

EFFECTO A CORTO PLAZO DEL PM₁₀ Y OZONO SOBRE LA MORTALIDAD CARDIOPULMONAR EN LA LOCALIDAD DE SANTA FE, BOGOTÁ 2012 - 2014.

SHORT-TERM EFFECT OF PM₁₀ AND OZONE ON CARDIOPULMONARY MORTALITY IN THE LOCALITY OF SANTA FE, BOGOTÁ 2012 - 2014

Robles Obando Liz Daniella¹

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: lizrobles@usantotomas.edu.co

RESUMEN

Objetivo: Evaluar el efecto a corto plazo del PM₁₀ y Ozono sobre la mortalidad cardiopulmonar en la localidad de Santa Fe de Bogotá para el periodo 2012-2014.

Metodología: Estudio de series de tiempo que utilizó modelos de Poisson ajustados por factores de confusión relacionados con variaciones en el tiempo tales como temperatura y humedad relativa, utilizando estructuras auto correlativas que incluyeron el promedio móvil de 3 días y efectos diferidos (lags) de hasta 5 días para los contaminantes individuales. Se utilizó la información horaria registrada en la estación de monitoreo de calidad del aire de la localidad, la cual es de tipo tráfico. La causa antecedente de mortalidad cardiopulmonar diaria en la localidad se obtuvo de la Secretaria Distrital de Salud de Bogotá.

Resultados: Se evidenció un efecto de la exposición a PM₁₀ y Ozono en la mortalidad cardiopulmonar, que no fue estadísticamente significativa. En todas las edades, por un incremento de 10 µg/m³ en el promedio diario de PM₁₀ se observó un aumento del 1% (IC95%:-6,33; 9,10) en la mortalidad cardiopulmonar dos días antes del deceso (lag2), un incremento del 3% (IC95%:-6,78; 14,16) en la mortalidad cardiovascular en el lag2 y un incremento del 1% (IC95%:-13;16) en la mortalidad por infección respiratoria de las vías aéreas inferiores en el día del deceso (lag0). Así mismo, un aumento de 11 ppb en el promedio máximo diario 8 horas de ozono incrementa la mortalidad cardiopulmonar en un 5% (IC95%:-11,16; 24,57) un día antes del deceso (lag1).

Conclusiones: Los resultados muestran una evidencia entre la relación de los contaminantes PM₁₀ y O₃ y la mortalidad cardiopulmonar, aunque los valores no fueron estadísticamente significativos. Además, se pudo evidenciar que el grupo etario que tiene mayor riesgo de mortalidad cardiopulmonar es el de las personas mayores de 65 años.

Palabras clave: mortalidad cardiopulmonar, estudio de series de tiempo, PM₁₀, ozono, infección respiratoria de las vías aéreas inferiores.

ABSTRACT

Objective: evaluate the short-term effect of PM₁₀ and ozone on cardiopulmonary mortality in the locality of Santa Fe of Bogotá for the period 2012-2014.

Methods: time series study that used Poisson models adjusted for confounding factors related to variations in time such as temperature and relative humidity, using self-correlative structures that included the 3 day moving average and deferred effects (lags) up to 5 days for individual and combined contaminants. We used hourly information recorded on the air quality monitoring station of the locality, which is a traffic type. The antecedent cause of daily cardiopulmonary mortality in the locality was obtained from the District Health Secretary of Bogotá.

Results: an effect of the exposure to PM₁₀ and Ozone in cardiopulmonary mortality was evidenced, which was not statistically significant. In all ages, a 10 µg/m³ increase in the average daily of PM₁₀ showed a 1% (95% CI:-6.33; 9.10) increase in cardiopulmonary mortality two days before death (lag2), an increase of 3% (95% CI: -6.78; 14.16) in cardiovascular mortality in lag2 and an increase of 1% (95% CI:-13;16) in mortality from lower respiratory tract infection on the day of death (Lag0). Likewise, an increase of 11 ppb in the average daily maximum 8 hours of ozone increases cardiopulmonary mortality by 5% (95% CI:-11.16; 24.57) one day before death (lag1).

Conclusions: the results show evidence in the association of PM₁₀ and O₃ contaminants and cardiopulmonary mortality, although the values are not statistically significant. In addition, it was possible to show that the age group with the highest risk of cardiopulmonary mortality is those older than 65 years.

Key Words: cardiopulmonary mortality, time series study, PM₁₀, ozone, low respiratory infection.

INTRODUCCIÓN

La contaminación del aire representa un importante riesgo medioambiental para la salud, tanto en países desarrollados como en países en desarrollo [1]. Los efectos sobre la salud por contaminación atmosférica pueden ser causados por la inhalación de contaminantes como: ozono (O₃), dióxido de nitrógeno (NO₂), dióxido de azufre (SO₂), monóxido de carbono (CO), plomo (Pb), material particulado con diámetro aerodinámico menor a 10 µm y 2.5 µm (PM₁₀ y PM_{2.5}) o por diversas toxinas en el aire [2]; cuya fuente principal es la emisión de gases por la combustión de gasolina, diésel, gas natural [3], o por emisiones de chimeneas industriales, consumo de energía, entre otros [2]. Los efectos sobre la salud pueden abarcar enfermedades respiratorias, pulmonares, cardiopatías y neumopatías [1], siendo más vulnerables aquellas personas que son menores de 2 años [4], ancianos y que tengan enfermedades cardíacas, asma y otros marcadores genéticos [5].

Estudios epidemiológicos se han llevado a cabo estimando la asociación existente entre la exposición a los contaminantes atmosféricos a corto y largo plazo, con la morbilidad y mortalidad. Un estudio realizado en China en el 2004 reportó que por el aumento de 10 µg/m³ de PM₁₀ se incrementa un 0,4% la mortalidad cardiovascular y 0,6% la mortalidad pulmonar [6]. En Estados Unidos en el 2015 se encontró que un incremento de 100 ppb de O₃ se asocia con un aumento de 0,45% en la mortalidad respiratoria [7]. En China en el 2012 se evaluó la asociación entre la mortalidad por EPOC (Enfermedad Pulmonar

Obstructiva Crónica) y la exposición a PM_{10} , como resultado se observó que el incremento de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM_{10} aumenta un 2,7% las hospitalizaciones y un 1,1% la mortalidad por EPOC [8]. Por otra parte en Bélgica en el 2013 se encontró que al incrementar $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ el PM_{10} , aumenta un 1,8% la morbilidad por Infarto Agudo de Miocardio [9].

En Latino América la mala calidad del aire genera impactos sobre la salud, el bienestar social y la economía, disminuyendo las condiciones vitales de los ciudadanos [10]. Según el CAI (Clean Air Institute) en América Latina hay países que no miden la calidad de aire, sólo 17 de los 33 países cuentan con redes de monitoreo de calidad del aire [11], afectando la percepción del estado general de la calidad de aire en la zona [10]. En el 2001 el CAI realizó un reporte con la información de varias ciudades de América Latina y el Caribe, indicando que todas las ciudades excedieron los valores máximos establecidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS), destacándose Bogotá, Lima, Monterrey, Guadalajara, Medellín, San Salvador, entre otros [10] [12].

Para el 2010 Colombia contaba con 170 estaciones de monitoreo de calidad de aire, donde los contaminantes más monitoreados fueron PM_{10} (el 85% de las estaciones lo monitorea), seguido de NO_2 , SO_2 , O_3 , PST, CO y $PM_{2.5}$. En el periodo 2007- 2010 las corporaciones autónomas regionales CAR, CORPONOR, AMVA y CORPOANTIOQUIA registraron más concentraciones de PM_{10} [13], aunque las ciudades que más contribuyen a la mala calidad del aire del país son Bogotá y Medellín [14]. Colombia es uno de los países de América que tienen más muertes atribuidas a la contaminación atmosférica, 158 muertes por enfermedades respiratorias agudas, 270 muertes por EPOC, 748 muertes por cáncer de pulmón, 3.688 muertes por enfermedades isquémicas del corazón y 1.638 muertes por derrame cerebral [12].

Bogotá, capital de Colombia, es una de las ciudades más contaminada de Latinoamérica [15], la Secretaría Distrital de Ambiente (SDA) ha estimado que las principales fuentes de emisión son las industrias y las fuentes móviles [16]. En el 2015 la estación que reportó concentraciones que excedían los valores máximos permisibles por la legislación nacional fue la de Carvajal-Sevillana, reportes de años anteriores han indicado que la localidad de Kennedy es la zona más contaminada del país [14]. Estudios realizados en la ciudad indican que la mortalidad general en la población aumenta 0,71% al incrementar $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y 1,43% por mortalidad respiratoria [17].

La localidad de Santa Fe, objeto del presente estudio, está ubicada en la parte centro-oriental de la ciudad de Bogotá, tiene una extensión total de 4.517 hectáreas (ha), de las cuales 3.820 ha están catalogadas como suelo rural y 697 ha pertenecen a suelo urbano. De acuerdo a los resultados del Censo 2005 del DANE, el total de hogares particulares censados en Santa Fe corresponde a 32.219, de los cuales 1.366 (4,1%) tiene alguna actividad económica al interior de los hogares, donde el 40% se dedican al desarrollo de actividades del sector servicios, el 35,9% a comercio y el 13,8% a industria [18]. Se estima que la mala calidad del aire en la localidad principalmente se debe al tránsito de vehículos particulares y Transmilenio, seguido por actividades industriales como las ladrilleras y la

incineración de las basuras domésticas en zonas rurales, donde no se presta el servicio de recolección de residuos [19]. Para el año 2014 la estación “Sagrado Corazón” o “Ministerio de Ambiente” de la localidad Santa Fe reportó un promedio anual de PM_{10} de $43 \mu\text{g}/\text{m}^3$ disminuyendo en el año 2015 a $34 \mu\text{g}/\text{m}^3$, cumpliendo con la norma nacional anual, lo mismo para $PM_{2.5}$ donde en el 2015 el promedio anual fue de $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ [20].

En cuanto a mortalidad, la localidad para el año 2007 presentó 70 muertes por enfermedades isquémicas del corazón, 57 por enfermedades cerebrovasculares, 33 muertes por enfermedades crónicas de las vías respiratorias inferiores, 26 muertes en enfermedades cardiopulmonares y 19 muertes por infecciones respiratorias agudas [21].

El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto a corto plazo del PM_{10} y Ozono sobre la mortalidad cardiopulmonar en la localidad de Santa Fe de la ciudad de Bogotá para el periodo del 2012 al 2014.

MATERIALES Y MÉTODOS

Diseño de estudio

Se realizó un estudio ecológico de series de tiempo, en la localidad de Santa Fe para el periodo 2012-2014, utilizando modelos estadísticos que permiten construir una descripción o modelo explicativo de la evolución temporal de las variables, cuantificando los efectos de factores de riesgo [22], como la exposición a los contaminantes atmosféricos; adicionalmente el estudio utilizó lags o retardos, los cuales dan mayor flexibilidad para evaluar de mejor manera los impactos de la contaminación del aire [23]. El modelo estadístico utilizado fue la distribución condicional de Poisson [24] que permite analizar los efectos mixtos e individuales de los contaminantes criterio sobre la mortalidad cardiopulmonar. Éste estudio hace parte del proyecto “Efecto a corto plazo de la contaminación del aire sobre la mortalidad cardiopulmonar en cuatro localidades de Bogotá”, desarrollado por la Maestría de Salud Pública de la Universidad Santo Tomas.

Datos sobre contaminación, variables meteorológicas y mortalidad

Los datos de contaminación del aire y variables meteorológicas se obtuvieron de la estación de la Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá (RMCAB), ubicada en la localidad de Santa Fe, la cual pertenece a la Secretaria Distrital de Ambiente (SDA). La estación se identifica con el nombre de “Sagrado Corazón” o “Ministerio de Ambiente”, localizada en las coordenadas $4^{\circ}37'31.75''\text{N}$ y $74^{\circ}4'1.13''\text{W}$, específicamente en la dirección Calle 37 # 8-40, siendo la zona de tipo urbana, con una altitud 2.621 m [25]. La estación es de tipo de tráfico, lo cual indica que está ubicada de manera que el nivel de contaminante medido está determinando principalmente por emisiones del tráfico cercano [26]. La base de datos proporcionada por la SDA registra información horaria de los contaminantes PM_{10} y O_3 , además de variables meteorológicas como humedad relativa y temperatura.

Los datos de mortalidad cardiopulmonar se obtuvieron de la Secretaria Distrital de Salud de Bogotá (SDS), donde se seleccionaron las causas cardiopulmonares definidas en la Clasificación Estadística Internacional de Enfermedades en su décima versión (CIE-10) (Tabla 1), estratificando por grupos etarios de menores de 1 año, 1 a 5 años, 6 a 14 años, 15 a 64 y mayores de 65 años.

Tabla 1. Diagnósticos de patologías de mortalidad cardiopulmonar

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).

Tratamiento de datos de contaminantes y mortalidad

La base original de contaminantes para la localidad de Santa Fe comprendía el periodo 2008-2014, a la cual se le realizó un análisis descriptivo en cuanto a la disponibilidad de datos anuales, indicando que los años 2008 y 2009 no cumplían con el porcentaje mínimo de datos (75%), además en el año 2011 la estación fue trasladada dejando de registrar datos por 9 meses continuos, razón por la cual se decidió limitar el análisis al periodo comprendido entre los años 2012 a 2014.

La estación mide los contaminantes PM₁₀, PM_{2.5}, O₃ y CO, de los cuales PM_{2.5} y CO no disponían de por lo menos el 75% de datos, por lo cual se excluyeron del análisis. Para O₃ se calculó el promedio móvil máximo horario de 8 horas y el máximo diario, mientras que para PM₁₀, la humedad relativa y la temperatura se estimó el promedio de 24 horas.

La base de datos de mortalidad de la ciudad de Bogotá comprendía información desde el 2008 hasta el 2014. Para el desarrollo del trabajo sólo se seleccionaron los años 2012 a 2014; debido a que la estación no registró datos por 9 meses consecutivos en el año 2011 generando un sesgo en el modelo, luego mediante filtros del programa Microsoft Excel se dejó únicamente la información de la localidad de Santa Fe; la información fue

posteriormente estratificada por los códigos establecidos en la CIE-10 (Tabla 1) y clasificada por grupos etarios. Los días que registraron muertes se les asignó el valor 1 en la matriz y los días en los que no se presentaron defunciones se marcaron con 0, esto con el fin de realizar un conteo de los eventos por día de estudio.

Método estadístico

Mediante el software IBM SPSS Statistics 23 se realizó un análisis exploratorio de datos para los contaminantes PM₁₀ y O₃, además de las enfermedades cardiovasculares, cardiopulmonares y respiratorias por grupos etarios, calculando estadísticos como: la media, mediana, desviación estándar, máximos, mínimos, rango intercuartil y los percentiles 25 y 75.

La relación entre la mortalidad por enfermedades cardiopulmonares y los contaminantes atmosféricos fueron estimados usando el modelo de regresión condicional de Poisson con efectos mixtos y efectos fijos, ajustando por factores de confusión como la temperatura, la humedad relativa y los días festivos a lo largo del periodo de estudio [24]. La relación entre ambas variables (enfermedades y contaminantes) fueron examinadas mediante el uso de estructuras auto correlativas de efectos diferidos de 0 hasta de 5 días, incluyendo el promedio móvil de 3 y 5 días de la concentración [27]; para cuantificar el aumento del riesgo en la mortalidad se utilizó un valor de 10 µg/m³ para PM₁₀ y 11 ppb para O₃.

Para la selección de los modelos que se ajustaran mejor a la realidad, se utilizaron los criterios de información de Akaike (AIC) y el de información Bayesiano (BIC), mientras que para las combinaciones de contaminantes se tuvo en cuenta la correlación de Pearson y el factor de inflación de la varianza (VIF). El análisis de los contaminantes sobre la mortalidad se realizó en el software STATA 11.

RESULTADOS

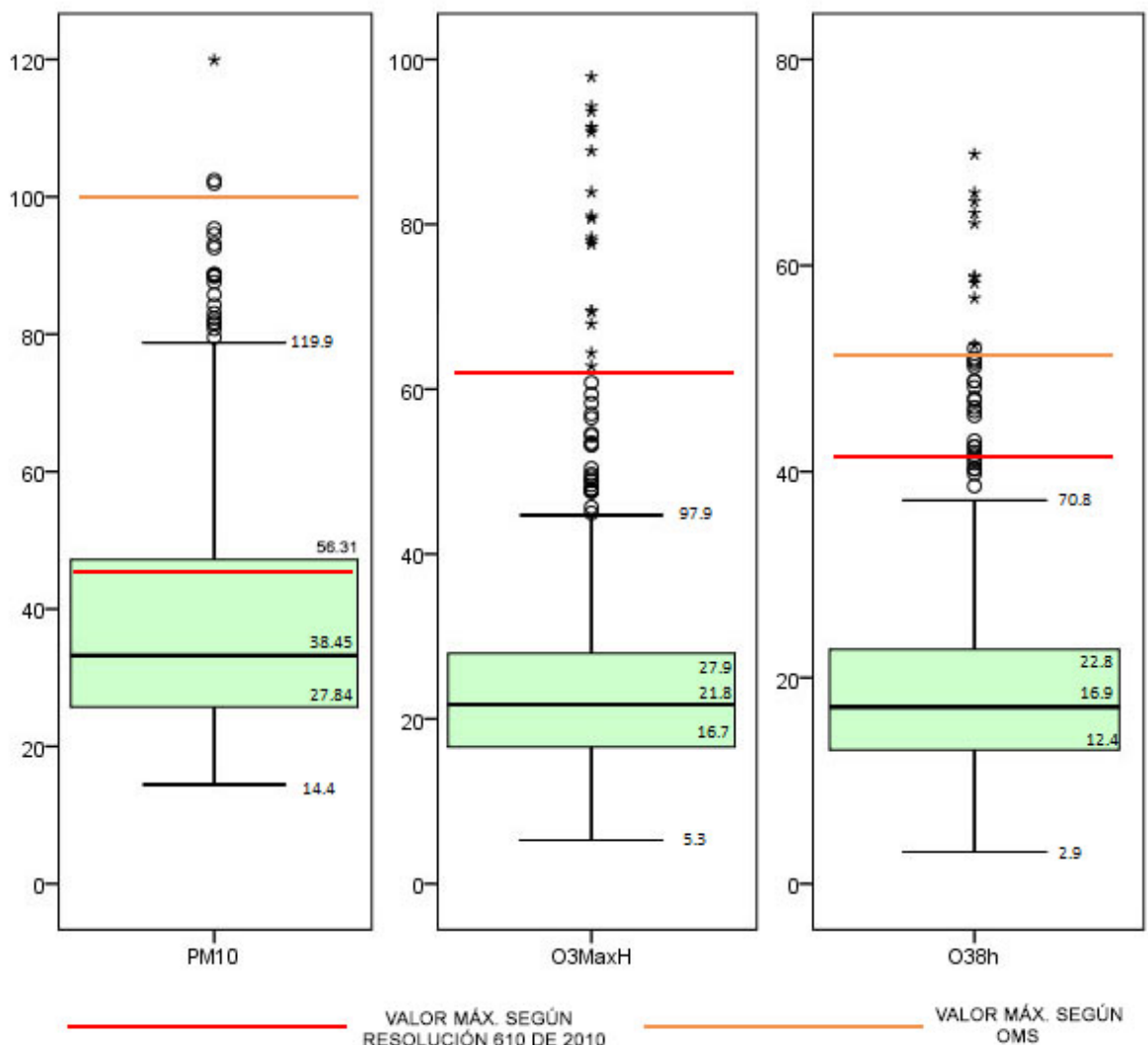
En el análisis exploratorio de los contaminantes se observó que la media diaria de PM₁₀ fue 38,4 µg/m³, concentración que sobrepasa el valor anual establecido por la Organización Mundial de la Salud (OMS) de 20 µg/m³, pero no excede el valor diario establecido por la OMS y la normatividad colombiana (Resolución 610 de 2010), de 50 y 100 µg/m³, respectivamente. Para ozono, el valor máximo establecido para el promedio máximo 8 horas por la OMS (51 ppb) y la legislación colombiana (41 ppb), no fue sobrepasado en la localidad, ya que el valor obtenido fue de 19,24 ppb; para el O₃ máximo horario se registró un promedio de 24,66 ppb, el cual no excede lo permitido por la resolución 610 de 2010, que establece una concentración máxima horaria de 61 ppb.

En la figura 1 se puede observar que se ha reportado como valor máximo de O₃ máximo horario una concentración de 97,9 ppb, valor que excede en 163% lo establecido por la resolución 610 del 2010; igual situación se evidencia con el O₃ promedio máximo de ocho

horas, con un valor máximo de 70,8 ppb, excediendo en 141% lo establecido por la OMS y 177% lo establecido por la legislación colombiana.

Durante el periodo de estudio se obtuvo un total de 1.837 muertes por todas las causas, donde el 26,5% (n=488) correspondió a causas cardiopulmonares, de las cuales el 77% (n=377) ocurrió en el grupo de mayores de 65 años. Del total de la muertes cardiopulmonares el 65,4% (n=319) fueron por enfermedades cardiovasculares, de las cuales el 75% (n=239) ocurrió en los mayores de 65 años; las muertes por enfermedades respiratorias representaron el 34,6% (n=169) del total de las cardiopulmonares, donde el 79,8% (n=135) se dio en la población mayor de 65 años.

Figura 1. Comportamiento de PM₁₀ y O₃ en la localidad de Santa Fe. 2012 -2014



Fuente: El autor

De las muertes cardiovasculares el 58% (n=139) ocurrió por enfermedades agudas del miocardio, donde un 79,8% (n=111) se presentó en las personas mayores de 65 años; las disritmias representaron un 37,6% (n=90), del cual el 83% (n=75) se presentó en el grupo etario de mayores de 65 años y finalmente las enfermedades cerebrovasculares representaron un 34,3% (n=82), donde el 68,2% (n=56) se presentó en las personas mayores de 65 años. En las defunciones respiratorias, del total el 62% (n=105) ocurrió por infecciones respiratorias de las vías inferiores, donde el 71% (n=75) se observó en el grupo de mayores de 65 años, mientras que las enfermedades pulmonares obstructivas crónicas representaron el 37,2% (n=63), de las cuales el 93% (n=59) se registró en los mayores de 65 años (Tabla 2).

Tabla 2. Comportamiento de la mortalidad Localidad Santa Fe, 2012 - 2014

Mortalidad	Defunciones	Media	D.E	Mínimo	Máximo
CP Total	488	0,44	0,67	0	4
CP > 65 años	377	0,34	0,58	0	4
CV Total	319	0,29	0,55	0	3
CV > 65 años	239	0,25	0,48	0	3
RP Total	169	0,15	0,40	0	3
RP > 65 años	135	0,12	0,16	0	3
IAM Total	139	0,12	0,36	0	2
IAM > 65 años	111	0,10	0,32	0	2
DR Total	90	0,09	0,3	0	2
DR > 65 años	75	0,07	0,25	0	2
CRB Total	82	0,07	0,28	0	2
CRB > 65 años	56	0,05	0,22	0	2
LRI Total	105	0,09	0,32	0	3
LRI > 65 años	75	0,06	0,26	0	2
EPOC Total	63	0,05	0,23	0	1
EPOC > 65 años	59	0,05	0,22	0	1

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

Fuente: El autor.

De la población total en el año 2012 por cada cien mil personas, 0,015% murieron por enfermedades cardiopulmonares (66,7% por enfermedades cardiovasculares y 33,3% por enfermedades respiratorias); en el 2013 por cada cien mil personas murieron 0,015% por enfermedades cardiopulmonares (60% por enfermedades cardiovasculares y 40% por enfermedades respiratorias); y en el 2014 por cada cien mil personas murieron 0,014% por enfermedades cardiopulmonares (64,3% por enfermedades cardiovasculares y 35,7% por enfermedades respiratorias). Para el grupo de mayores de 65 años durante el periodo de estudio por cada mil personas murieron 0,039% por enfermedades cardiopulmonares (64,1% por enfermedades cardiovasculares y 35,9% por enfermedades respiratorias).

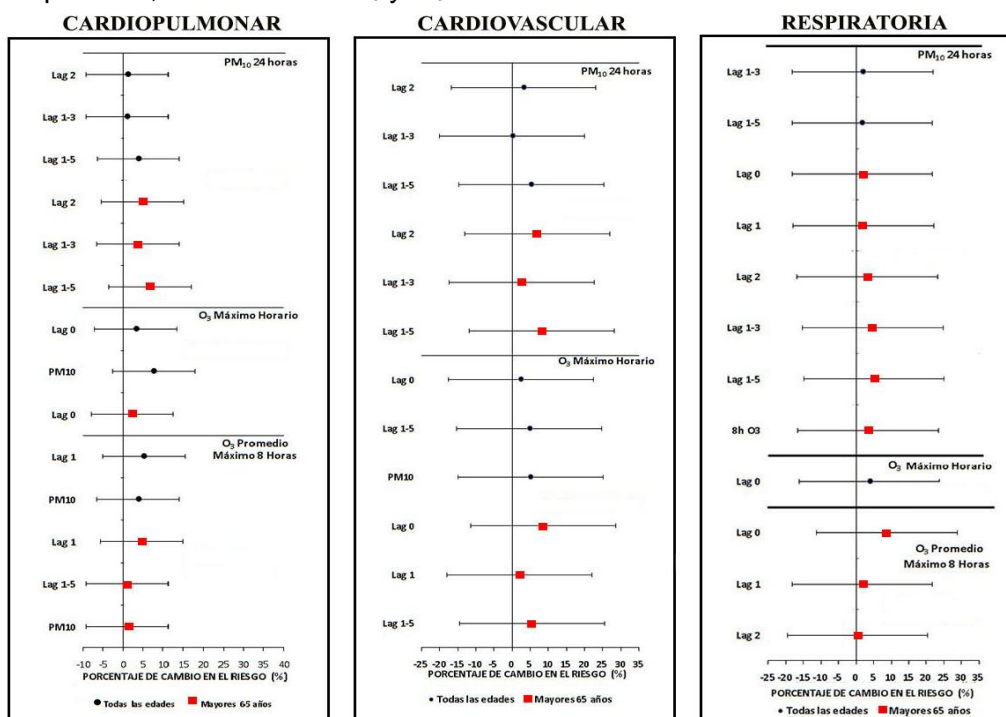
Cambio en el porcentaje de riesgo en la mortalidad

Aunque los resultados no fueron estadísticamente significativos, se evidenció una relación entre los contaminantes y los diagnósticos estudiados, en todas las edades y los mayores de 65 años.

Mortalidad Cardiopulmonar, Cardiovascular y Respiratoria

Para la mortalidad cardiopulmonar, en todas las edades, se observó que por un incremento de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM_{10} en el promedio de 24 horas aumenta el riesgo un 1% (IC95%:-6,3;9,1) tomando como referencia un período de dos días anteriores al deceso (lag 2) y en el lag 1-5 aumenta un 3% (IC95%:-6,05;14,7); para el grupo de mayores de 65 años, en el lag 2 se observó un incremento del 4% (IC95%:-3,5;14,07). Para el ozono, en todas las edades, el incremento de 11 ppb en el valor máximo horario el día del deceso (lag 0), aumenta el riesgo en 3% (IC95%:-11,5; 20,3), mientras que en el grupo de mayores de 65 años incremento en 2% la mortalidad (IC95%:-14,2; 22). En el grupo de mayores de 65 años, un aumento de 11 ppb de O_3 en el promedio máximo 8 horas en el lag 1, incrementó el riesgo de mortalidad en un 4% (IC95%:-14,04; 27,4). Al combinar los contaminantes, en todas las edades, por un incremento de 11 ppb de O_3 en el promedio máximo 8 horas y $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM_{10} en el promedio 24 horas, se encontró un aumento del 3% en la mortalidad (IC95%:-13,6; 24,02); cuando se combina el O_3 máximo horario y el PM_{10} , se encontró un incremento del 7% (IC95%:-8,9; 27,01) (Figura 2).

Figura 2. Porcentaje de cambio en el riesgo en la mortalidad cardiopulmonar, cardiovascular y respiratoria, asociada a PM_{10} y O_3 utilizando diferentes estructuras de retraso



Fuente: El autor.

Frente a la mortalidad cardiovascular por un incremento de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM_{10} en el promedio 24 horas en el lag 2, el riesgo aumento en 3% (IC95%:-6,7; 14,1) y en el lag 1-5 hubo un aumento de 5% (IC95%:-7,2; 19,3) en todas las edades y un 6% (IC95%:-4,9; 20,3) en los mayores de 65 años. Para un incremento de 11 ppb de ozono en el máximo horario en el lag 0, aumenta la mortalidad un 2% (IC95%:-16,1; 24,9) para todas las edades y un 8% (IC95%:-13,8; 36,9) en los mayores de 65 años. Se encontró un incremento del 5% en el riesgo de mortalidad (IC95%:-15,1; 30,1) para todas las edades cuando el O_3 máximo horario se combinó con el PM_{10} promedio 24 horas (Figura 2).

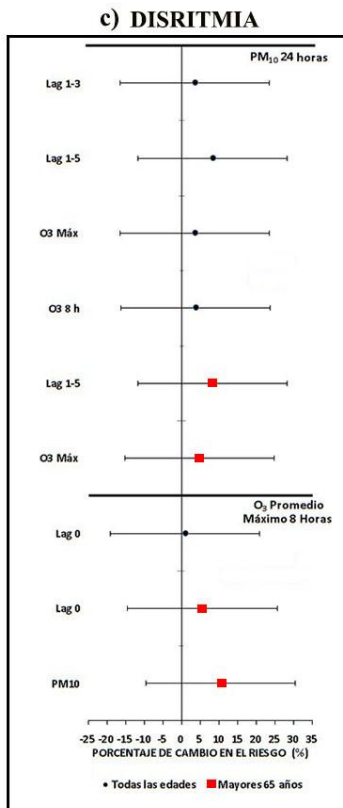
Respecto a la mortalidad respiratoria, por un incremento de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM_{10} en el promedio 24 horas en el Lag 1-3, se observó un aumento de 1,8% (IC95%:-11,6; 17,3) en la mortalidad en todas las edades, mientras para los mayores de 65 años fue de 4% (IC95%:-10,2; 22,1). En el grupo de mayores de 65 años se evidenció un incremento de 1,7% (IC95%:-11,5; 16,9) en el lag 0, 2% (IC95%:-11,3; 17,5) en el lag 1 y 3% (IC95%:-8,86; 16,7) en el lag 2 por el aumento de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM_{10} en el promedio 24 horas. Para ozono, cuando se presenta un incremento de 11 ppb en el máximo horario, en lag 0 aumenta un 3% (IC95%: -18,7; 32,5) la mortalidad en todas las edades. En los mayores de 65 años, se incrementa el riesgo de mortalidad en un 8% (IC95%:22,46; 52,49) en el lag 0 y un 1,7% (IC95%: -25,6; 39,2) en el lag 1 por un aumento de 11 ppb de O_3 en el promedio máximo 8 horas. Se evidenció que al combinarse el PM_{10} promedio 24 horas con el ozono promedio máximo de 8 horas aumenta un 3% (IC95%:-12,1; 21,7) el riesgo de mortalidad en el grupo de mayores de 65 años (Figura 2).

Mortalidad por enfermedades cardiovasculares específicas

Disritmia: Para todas las edades, se observó un incremento del riesgo del 3% (IC95%:-25,1; 42,7) en la mortalidad cuando el PM_{10} promedio 24 horas se combinó con ozono máximo horario y un 3,5% (IC95%:-18,8; 32,2) cuando se combina el PM_{10} promedio 24 horas con ozono promedio máximo 8 horas. Un incremento de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM_{10} en el promedio 24 horas aumento 8,3% (IC95%:-14,3; 37,06) la mortalidad en toda la población, en el Lag 1-5 y en la personas mayores de 65 años aumento 8,2% (IC95%: -17,3; 41,7).

En relación al ozono, un incremento de 11 ppb en el promedio máximo 8 horas en el día del deceso, aumento 5% (IC95%:-31,6; 62,8) la mortalidad en el grupo de mayores de 65 años y en todas las edades fue de 0,7% (IC95%:-30,5; 46,6). Finalmente, se incrementó el riesgo en los mayores de 65 años un 10,4% (IC95%:-30,7; 76,3) cuando el ozono promedio máximo 8 horas se combinó con el PM_{10} promedio 24 horas y un 4,7% (IC95%:-28,7; 53,8) cuando el PM_{10} promedio 24 horas se combinó con ozono máximo horario (Figura 3).

Figura 3. Porcentaje de cambio en el riesgo en la mortalidad por disritmias, asociada a PM₁₀ y O₃ utilizando diferentes estructuras de retraso



Fuente: El autor

Enfermedad cerebrovascular: Se encontró que para todas las edades, por un incremento de 10 µg/m³ de PM₁₀ en el promedio 24 horas en el Lag 1, aumento un 7,3% (IC 95%:-11;29) la mortalidad y para los mayores de 65 años, por un incremento de 11 ppb O₃ en el promedio máximo de 8 horas en el Lag1, aumenta un 5% (IC95%: -37;74) la mortalidad por esta patología (Tabla 3).

Tabla 3. Porcentaje de cambio en el riesgo por mortalidad por enfermedad cerebrovascular en la Localidad Santa Fe, 2012 - 2014

Grupo de Edad	Contaminante	Lag	RR	D.E	ICI	ICS	%CR
Todas	PM ₁₀	Lag 1	1,07	0,10	0,89	1,29	7,36
> 65 años	O ₃ 8 horas		1,05	0,27	0,63	1,74	5,05

RR: Riesgo Relativo; D.E: Desviación Estándar; ICI: Intervalo de Confianza Límite Inferior; ICS: Intervalo de Confianza Límite Superior; %CR: Porcentaje de Cambio en el Riesgo.

Fuente: El autor

Infarto agudo de miocardio (IAM): Para todas las edades se encontró un incremento del 1% (IC95%:-27;38) en el riesgo de mortalidad IAM por el aumento de 11 ppb de O₃ en el máximo horario combinado con PM₁₀ promedio 24 horas; además se observó un incremento

del 4,3% (IC95%:-25;44) del riesgo por un aumento de 11 ppb de O₃ en el promedio máximo 8 horario en el lag 1 y un incremento del 8,4% (IC95%:-8;26) en la mortalidad en el lag 2, por un aumento de 10 µg/m³ de PM₁₀ en el promedio 24 horas (Tabla 4).

Tabla 4. Porcentaje de cambio en el riesgo por mortalidad por IAM, en todas las edades, en la Localidad Santa Fe, 2012 - 2014

Contaminante	Lag o combinación con contaminante	RR	D.E	ICI	ICS	%CR
PM ₁₀	Lag 2	1,08	0,08	0,92	1,26	8,48
O ₃ Máximo h	PM ₁₀	1,01	0,16	0,73	1,38	1,01
O ₃ 8 horas	Lag 1	1,04	0,17	0,75	1,44	4,38

RR: Riesgo Relativo; D.E: Desviación Estándar; ICI: Intervalo de Confianza Límite Inferior; ICS: Intervalo de Confianza Límite Superior; %CR: Porcentaje de Cambio en el Riesgo.

Fuente: El autor

Mortalidad por enfermedades respiratorias específicas

Infección Respiratoria de las Vías Aéreas Inferiores (IRVAI) y Enfermedad Obstructiva Crónica (EPOC): En todas las edades, para la mortalidad por IRVAI se encontró que por un incremento de 10 µg/m³ de PM₁₀ en el promedio de 24 horas en el día de deceso (lag 0), el riesgo aumentó 1% (IC95%:-13; 17). Para EPOC un incremento de 10 µg/m³ de PM₁₀ en el promedio 24 horas, en el Lag 1, aumenta el riesgo en la mortalidad en 5,9% (IC95%:-14;29); para el Lag 1-3 se observó un aumento del 5,7% (IC95%:-16;32) y para el Lag 1-5 se encontró un incremento del 2% (IC95%: -22;32) en el riesgo de mortalidad por esta enfermedad (Tabla 5).

Tabla 5. Porcentaje de cambio en el riesgo por mortalidad por IRVAI y EPOC, en todas las edades, en la Localidad Santa Fe, 2012 - 2014

Enfermedad	Contaminante	Lag	RR	D.E	ICI	ICS	%CR
IRVAI	PM ₁₀	Lag 0	1,01	0,07	0,87	1,17	1,01
EPOC		Lag 1	1,05	0,10	0,86	1,29	5,97
		Lag 1-3	1,05	0,12	0,84	1,32	5,73
		Lag 1-5	1,02	0,13	0,78	1,32	2,10

RR: Riesgo Relativo; D.E: Desviación Estándar; ICI: Intervalo de Confianza Límite Inferior; ICS: Intervalo de Confianza Límite Superior; %CR: Porcentaje de Cambio en el Riesgo.

Fuente: El autor

DISCUSIÓN

El presente estudio analizó la asociación entre la mortalidad cardiopulmonar en la localidad de Santa Fe y la exposición a PM_{10} y O_3 . Dentro de los resultados la población que presentó mayor riesgo correspondió a las personas mayores de 65 años, siendo estas más susceptibles por condiciones como la rigidez torácica, la disminución de la fuerza de los músculos inspiratorios, menor efectividad de la tos y la disminución de la percepción bronquial [28].

Estudios realizados en otros países han encontrado resultados similares a los hallazgos del presente estudio. Para la mortalidad cardiopulmonar relacionada con la exposición a PM_{10} , Samet et al estimaron un riesgo del 0,68% [29] por incremento de $10 \mu g/m^3$ de PM_{10} en el promedio 24 horas; Wang et al encontraron un aumento en el riesgo del 0,88% [30] y Kan et al establecieron un riesgo del 0,6% en un estudio realizado en Europa [31]; estos valores son similares a los encontrados en el presente estudio, donde el riesgo aumento en un 1%. En relación a la exposición a ozono y su efecto en la mortalidad cardiopulmonar, Goudarzi et al encontraron un aumentó del 0,4% por un incremento de 5 ppb O_3 en el valor máximo horario [32], que puede compararse con el valor del presente estudio que fue del 3% por un incremento de 11 ppb, siendo mucho mayor.

Para la mortalidad por causa cardiovascular se encontró un riesgo del 6% por el incremento de $10 \mu g/m^3$ de PM_{10} en el promedio 24 horas, siendo un porcentaje mayor al registrado en otros estudios, como el realizado en Tangu (China) en el 2013 donde se encontró un aumento de 1,02% [30] y en Bangkok en el año 2002 del 1,9% [33]. Otros estudios han identificado asociación con valores más pequeños, como el de Toloumi et al en el año 2005, donde se encontró un riesgo del 0,86% en siete ciudades europeas [34], o el realizado en Shanghai en el 2000 con un riesgo del 0,27% [35] y del 0,69% en Estados Unidos realizado en el 2008 [36]. Respecto al ozono y su asociación con la mortalidad cardiovascular, Khaniabadi et. al reportaron que por un aumento de 10 ppb de ozono en el máximo horario se incrementa la mortalidad cardiovascular en un 0,4% [2], siendo este valor inferior comparado al encontrado en la presente investigación, el cual fue del 5%.

En cuanto a la mortalidad respiratoria, como resultado se obtuvo que al incrementar 11 ppb de O_3 en el máximo horario combinado con PM_{10} 24 horas, aumentó el riesgo en 3%; un estudio realizado en Australia indicó que las admisiones hospitalarias en su mayoría fueron por enfermedades respiratorias causadas por el material particulado y ozono [37], además el grupo etario de mayores de 64 años fue más vulnerable, lo cual se ratifica en estudios realizados por Miri et al. [38] y Cakmak et al. [27], donde el riesgo aumenta en un 1,7%, siendo similar a los resultados del presente trabajo.

Para la mortalidad por enfermedades específicas como la EPOC, el presente estudio encontró un aumento del riesgo del 5,9% en lag 1, por el incremento de $10 \mu g/m^3$ de PM_{10} en el promedio de 24 horas, mayor al encontrado en Medellín, donde se realizó un estudio

asociando los contaminantes con el EPOC, encontrado un aumento del riesgo de 1,33% al estar expuesto a $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM_{10} [39], lo cual se debe a la afectación que causa el contaminante por su carga oxidativa incidiendo en el diagnóstico [40]. El presente trabajo encontró que la mortalidad por infarto agudo del miocardio aumenta un 1% cuando se presenta un incremento de 11 ppb de O_3 en el valor máximo horario combinado con PM_{10} promedio 24 horas, efecto que se ha evidenciado en estudios que asocian PM_{10} con esta patología [41] y en donde el ozono contribuye en la mortalidad para esta enfermedad [42]. Para la mortalidad por la Infección Respiratoria de las Vías Aéreas Inferiores (IRVAI) en el presente estudio al incrementar $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM_{10} en el promedio de 24 horas aumenta 1% el riesgo, valor que puede ser comparado con un estudio realizado en Boston donde se obtuvo un valor similar, donde el grupo etario de 0-4 años fue el más susceptible [43]; por otro lado Brugha y Grigg encontraron un 50% de asociación entre la neumonía y el material particulado proveniente de los vehículos, aumentando la mortalidad en 1,7% [44]. Finalmente Guo et al. realizaron una investigación de la asociación de la bronquitis con contaminantes atmosféricos a corto plazo, donde la exposición a PM_{10} aumentaba el riesgo en 0,94% [45].

En conclusión el mayor efecto se evidenció en la mortalidad respiratoria en el grupo de todas las edades (figura 2) en el lag 1-5; para el grupo de mayores de 65 años en este mismo lag se observó el mayor efecto en la mortalidad cardiovascular al estar expuesto a material particulado. En el ozono máximo horario se observó mayor efecto en la mortalidad respiratoria para todas las edades en el lag 0, mientras para ozono máximo de 8 horas combinado con PM_{10} el efecto se observó en la mortalidad por disritmia en personas mayores de 65 años, este grupo etario por sus condiciones fisiológicas y disminuciones funcionales, es más susceptible a la exposición de la contaminación atmosférica [27] [46].

El presente estudio encontró evidencia de una relación entre la mortalidad por enfermedades cardiopulmonares y los contaminantes PM_{10} y O_3 , tanto individualmente como en combinación, aunque los resultados no fueron estadísticamente significativos. La relación encontrada puede ser sustentada por el tráfico vehicular que transita por el corredor de la carrera 7, el cual cuenta con un alto volumen de vehículos, ya que es la única vía que cuenta con un plan reversible o contraflujo en horas específicas y es una de las vías de la ciudad que tiene mayor densidad de rutas de transporte público en el tramo desde la calle 26 hasta la calle 45 [47]. Adicionalmente, se debe tener en cuenta la orografía del sector, ya que se encuentran los Cerros Orientales afectando la circulación del aire presentándose el efecto Föhn [48], lo cual permite que los contaminantes se dispersen [49].

Se observó que las concentraciones de los contaminantes en el periodo de estudio cumplen con las directrices de la OMS y la Resolución 610 de 2010 de Colombia, donde el índice de calidad de aire (ICA) creado por la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA) en la localidad se ubica en una calidad del aire buena y moderada, incluyendo los valores extremos registrados [50], donde la localidad se caracteriza por ser un sector residencial y comercial [51].

Los resultados de esta investigación proporcionaran información que podrá ser útil a la Secretaria Distrital de Ambiente y la Secretaria Distrital de la Salud de Bogotá, para la toma de decisiones encaminadas para mejorar la calidad de aire en la ciudad y reducir el impacto que se genera en la salud de la población, especialmente en los mayor de 65 años, a los cuales se les podría recomendar una reubicación de viviendas donde se asienten alejados de las vías principales por donde hay circulación de alto volumen de tráfico vehicular y adicionalmente incentivar a la población a adoptar estilos de vida saludable, como eliminar el hábito de fumar [52].

REFERENCIAS

- [1] Organización Mundial de la Salud (OMS) [En línea]. Ginebra, 2016 Disponible en: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs313/es/>
- [2] Y. Khaniabadi, P. Hopke, G. Goudarzi, S. Daryanoosh, M. Jourvand y H. Basiri. Cardiopulmonary mortality and COPD attributed to ambient ozone. *Environmental Research* 152pp. 336-341. 2017.
- [3] N. Tyler, C. Ramírez, A. Ortegón, J. Bohorquez , et al. Marco teórico de contaminación atmosférica en Colombia. [En línea]. Bogotá: University college London – Universidad de los Andes; 2013 Disponible en: <https://prosperityfund.uniandes.edu.co/site/wp-content/uploads/Caracterizaci%C3%B3n-de-la-contaminaci%C3%B3n-atmosf%C3%A9rica-en-Colombia1.pdf>
- [4] J. M. Samet, M. C. Marbucy , M.J. D. Spengler. Health effects and sources of indoor air pollution (Part I). *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine* vol 136 (6) [about 7 p.].
- [5] Agencia de protección ambiental de los Estados Unidos (EPA) [En línea]. Estados Unidos, 2016. Disponible en: <https://espanol.epa.gov/espanol/la-contaminacion-del-aire-y-las-enfermedades-del-corazon>
- [6] K. Aunan, X. Pan. Exposure-response functions for health effects of ambient air pollution applicable for China a meta-analysis. *Science of the total environment* vol 329, pp. 3-16, 2004.
- [7] J. Madrigano, D. Jack, G. B. Anderson, M. L. Bell y P. L. Kinney. Temperature, ozone, and mortality in urban and non-urban counties in the northeastern united states. *Environmental Health : A Global Access Science Source* vol 14(1), pp. 3. 2015.
- [8] R. Zhu, Y. Chen , S. Wu , et al. The relationship between particulate matter (PM₁₀) and hospitalizations and mortality of chronic obstructive pulmonary disease: a meta – analysis. *COPD Journal of chronic obstructive pulmonary disease*, vol 9, pp 1-9. 2012.

[9] Y. Coppieters, P. Collart, G. Mercier, et al. Effects of air pollution on the risk of acute myocardial infarction in Charleroi, Belgium. *Open journal of epidemiology* vol 3(2), pp 44-52. 2013.

[10] La calidad del aire en América Latina: una visión panorámica [En Línea]. Estados Unidos, 2012. Disponible en: <http://www.cleanairinstitute.org/calidaddelaireamericalatina/resumen-calidadaire-al.pdf>

[11] Ventanilla Única Nacional del gobierno de México [En Línea]. México, 2016. Disponible en: <https://www.insp.mx/avisos/4476-evaluan-calidad-aire.html>

[12] Ambient air pollution: A global assessment of exposure and burden of disease. World health organization. Suiza, 2016. Disponible en: <http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/250141/1/9789241511353-eng.pdf>

[13] Informe de estado de la calidad del aire en Colombia 2007-2010 [En Línea]. Instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales (IDEAM). Bogotá, 2012. Disponible en: <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/022433/CALIDADDELAIREWEB.pdf>

[14] Bogotá y Medellín tienen los puntos más contaminados en calidad de aire de Colombia [En Línea]. Instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales (IDEAM). Bogotá, 2016. Disponible en: http://www.ideam.gov.co/web/sala-de-prensa/noticias/-/asset_publisher/96oXgZAhHrhJ/content/bogota-y-medellin-tienen-los-puntos-mas-contaminados-en-calidad-de-aire-de-colombia

[15] Evaluación de los Efectos de la Contaminación del Aire en la Salud de América Latina y el Caribe [En Línea]. Organización Panamericana de la Salud (OPS). Washington, 2005. Disponible en: <http://www.bvsde.paho.org/bvsea/fulltext/contaminacion/indice.pdf>

[16] Aire y problemas ambientales de Bogotá [En Línea]. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, 2007.

[17] L. Blanco, V. Miranda, L. Hernández, A. Barraza, W. Junger, M. Hurtado y I. Romieu. Efecto del material particulado menor a 10 µg (PM10) sobre la mortalidad en Bogotá, Colombia: un análisis de series de tiempo 1998-2006. *Salud pública Méx* Vol. 56(4). 2014.

[18] Secretaria distrital de planeación [En línea]. Bogotá, 2009. Disponible en: <http://www.sdp.gov.co/portal/page/portal/PortalSDP/InformacionEnLinea/InformacionDescargableUPZs/Localidad%203%20SantaFe/MONOGRAFIA/03%20Localidad%20de%20Santa%20Fe.pdf>

[19] Salud Capital [En línea]. Bogotá, 2009. Disponible en: <http://www.saludcapital.gov.co/sitios/VigilanciaSaludPublica/Diagnosticos%20Locales/03-SANTA%20FE.pdf>

[20] Informe anual de calidad de aire de Bogotá [En Línea]. Secretaria Distrital de Ambiente. Bogotá, 2015.

[21] DEFUNCIONES, BOGOTÁ POR LOCALIDAD DE OCURRENCIA SEGUN LISTA DE 10 PRINCIPALES CAUSAS AGRUPADAS 6/67 CIE-10 DE OPS [En Línea]. Secretaria distrital de planeación. Bogotá, 2007.

[22] M. Saez, S. Pérez-Hoyos, A. Tobias, C. Saurina, M. A. Barceló y F. Ballester. Métodos de series temporales en los estudios epidemiológicos sobre contaminación atmosférica. *Revista Española De Salud Pública* vol 73(2), 1999.

[23] Gestión y política ambiental DICTUC S.A. ANALISIS DEL EFECTO A CORTO PLAZO DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA POR MATERIAL PARTICULADO [En Línea]. Santiago de Chile, 2014. Disponible en: <http://www.greenlabuc.cl/wp-content/uploads/2016/04/2014-CONOS-InformeFinal.pdf>

[24] B. Armstrong, A. Gasparrini, A. Tobias. Conditional Poisson models: a flexible alternative to conditional logistic case cross-over analysis. *BMC Med Res Methodol.* vo14(122). 2014

[25] Secretaria Distrital de Ambiente. Estaciones de la Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá [En Línea]. Bogotá, 2013. Disponible en: <http://ambientebogota.gov.co/estaciones-rmcab>

[26] IDEAM. Protocolo para el monitoreo y seguimiento de la calidad del aire [En Línea]. Bogotá, 2010. Disponible en: http://www.minambiente.gov.co/images/AsuntosambientalesySectorialyUrbana/pdf/contaminacion_atmosferica/Protocolo_Calidad_del_Aire_-_Manual_Operaci%C3%B3n.pdf

[27] S. Cakmak, R. Dales y C. Blanco. Air pollution and mortality in chile: Susceptibility among the elderly. *Environmental Health Perspectives* vol 115(4), pp. 524-527. 2007.

[28] M. Oyarzun. Función respiratoria de la senectud. *Revista Médica de Chile.* vol 137 (3), pp 411-418. 2009.

[29] J. Samet, F. Dominici, F. Curriero, I. Coursac, S. Zeger. Fine particulate air pollution and mortality in 20 US cities, 1987–1994. *N Engl J Med.* Vol 343(24), pp.1742–1749. 2002.

[30] T. Wang, G. Li et al. Association between ambient particulate matter and daily cause-specific mortality in Tanggu, Tianjin Binhai New Area. *International Journal of Environmental Health Research.* Vol 23 (3) pp. 205-2014. 2013

- [31] H. Kan, S. London, G. Chen, Y. Zhang, G. Song, N. Zhao, L. Jiang, B. Chen. Differentiating the effects of fine and coarse particles on daily mortality in Shanghai, China. *Environ Int.* Vol 33(3), pp. 376–384. 2007.
- [32] G. Goudarzi, E. Zallaghi, A. Neissi, K. Ankali, A. Saki, B. Akbar, N. Alavi y M. Mohammadi. Cardiopulmonary mortalities and chronic obstructive pulmonary disease attributed to ozone air pollution. *Archives of Hygiene Sciences* vol 2(2), pp. 62-72. 2013.
- [33] T. Wong, W. Tam, T. Yu y A. Wong. Associations between daily mortalities from respiratory and cardiovascular diseases and air pollution in Hong Kong, China. *Occup Environ Med.* Vol 59(1), pp. 30–35. 2002.
- [34] G. Touloumi, E. Samoli, P. Quenel, A. Paldy, R. Anderson, D. Zmirou, I. et al. Short-term effects of air pollution on total and cardiovascular mortality: the confounding effect of influenza epidemics. *Epidemiology.* Vol 16(1), pp. 49–57. 2005.
- [35] M. Daniels, F. Dominici, J. Samet, S. Zeger. Estimating particulate matter-mortality dose-response curves and threshold levels: an analysis of daily time-series for the 20 largest US cities. *Am J Epidemiol.* Vol 152(5), pp. 397–406. 2000
- [36] C. Wong, N. Vichit-Vadakan, H. Kan y Z. Qian. Public Health and Air Pollution in Asia (PAPA): a multicity study of short-term effects of air pollution on mortality. *Environ Health Perspect.* Vol 116(9), pp. 1195–1202. 2008.
- [37] R. A. Broome, N. Fann, T. J. N. Cristina, C. Fulcher, H. Duc and G. G. Morgan, "The health benefits of reducing air pollution in Sydney, Australia," *Environmental Research*, vol. 143, pp. 19-25. 2015.
- [38] M. Miri, Z. Derakhshan, A. Allahabadi, E. Ahmadi, G. Conti, M. Ferrante y H. Aval. Mortality and morbidity due to exposure to outdoor air pollution in Mashhad metropolis, Iran. The AirQ model approach. *Environmental Research*, vol 151, pp. 451-457. 2016.
- [39] C. Orduz, M. Toro, J. Gómez. EPOC, BRONQUITIS CRÓNICA Y SÍNTOMAS RESPIRATORIOS, ASOCIADOS A LA CONTAMINACIÓN POR PM10 EN LA CIUDAD DE MEDELLÍN (COLOMBIA). *Revista MED*, vol 21 (1), pp. 21-28. 2013
- [40] C. Canova, C. Minelli, C. Dunster, F. Kelly, P. Shah, C. Caneja, M. Tumilty y P. Burney. PM10 oxidative properties and asthma and COPD. *Epidemiology* vol 25(3), pp. 467-468. 2014.
- [41] P. Collart, Y. Coppieters, G. Mercier, V. Massamba Kubuta y A. Leveque. Comparison of four case-crossover study designs to analyze the association between air pollution exposure and acute myocardial infarction. *International Journal of Environmental Health Research* vol 25(6), pp. 601-613. 2015.

- [42] M. Sadeghi, A. Ahmadi, A. Baradaran, N. Masoudipoor and S. Frouzandeh. 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 Medical Sciences : The Official Journal of Isfahan University of Medical Sciences* vol 20(8), pp. 757-762. 2015.
- [43] S. Mehta, H. Shin, R. Burnett, T. North and A. Cohen. Ambient particulate air pollution and acute lower respiratory infections: A systematic review and implications for estimating the global burden of disease. *Air Qual Atmos Health* vol 6(1), pp. 69-83. 2013.
- [44] R. Brugha y J. Grigg . Urban Air Pollution and Respiratory Infections. *Paediatric Respiratory Reviews* vol 15(2), pp. 194-199. 2014.
- [45] L. Guo, A. Zhao, R. Chen, H. Kan y X. Kuang. Association between Ambient Air Pollution and Outpatient Visits for Acute Bronchitis in a Chinese City. *Biomedical and environmental sciences - ELSEVIER*, vol 27(11), pp. 833-840. 2014.
- [46] C. Yang, X. Peng, W. Huang, R. Chen, Z. Xu, B. Chen y H. Kan, "A time-stratified case-crossover study of fine particulate matter air pollution and mortality in Guangzhou, China," *International Archives of Occupational and Environmental Health*, vol. 85, (5), pp. 579-585, 2012.
- [47] O. Romero, M. Becerra, M. Herrera y J. Trujillo. Simulación del tráfico de la Carrera septima en Bogotá D.C. Colombia, entre calles 34 y 72 utilizando la dinámica de sistemas. Corporación Andina de fomento, 2007.
- [48] V. López. Condiciones atmosféricas predominantes en el piedemonte de la cordillera Oriental, determinantes del régimen climático en las sedes de la Universidad de La Salle, Bogotá. *Revista Épsilon* vol 18, pp. 87-104. 2012.
- [49] G. Gunia, Z. Tskvitinidze, B. Kholmatjanov y Z. Fatkhullaeva. Influence of Foehn Phenomena on the Processes of Atmospheric Air Pollution. *BULLETIN OF THE GEORGIAN NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES*, vol. 2(3). 2008.
- [50] Technical Assistance Document for the Reporting of Daily Air Quality – the Air Quality Index (AQI). Environmental Protection Agency (EPA) [En Línea]. North Carolina, 2016. Disponible en: <https://www3.epa.gov/airnow/aqi-technical-assistance-document-may2016.pdf>
- [51] Cámara de comercio de Bogotá. Perfil económico y empresarial de la Localidad de Santa Fe [En Línea]. Bogotá, 2007. Disponible en: http://bibliotecadigital.ccb.org.co/bitstream/handle/11520/2887/6230_perfil_economico_santafe.pdf?sequence=1

[52] A. Muñoz, C. Quiroz y J. Paz. Efectos de la contaminación atmosférica sobre la salud en adultos que laboran en diferentes niveles de exposición. Universidad de Antioquia. 2006.