A, Junger W, Hurtado-Díaz M, et al. Effect of particulate matter less than 10µm (PM10) on mortality in Bogota, Colombia: a time-series analysis, 1998-2006. *Salud pública de México* 2014 Jul;56(4):363.