

EFFECTO A CORTO PLAZO DE LA RELACIÓN DE LOS CONTAMINANTES CRITERIO DEL AIRE SOBRE LA MORTALIDAD CARDIOPULMONAR, EN LA LOCALIDAD DE BARRIOS UNIDOS, BOGOTA D.C 2009-2014

RESUMEN

El presente trabajo consistió en un estudio ecológico de series de tiempo comprendido entre enero de 2009 y diciembre de 2014 para la localidad de Barrios Unidos, Bogotá, cuyo objetivo fue demostrar el efecto de la relación de la contaminación del aire con la mortalidad cardiopulmonar a corto plazo. Para esto se utilizó la información sobre la mortalidad cardiopulmonar, los contaminantes criterios para Bogotá (PM₁₀, PM_{2.5}, CO, SO₂, NO₂ y O₃), los valores de temperatura, precipitación y humedad relativa obtenida de la Secretaría Distrital de Salud (SDS), de la Red de Monitoreo y Calidad del aire de Bogotá (RMCAB) e IDEAM respectivamente. Posteriormente se realizó un análisis estadístico descriptivo encontrando que ningún contaminante criterio está por encima de la resolución 2254 del 2017 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS) o de lo establecido por la Organización Mundial de la Salud (OMS), aunque se encontró que los valores máximos exceden ambos límites permisibles. Para finalizar, se realizó una regresión lineal de Poisson para estimar el riesgo relativo entre la contaminación de aire y la mortalidad cardiopulmonar a través del programa Stata 11.0. Por un aumento de 0.01 ppm de CO (promedio máximo 8 horas) se obtuvo un riesgo de 0,22% y de 0,18% en el total de la población y mayores de 65 años, respectivamente, para mortalidad por enfermedades cardiopulmonares; no obstante, los valores de riesgos no fueron altos, éstos logran ser estadísticamente significativos, comprobando la relación entre contaminación del aire y mortalidad por enfermedades cardiopulmonares.

Palabras Claves. Mortalidad, Contaminación del aire, enfermedades cardiopulmonares, series de tiempo.

ABSTRACT

The present work consists of an ecological study of time series in the period between January 2009 and December 2014 for Bogotá in the town of Barrios Unidos and aims at the effect of the relationship of air pollution with cardiopulmonary mortality short term. For this, the information on cardiopulmonary mortality, the criteria pollutants for Bogotá (PM₁₀, PM_{2.5}, CO, SO₂, NO₂, and O₃), temperature values, precipitation and finally relative humidity values obtained from the District Department were used. de Salud (SDS), of the Bogota Air Monitoring and Quality Network (RMCAB) and IDEAM, respectively. Subsequently, a descriptive statistical analysis was carried out, finding that no criterion contaminant is above Resolution 2254 of the Ministry of Environment and Sustainable Development (MADS) of 2017 or that established by the World Health Organization (WHO), although it was found that the maximum values exceed both permissible limits. Finally, linear Poisson regression was performed to estimate the relative risk between air pollution and cardiopulmonary mortality through the Stata program 11.0. Due to an increase of 0.01 ppm of CO (average maximum 8 hours), a risk of 0.22% and of 0.18% in the total population and over 65 years of age respectively for mortality due to cardiopulmonary diseases was obtained; However, the risk values are not high, they manage to be statistically significant, checking the relationship between air pollution and mortality from cardiopulmonary diseases.

Keywords. Mortality, Air pollution, cardiopulmonary diseases, time series.

INTRODUCCIÓN

La exposición al aire contaminado aumenta la mortalidad cardiopulmonar a largo y corto plazo, indicando que no hay umbral seguro, lo que significa que se tienen efectos adversos en la población [1], esta se genera por medio de las actividades humanas como el uso de combustibles fósiles, emisiones de vehículos, entre otras [2]. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) el 23% de las muertes están relacionadas con el medio ambiente, lo que representa 12.6 millones de muertes al año, de las cuales 1.4 millones son por enfermedades respiratorias crónicas teniendo como causa la contaminación del aire [3], la cual se compone principalmente por material particulado (PM_{10} , $PM_{2.5}$), gases contaminantes como el dióxido de nitrógeno (NO_2), ozono (O_3), dióxido de carbono (CO) y óxidos de azufre (SO_x). [1]. Desde 1977 la OMS ha realizado estudios para determinar los posibles efectos de la contaminación del aire sobre la salud, evidenciando la relación entre calidad del aire y morbimortalidad [4].

La toxicocinética estudia el paso de un tóxico a través del cuerpo. Se determina que una de las vías de absorción más peligrosas es la respiratoria, debido a que los tóxicos no necesitan llegar al hígado para entrar en la circulación sistemática, no tienen tratamiento y su difusión es extremadamente rápida en comparación de las otras vías, lo anterior se debe a la gran área de contacto atribuida a los alvéolos. [5,6,7]. Contaminantes del aire como el dióxido de azufre influyen en la inflamación alveolar que desencadena cambios en la coagulabilidad de la sangre [8], el PM_{10} y $PM_{2.5}$ son capaces de producir estrés oxidativo, interferencia en mecanismo de defensa pulmonar como la fagocitosis, además depuración mucociliar [9,10], la exposición a SO_2 y NO_2 induce una disminución en los niveles de lípidos en el cerebelo, obstrucción bronquial, hipersecreción bronquial y disminución de la actividad mucociliar [10,11], el O_3 puede afectar parámetros de la función pulmonar como la frecuencia y la CVF (Capacidad Vital forzada), además de la inflamación de las vías respiratorias [10,12], y el CO reduce la capacidad de transportar oxígeno a la sangre por lo tanto llega a afectar órganos [12]. Se deben tener en cuenta los efectos en la salud son causados por la exposición a mezclas de varios contaminantes o sus efectos sinérgicos [13].

En América Latina y el Caribe (ALC) la mortalidad atribuible a la contaminación del aire urbano es de 7 muertes por cada 100.000 habitantes, además se estima que más de 110 millones de personas en ALC viven en zonas donde los criterios de calidad del aire se exceden continuamente. Haciendo énfasis en Colombia, la contaminación del aire se le atribuyen 9% de las muertes no violentas, demostrando que es un tema no solamente ambiental, sino también esencial para la salud [14,15, 16]. La localidad de Barrios Unidos, de la ciudad de Bogotá tiene un área total de 1.189,52 hectáreas siendo la quinta con mejor extensión de Bogotá; cuenta con vías como la Avenida Caracas, la Avenida José Celestino Mutis y la Avenida Congreso Eucarístico (carrera 68) [17]. Para el 2015 los grupos de edades de la localidad se clasificaron de la siguiente manera: 16.4% (43,268 habitantes) para menores de 14 años, 71,6% (188,904 habitantes) entre 15 a 64 años y 12,0% (31,659 habitantes) para mayores de 65 años, para un total de 263.883 habitantes (2016) [18]. Esta se ubica en el nivel 4 de jerarquía por manejo de activos, lo que indica que tiene un nivel de concentración de pequeñas empresas, las cuales son significativas en número, pero no en proporción de activos, hay alrededor de 13.636 empresas de las cuales 11.459 son micro empresas y 1.849 son pequeña empresa, además la mayor actividad económica de estas es el comercio. En el tema industrial cuenta con 2.519 y las más representativas son fabricación de prendas de vestir (11,9%), actividades de impresión (7,6%) y fabricación de muebles (7,1%) [19].

Entre enero de 2009 y diciembre de 2014 se registró una mortalidad de 5.182 personas, de las cuales 1.441 fueron por enfermedades cardiopulmonares. Durante este periodo, la localidad presentó un deterioro de la calidad del aire, generado principalmente por fuente móviles, también por las

emisiones de las fuentes fijas relacionadas con la actividades comerciales e industriales, aunque podría considerarse que la misma se atenúa por la existencia de amplias zonas verdes como el parque el Salitre y parques locales, obteniendo promedios de PM_{10} entre $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ [17]; teniendo en cuenta lo anterior, se evaluó en el presente trabajo el efecto a corto plazo de la contaminación del aire sobre la mortalidad cardiopulmonar en la población de Barrios Unidos, mediante un análisis de series de tiempo, herramienta útil para evaluar el efecto a corto plazo en la salud derivado de exposiciones a contaminantes del aire a través del tiempo [16].

MATERIALES Y MÉTODOS

Diseño de estudio: Estudio ecológico realizado para la localidad de Barrios Unidos en Bogotá, mediante el análisis de la serie de tiempo entre enero de 2009 a diciembre de 2014. El estudio es de tipo observacional permitiendo realizar una comparación entre el estado del aire con la incidencia de mortalidad en una zona geográfica, además de ser económico y de corta duración debido a que se basa en información secundaria para su desarrollo y permite conocer la relación entre la calidad del aire con la mortalidad, obteniendo como resultado un riesgo relativo. El estudio hace parte del proyecto de investigación “Efectos a corto plazo de la contaminación del aire sobre la mortalidad cardiopulmonar en Bogotá”, desarrollado entre la Maestría de Salud Pública y la Facultad de Ingeniería Ambiental de la Universidad Santo Tomás.

Base de contaminantes/meteorológica

La información utilizada para el estudio se obtuvo de la Red de Monitoreo y Calidad de aire de Bogotá (RMCAB) para los contaminantes (PM_{10} , $PM_{2.5}$, CO , SO_2 , NO_2 y O_3) e información meteorológica (temperatura y precipitación) con registros horarios, específicamente de la estación de centro de alto rendimiento ubicada en $4^{\circ}39'30.48''\text{N}$, $74^{\circ}5'2.28''\text{W}$, que es de tipo urbana y de zona de fondo, la cual no está afectada por el tráfico o industria circundantes, porque se encuentra dentro del parque Simón Bolívar, por último, los registros de humedad se tomaron del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM).

Base de mortalidad

Se obtuvo a partir de los registros de defunción de la localidad obtenidos de la Secretaría Distrital de Salud (SDS), tomando en cuenta los siguientes eventos para el estudio según la clasificación internacional de enfermedades (CIE-10): angina de pecho, infarto del miocardio, enfermedades isquémicas agudas del corazón, disrritmias, enfermedad cerebrovascular, infarto cerebral (STROKE), infecciones agudas de las vías respiratorias superiores, Influenza, neumonías, bronquiolitis, enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC) y asma.

Metodología

En primer instancia, se calcularon los promedios de los contaminantes criterio del aire, teniendo en cuenta el criterio de suficiencia del 75%, hallando PM_{10} promedio 24 horas, $PM_{2.5}$ promedio 24 horas, O_3 máximo horario, O_3 máximo promedio 8 horas, NO_2 promedio 24 horas, NO_2 máximo horario, CO máximo promedio 8 horas, CO máximo horario, SO_2 promedio 24 horas, SO_2 máximo promedio 3 horas, temperatura 24 horas, Humedad Relativa 24 horas y precipitación diaria.

Luego se trabajó sobre las bases de mortalidad, determinando las muertes por enfermedades cardiopulmonares para el periodo de tiempo, se tuvo en cuenta la totalidad de los eventos por cada enfermedad y la clasificación por los grupos etarios para tener en cuenta la mortalidad en los grupos más sensibles como lo son los adultos mayores de 65 años y niños menores a 5 años [20]; para observar el comportamiento de los contaminantes del aire como de la mortalidad, se empleó la

estadística descriptiva media, desviación estándar, mínimo, máximo, percentil 25, 75 y rango intercuartil por medio del programa SPSS .

Por último, se realizó la regresión de Poisson que permite relacionar la mortalidad diaria con la exposición diaria a los diferentes contaminantes o una combinación de estos [21], para ello se desarrolló una base de datos que unificará los registros de mortalidad con los datos de contaminantes, incluyendo sus respectivos lags (1-5), que corresponden a la contaminación de los días anteriores (Lag5 hace referencia a la concentración 5 días antes) [22], además de tener en cuenta las correcciones por temperatura y humedad que requería el modelo [23]. El objetivo de la regresión fue determinar el riesgo relativo con un intervalo de confianza del 95%, lo cual se define como el riesgo de ocurrencia de un evento de salud por consecuencia del aire contaminado, en pocas palabras la muerte por un incremento en las concentraciones de los contaminantes teniendo en cuenta sus lags o por la combinación de estos. Con la finalidad de calcular el porcentaje de cambio en el riesgo de la mortalidad por un incremento de los niveles de los contaminantes criterio del aire, se utilizaron los siguientes valores que se estandarizaron con la finalidad de poder comparar las localidades de estudio en Bogotá (Tabla 1).

Tabla 1. Valor empleado como referencia para el incremento en las concentraciones para cada uno de los contaminantes del aire en la localidad de Barrios Unidos.

Contaminante	Valor empleado como referencia para el incremento
PM ₁₀ (24 horas) µg/m ³	10
PM _{2.5} (24 horas) µg/m ³	10
CO (Máximo horario) ppm	0,01
CO (Promedio Máximo 8 horas) ppm	0,01
NO ₂ (24 Horas) ppb	5
NO ₂ (Máximo Horario) ppb	5
SO ₂ (24 Horas) ppb	5
SO ₂ (Promedio Máximo 3 Horas) ppb	5
O ₃ (Máximo horario) ppb	5
O ₃ (Promedio Máximo 8 horas) ppb	5

Fuente: El autor

Se utilizó el programa Stata11.0 [24], donde para cada regresión por cada enfermedad y contaminante se calcularon el criterios de información de Akaike (AIC) que trata de obtener el modelo que proporcione mejores predicciones y el criterio de información Bayesiano (BIC) que trata de seleccionar el modelo correcto con la máxima probabilidad; por último para las combinación de los contaminantes se utilizaron criterios como el factor de inflación de varianza (VIF) que es la relación entre las variables y la correlación de Pearson que permite valorar el grado de asociación [25, 26].

RESULTADOS

COMPORTAMIENTO DE LAS VARIABLES DE LOS CONTAMINANTES Y PARAMETROS METEOROLOGICOS

Para los contaminantes criterio del aire se observó que en ningún año se incumple con los límites máximos permisibles establecidos en la resolución 2254 del 2017 de Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), tampoco están incumplimiento con los límites máximos según la OMS, aun cuando se logra identificar que en algunos días los valores máximos si exceden lo establecido en la normatividad Colombiana y la OMS (Tabla 2).

Tabla 2. Comportamiento de contaminantes y parámetros meteorológicos Sistema de vigilancia de calidad del aire de Bogotá, Barrios Unidos, 2009 – 2014.

Contaminante o parámetro meteorológico	Obs,	Media	D,E	Mín,	Máx,	P25	P75	RIQ	% datos disponibles
PM ₁₀ (24 horas $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	2.005	37,45	18,07	5,65	182,25	182,30	50,39	27,51	91,51
PM 2,5 (24 horas $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	1.860	20,6	9,44	3	55,08	12,87	26,92	14,06	84,89
O ₃ (Máximo horario ppb)	1.916	32,08	14,48	0,8	94,3	22,30	38,5	16,2	87,45
O ₃ (Promedio Máximo 8 horas ppb)	1.905	24,28	9,85	0,9	66,85	18,00	29,24	11,23	86,95
CO (Máximo horario ppm)	1.752	1,81	0,97	0,1	16,1	1,20	2,2	1	79,96
CO (Promedio Máximo 8 horas ppm)	1.740	1,15	0,56	0,12	7,69	0,77	1,44	0,66	79,42
SO ₂ (24 Horas) ppb	1.663	2,92	2,23	0,03	17,27	1,58	3,41	1,82	75,9
SO ₂ (Promedio Máximo 3 Horas) ppb	1.761	5,28	4,56	0,16	63,77	2,63	6,23	3,6	80,37
NO ₂ (24 Horas) ppb	1.588	17,23	8,65	1,47	67,15	10,59	23	12,41	72,48
NO ₂ (Máximo Horario) ppb	1.709	31,05	17,26	2	127,6	18	41,15	23,1	78
Temperatura °C	2.097	14,71	0,83	11,3	17,7	14,16	15,24	1,08	95,71
Humedad Relativa (%)	2.097	67,85	6,04	48,83	84	63,46	72,3	8,83	95,71

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

COMPORTAMIENTO DE DATOS DE MORTALIDAD

Para el periodo comprendido entre enero de 2009 y diciembre de 2014 se registraron un total de 5.182 muertes, de estas 1.411 (27,2%) correspondieron a enfermedades cardiopulmonares, donde el grupo etario con mayor afectación fueron los mayores de 65 años, ya que de las 1.441 muertes de la población general, 1.225 (86,8%) ocurrieron para los mayores de 65 años; para las enfermedades cardiovasculares se registraron 915 muertes para la población general y 798 (86,22%) para los mayores de 65 años y para las enfermedades respiratorias se registró un total de 495 muertes para toda la población y 427 (86,26%) para los mayores de 65 años, el mismo comportamiento se observó para las otras enfermedades como el EPOC con 168 muertes, de las cuales 164 ocurrieron para los mayores de 65 (97,6%), lo anterior se puede observar en la Tabla 3.

Tabla 3. Comportamiento de la mortalidad diaria en Barrios Unidos entre 2009 – 2014.

Mortalidad	Observaciones	Media	D.E	Máximo
CP Total	1.411	0,643	0,859	4
CP > 65 años	1.225	0,559	0,295	2
CV Total	915	0,417	0,64	4
CV > 65 años	798	0,364	0,599	4
RP Total	495	0,225	0,48	4
RP > 65 años	427	0,194	0,446	3
IAM Total	393	0,179	0,421	3
IAM > 65 años	350	0,159	0,138	3
DR Total	346	0,157	0,393	2
DR > 65 años	307	0,14	0,372	2
CRB Total	176	0,08	0,275	2
CRB > 65 años	141	0,064	0,249	2
STOKE Total	15	0,006	0,08	1
STOKE > 65 años	13	0,005	0,07	1
LRI Total	321	0,146	0,377	3
LRI > 65 años	260	0,118	0,338	2
EPOC Total	168	0,07	0,274	2
EPOC > 65 años	164	0,07	0,271	2

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

Fuente: El autor

RIESGOS RELATIVOS: CP, CV, RP

Para la mortalidad por enfermedades cardiopulmonar; se encontró un riesgo de 6,99% (IC95%: -2,77 %; 17,76%) y de 2,56%(IC95%: -1,86%; 7,19%) para el total de la población por el aumento de 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en la concentración de PM_{10} y de $\text{PM}_{2.5}$ (promedio 24 horas) en el Lag 0 respectivamente, cabe resaltar que estos resultados no fueron estadísticamente significativos

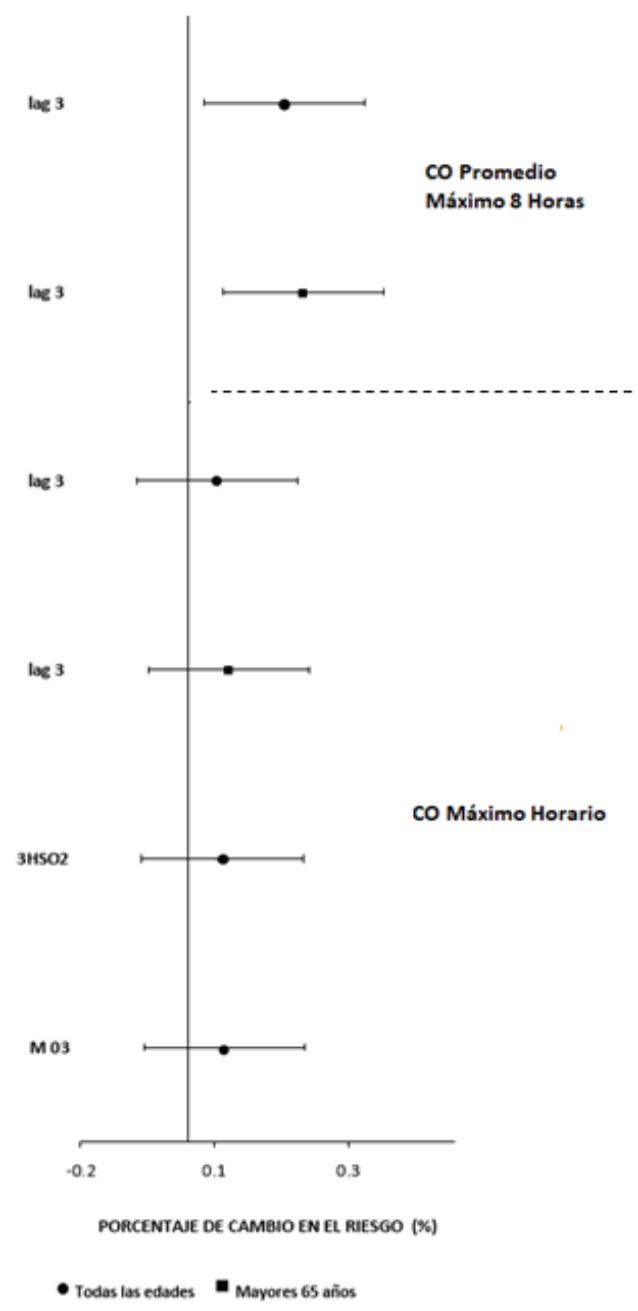
Además, se encontró un aumento del riesgo de 0,18% (IC95%: 0,01%;0,34%) y de 0,21% (IC95%: 0,04%;0,38%) para el total la población y para mayores de 65 años respectivamente por el aumento de 0,01 ppm en la concentración máxima promedio 8 horas de CO en el Lag 3, el cual fue estadísticamente significativo, además de 3,01% (IC95%: -1,22 %;7,44%) para toda la población por un aumento de 5 ppb en la concentración de NO_2 máxima horaria en el Lag 0, los porcentajes de cambio en el riesgo restantes se pueden observar en la Figura 1 y Tabla 4.

Tabla 4. Porcentaje de cambio en el riesgo por mortalidad por enfermedades cardiovasculares en la Localidad Barrios Unidos, 2009 – 2014.

Grupo de Edad	Contaminante	Lag o combinación con contaminante	RR	D.E	ICI	ICS	%CR
Todas	O ₃ (Máximo horario ppb)	SO ₂ (promedio 24 Horas ppb)	1,080	0,015	0,980	1,041	1,080
>65	SO ₂ (Promedio Máximo 3 Horas ppb)	Lag 1	1,088	0,055	0,985	1,202	8,876
Todas	NO ₂ (Máximo Horario ppb)	Promedio máximo 8 horas de O ₃	1,030	0,022	0,987	1,074	3,013
Todas	PM _{2,5} (24 horas µg/m ³)	Lag 0	1,069	0,052	0,972	1,177	6,999
Todas	PM ₁₀ (24 horas µg/m ³)	Lag 0	1,025	0,023	0,981	1,071	2,567

Fuente: El autor

Figura 1. Porcentaje de cambio en el riesgo por mortalidad por enfermedades cardiopulmonares en la localidad de Barrios Unidos



Fuente: El autor

Para la mortalidad por enfermedades cardiovasculares se obtuvo un incremento en el riesgo de 6,00% (IC95%: -0,62%; 13,07%) para toda la población por el aumento de 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en la concentración de PM_{10} (promedio 24 horas) combinado con el promedio máximo 8 horas de O_3 ; de

igual forma se incrementó el riesgo en un 4,87% (IC95%: -1,57 %; 11,74%) en los mayores de 65 años por el aumento de 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en la concentración de PM_{10} (promedio 24 horas) en el Lag 4.

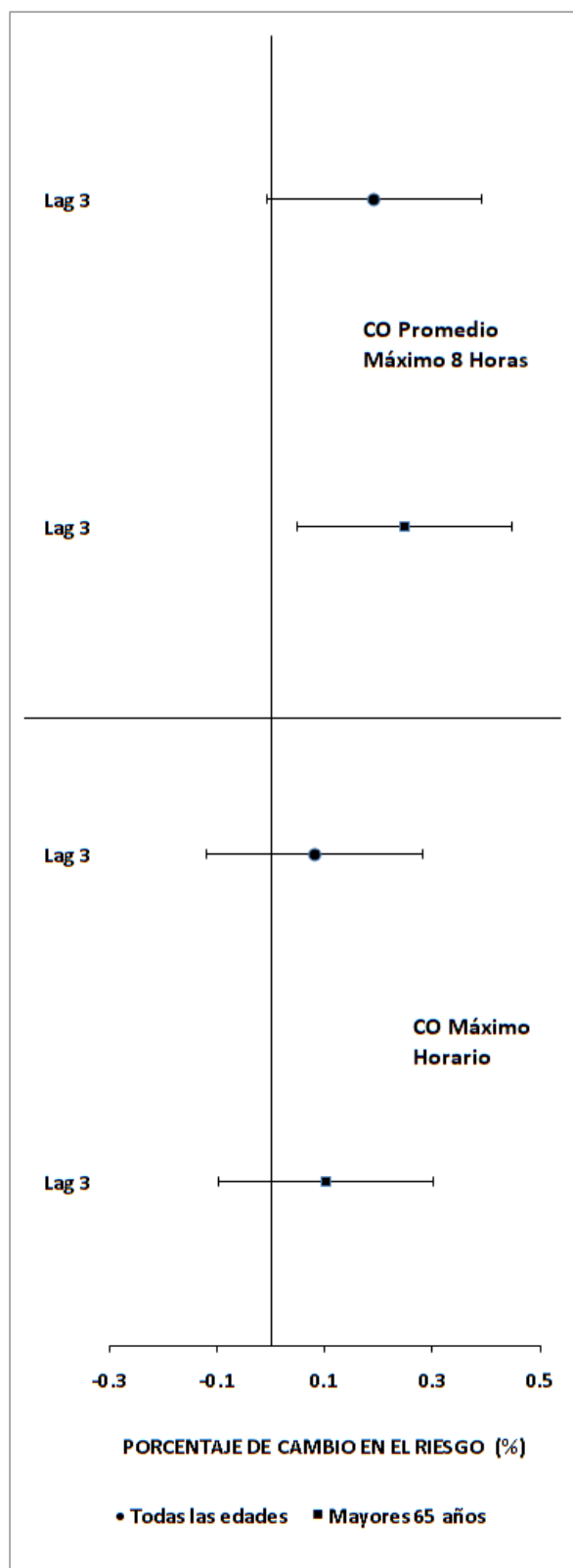
También, se obtuvo un incremento en el riesgo de 0,19% (IC95%: -0,0007%; 0,39%) y de 0,24% (IC95%: 0,04%;0,45%) para la población general y para los mayores de 65 años respectivamente, por el aumento de 0.01 ppm en la concentración de CO (Promedio Máximo 8 horas) en el Lag 3, el cual fue estadístico significativamente, los demás porcentajes de cambio en el riesgo se pueden observar en la Tabla 5 y en la Figura 3.

Tabla 5. Porcentaje de cambio en el riesgo por mortalidad por enfermedades cardiovasculares en la Localidad Barrios Unidos, 2009 – 2014.

Grupo de Edad	Contaminante	Lag o combinación con contaminante	RR	D.E	ICI	ICS	%CR
>65	SO_2 (Promedio Máximo 3 Horas) ppb	Lag 1	1,121	0,070	0,991	1,268	12,137
Todas	SO_2 (Promedio Máximo 3 Horas) ppb	Lag 1	1,104	0,064	0,986	1,237	10,480
Todas	NO_2 (Máximo Horario) ppb	Lag 5	1,037	0,023	0,991	1,085	3,77
Todas	PM_{10} (promedio 24 horas $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Promedio máximo 8 horas de O_3	1,060	0,034	0,993	1,130	6,0003
>65	PM_{10} (promedio 24 horas $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Lag 4	1,048	0,033	0,984	1,117	4,872
Todas	PM_{10} (promedio 24 horas $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Lag 0	1,036	0,028	0,982	1,093	3,665

Fuente: El autor

Figura 3. Porcentaje de cambio en el riesgo por mortalidad por enfermedades cardiovasculares en la Localidad Barrios Unidos, 2009 – 2014



Fuente: El autor

Para la mortalidad por enfermedades respiratorias, ningún resultado fue estadísticamente significativo, aunque se encontró un riesgo de 1,49% (IC95%: -5,77%; 9,32%) en toda la población, por el aumento de 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en la concentración de PM_{10} (promedio 24 horas) en el Lag 1. Del mismo modo se obtuvo un aumento del riesgo de 6,15% (IC95%: -2,99%; 16,16%) en la población general, por el aumento de 5 ppb en la concentración de O_3 (Promedio Máximo 8 horas ppb) combinado con NO_2 (24 Horas) ppb.

Además, se obtuvo un aumento de riesgo de 0,15% (IC95%: -0,16%; 0,46%) y de 0,16% (IC95%: -0,13 %; 0,45%) para mayores de 65 años y para toda la población respectivamente, por el aumento de 0,01 ppm en la concentración de CO (Promedio Máximo 8 horas) en el Lag 3, el porcentaje de cambio en el riesgo para estas enfermedades se puede evidenciar en la Tabla 6.

Tabla 6. Porcentaje de cambio en el riesgo por mortalidad por enfermedades respiratorias en la Localidad Barrios Unidos, 2009 – 2014.

Grupo de Edad	Contaminante	Lag o combinación con contaminante	RR	D.E	ICI	ICS	%CR
>65	CO (Máximo horario ppm)	SO_2 (promedio 24 Horas) ppb	1,001	0,0010	0,998	1,003	0,100
>65	CO (Máximo horario ppm)	Lag 0	1,0007	0,0008	0,998	1,002	0,074
Todas	CO (Máximo horario ppm)	Lag 0	1,001	0,0008	0,999	1,002	0,118
>65	CO (Promedio Máximo 8 horas ppm)	Lag 3	1,001	0,001	0,998	1,004	0,151
Todas	CO (Promedio Máximo 8 horas ppm)	Lag 3	1,001	0,001	0,998	1,004	0,162

Fuente: El autor

RIESGO RELATIVO PARA EVENTOS ESPECIALES

Para eventos específicos de origen cardiovascular se encontró que para el Infarto del miocardio (IAM), hay un aumento del riesgo de 7,98% (IC95%: 0,34%; 8,49%) en la población general por un incremento de 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en la concentración media diaria de PM_{10} combinado con el O_3 (Promedio Máximo 8 horas ppb). Este es el único valor estadísticamente significativo, los demás porcentajes de cambio en el riesgo para esta enfermedad se puede evidenciar en la Tabla 7.

Tabla 7. Porcentaje de cambio en el riesgo por mortalidad por Infarto del miocardio en la Localidad Barrios Unidos, 2009 – 2014.

Grupo de Edad	Contaminante	Lag o combinación con contaminante	RR	D.E	ICI	ICS	%CR
>65	NO ₂ (Máximo Horario) ppb	O ₃ (Promedio Máximo 8 horas ppb)	1,072	0,044	0,989	1,162	7,231
>65	NO ₂ (Máximo Horario) ppb)	Lag 0	1,059	0,039	0,985	1,139	5,964
Todas	PM ₁₀ (24 horas µg/m ³)	Lag 4	1,074	0,048	0,983	1,173	7,454
Todas	CO (Máximo horario ppm)	Lag 3	1,001	0,0007	0,999	1,002	0,121
>65	CO (Promedio Máximo 8 horas ppm)	Lag 3	1,002	0,001	0,999	1,005	0,276

Fuente: El autor

Para eventos específicos de origen cardiovascular, para las Disrimias (DR), se obtuvo un aumento del riesgo en 9,10% (IC95%: 1,24%; 17,58%) en la población general por el aumento de 5 ppb en la concentración de NO₂ ppb (Máximo Horario) en el Lag 5, los demás porcentajes de cambio en el riesgo para esta enfermedad se pueden observar en la Tabla 8.

Tabla 8. Porcentaje de cambio en el riesgo por mortalidad por Disrimias en la Localidad Barrios Unidos, 2009 – 2014.

Grupo de Edad	Contaminante	Lag o combinación con contaminante	RR	D.E	ICI	ICS	%CR
Todas	NO ₂ (Máximo Horario) ppb	Lag 5	1,091	0,041	1,012	1,175	9,105
>65	CO (Máximo horario ppm)	Lag 3	1,001	0,001	0,999	1,003	0,129
Todas	CO (Máximo horario ppm)	Lag 3	1,0006	0,001	0,998	1,002	0,065
>65	CO (Promedio Máximo 8 horas ppm)	Lag 3	1,003	0,001	0,999	1,006	0,316
Todas	CO (Promedio Máximo 8 horas ppm)	Lag 3	1,002	0,001	0,998	1,005	0,207

Fuente: El autor

Para la mortalidad por enfermedades Cerebrovasculares (CBR), el aumento de riesgo fue de 0,55% (IC95%: 0,03 %;1,08%) para toda la población por el aumento de 0,01 ppm en la concentración de CO (Promedio Máximo 8 horas) en combinación con el O₃ (Máximo horario), también se observó un aumento del riesgo de 0,58% (IC95%: 0,002 %;1,17%) para los adultos mayores de 65 años por el incremento de 0,01 ppm en la concentración de CO (Promedio Máximo 8 horas) en conjunto con el O₃ (Máximo horario).

A su vez se obtuvo un aumento de riesgo de 0,33% (IC95%: 0,03 %; 0,64%) para toda la población por un incremento de 0,01 ppm en la concentración de CO (Máximo horario) cuando se asocia con O₃ (Promedio Máximo 8 horas); por último, se tiene un aumento de riesgo de 0,40% % (IC95%: 0,03 %; 0,64%) para los adultos mayores de 65 años por el incremento de 0,01 ppm en la concentración de CO (Máximo horario) cuando se asocia al O₃ (Máximo horario).

Se logra evidenciar que el mayor riesgo se presenta en adultos mayores a 65 años, además que los aumentos del riesgos se dieron por un mismo contaminante que fue el CO al estar asociado al O₃, el porcentaje de cambio en el riesgo para esta enfermedad se puede observar en la Tabla 9.

Tabla 9. Porcentaje de cambio en el riesgo por mortalidad por Cerebrovascular en la Localidad Barrios Unidos, 2009 – 2014.

Grupo de Edad	Contaminante	Lag o combinación con contaminante	RR	D.E	ICI	ICS	%CR
>65	CO (Máximo horario ppm)	O ₃ (Máximo horario ppb)	1,004	0,001	1,0006	1,007	0,407
Todas	CO (Máximo horario ppm)	O ₃ (Promedio Máximo 8 horas ppb)	1,003	0,001	1,0003	1,006	0,338
Todas	CO (Máximo horario ppm)	Lag 0	1,0008	0,0008	0,999	1,002	0,081
>65	CO (Promedio Máximo 8 horas ppm)	O ₃ (Máximo horario ppb)	1,005	0,002	1,00001	1,011	0,586
Todas	CO (Promedio Máximo 8 horas ppm)	O ₃ (Máximo horario ppb)	1,005	0,002	1,0003	1,010	0,556
Todas	CO (Promedio Máximo 8 horas ppm)	Lag 0	1,002	0,001	0,999	1,006	0,261

Fuente: El autor

Para la enfermedad Infarto cerebral (STROKE), se tiene un aumento del riesgo en 1,44% (IC95%: 0,06%;2,48 %) en la población general por el incremento de 0,01 ppm en la concentración de CO (Promedio Máximo 8 horas) en el Lag 3, además de esto también se obtuvo un aumento del 1,26% (IC95%: 0,25%;2,28 %) para la población general por el aumento de 0,01 ppm en la concentración de CO (Máximo horario) en el Lag 3 y por ultimo un incremento de riesgo de 1,39% (IC95%: 0,23 %; 2,55%) para los adultos mayores de 65 años por el aumento de 0.01 ppm en la concentración de CO (Máximo horario) en el Lag 3.

Al igual que los contaminantes anteriores se obtienen valores estadísticamente significativos para el CO, además de coincidir con el Lag 3 y se observa que el riesgo es mayor para los adultos mayores de 65 años expuestos a CO (Máximo horario) en comparación con el total de la población (Tabla 10).

Tabla 10. Porcentaje de cambio en el riesgo por mortalidad por Infarto cerebral (STROKE) en la Localidad Barrios Unidos, 2009 – 2014.

Grupo de Edad	Contaminante	Lag o combinación con contaminante	RR	D.E	ICI	ICS	%CR
>65	CO (Máximo horario ppm)	Lag 3	1,013	0,005	1,002	1,025	1,391
Todas	CO (Máximo horario ppm)	Lag 3	1,012	0,005	1,002	1,022	1,263
>65	CO (Promedio Máximo 8 horas ppm)	Lag 3	1,014	0,007	0,999	1,029	1,433
Todas	CO (Promedio Máximo 8 horas ppm)	Lag 3	1,014	0,007	1,0006	1,028	1,446

Fuente: El autor

Para la mortalidad para enfermedades respiratorias, específicamente para las infecciones de las vías respiratorias bajas (LRI), no se obtuvo ningún valor estadístico significativamente, además ningún riesgo está por encima de 0,3% (Tabla 11).

Tabla 11. Porcentaje de cambio en el riesgo por mortalidad por las infecciones de las vías respiratorias bajas en la Localidad Barrios Unidos, 2009 – 2014.

Grupo de Edad	Contaminante	Lag o combinación con contaminante	RR	D.E	ICI	ICS	%CR
Todas	CO (Máximo horario ppm)	SO ₂ (24 Horas) ppb	1,002	0,001	0,999	1,005	0,231
>65	CO (Máximo horario ppm)	Lag 0	1,001	0,001	0,998	1,003	0,054
Todas	CO (Promedio Máximo 8 horas ppm)	Lag 5	1,002	0,002	0,999	1,006	0,249

Fuente: El autor

Para finalizar, para la enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC), no se obtuvo aumento en el riesgo el cual fuera estadístico significativo, aunque se tiene un aumento en el riesgo considerable para el NO₂ (Máximo Horario) y O₃ (Máximo horario) como se evidencia en la Tabla 12.

Tabla 12. Porcentaje de cambio en el riesgo por mortalidad por la enfermedad pulmonar obstructiva crónica en la Localidad Barrios Unidos, 2009 – 2014.

Grupo de Edad	Contaminante	Lag o combinación con contaminante	RR	D.E	ICI	ICS	%CR
>65	O ₃ (Máximo horario ppb)	Lag 2	1,058	0,039	0,984	1,137	5.777
>65	NO ₂ (Máximo Horario) ppb	Lag 0	1,102	0,063	0,985	1,233	10.195
>65	CO (Máximo horario ppm)	Lag 0	1,001	0,001	0,998	1,004	0.090
Todas	CO (Promedio Máximo 8 horas ppm)	Lag 0	1,003	0,002	0,998	1,008	0.306

Fuente: El autor

DISCUSIÓN

Los resultados del presente trabajo muestran que el principal aumento en el riesgo se dio por el Monóxido de Carbono mayormente en el Lag 3, además los valores fueron estadísticamente significativos en comparación con los resultados de los otros contaminantes; aunque el valor del aumento de riesgo sea bajo, se debe tener en cuenta la regla de Habers, donde el efecto es igual a la concentración por el tiempo de exposición, por lo tanto puede que las concentración de CO sean bajas, pero se tiene que la vía de exposición es mediante el aire, pues el tiempo de exposición es considerable [2, 27], demostrando que el aumento de riesgo al incrementar 0,01 ppm de CO tiene relevancia sobre la mortalidad por enfermedades cardiopulmonares en la población. La concentración de CO se puede atribuir en parte a los corredores viales en los cuales se encuentran las fuentes de emisiones móviles. En un estudio realizado en Brasil, se encontró un aumento del riesgo de 3,54% (IC95%: 0,70%; 6,45%) y de 6,41% (IC95%: 1,37%; 9,57%) en la mortalidad por enfermedades cardiovasculares y respiratorias respectivamente, por el aumento de las concentraciones de CO en el Lag 0-10. [28]. El material particulado solo obtuvo valores estadísticamente significativos para eventos especiales como el IAM, aunque este influya directamente en la función pulmonar [29].

Los valores que obtuvieron un riesgo relativo se dieron en su mayoría en el promedio máximo de los valores de los contaminantes o con la combinación con los promedios máximos de estos. Estos promedios tienen un valor mayor comparado con los valores de las concentraciones de promedio de 24 horas, lo que permite inferir que el máximo diario o el promedio 3 horas tiene más relevancia que el promedio de 24 horas.

Para el Infarto Agudo del Miocardio (IAM) se obtuvo un resultado estadísticamente significativo de 7,98% (IC95%: 0,34%; 8,49%) en la población general por un incremento de 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en la concentración de PM_{10} combinado con el O_3 (Promedio Máximo 8 horas); un estudio realizado en Corea del Sur, tipo casos y controles, trabajó con 37.880 pacientes por IAM, contaminación del aire y factores meteorológicos; se obtuvo un riesgo del 9,7% (IC95%: 6,2%,13,4%), por el aumento de 10 ppb en la concentración de NO_2 ; de 1,9% (IC95%: 0,3%;3,6%) por el aumento 1 ppb de SO_2 y de 2,1% (IC95%: 0,5%;3,9%) por el aumento de 0,1 ppm de CO, mientras que para las concentraciones de PM_{10} y de ozono, no se encontró relación con eventos cardiovasculares e IAM [30].

Para CRB se tiene un aumento del riesgo de 0,577% (IC95%: 0,031 %;1,08%) para mayores de 65 años, por el aumento de 0,01 ppm en la concentración de CO (Promedio Máximo 8 horas) combinado con el ozono (máximo horario). Los valores que fueron estadísticamente significativos para esta enfermedad fueron para el CO, ya sea en promedio máximo 8 horas o máximo horario, con la combinación de O_3 , ya sea máximo horario o promedio máximo 8 horas. Un estudio realizado en seis ciudades china encontró que por un aumento en 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM_{10} y $\text{PM}_{2,5}$, se incrementa el riesgo 1,88% (IC 95%: 1,37%;2,39%) y 3,07% (IC 95%: 2,35%, 3,79%) respectivamente, en la mortalidad por accidente cerebrovascular, este fue un estudio que estimo los efectos agudos de la contaminación por partículas finas y gruesas. [31] Otro estudio realizado en Beijing indica que por el aumento de 0.1 m/L^{-1} en las datos del Observatorio de Complejidad Económica (OEC), aumenta el riesgo de mortalidad por enfermedad cerebrovascular en 7,9%, (IC95%: 0,3%;16,4%), además indica que la enfermedad cerebrovascular se correlacionan con SO_4^{2-} y NO_3 [32]

Para la combinación de los contaminantes, el ozono es el más relevante lo que indica que las concentraciones de los contaminantes en combinación con concentraciones de ozono aumentan el riesgo de mortalidad, esto se da para enfermedades como las cerebrovasculares. Un estudio realizado en Corea del Sur en los periodos de 2002 y 2008, no encontró asociación entre ozono ni el PM_{10} con un mayor riesgo de muertes por lesiones no intencionales en toda la población, pero si se asoció con el SO_2 con valores de (OR 1,119; IC:95%, 1,022-1,226), NO_2 (OR 1,208; IC:95%, OR

1,043-1,400) y CO (OR 1,012; IC:95%, 1,000-1,024) [33]. Otro estudio realizado en Brasil demostró que para la mortalidad cardiovascular se obtuvo un aumento de riesgo relativo del 4% (IC95%: 1%;6%), para mayores de 50 años por el aumento de 3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en la concentración de SO_2 , pudiendo ser resultado de los elementos de la quema de combustibles fósiles. [34]

Para la Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica (EPOC) no se encontraron valores estadísticamente significativos, aunque según la OMS esta es la cuarta causa de mortalidad, la cual se duplicará en el 2020 [35]; el aumento de las concentraciones de ozono aumenta el riesgo en alrededor de 5,5% tanto para población general y para los mayores de 65 años, mientras que para NO_2 se obtuvo un aumento de riesgo de alrededor de 10%. En un estudio realizado Barcelona, se encontró que el Ozono y el NO_2 reaccionan positivamente con la mortalidad por EPOC y asma, donde la reducción de 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ tiene como consecuencia una disminución del 4% a 6% en las urgencias por EPOC [20].

Para infección aguda de vías respiratorias bajas (LRI), no se halló un valor del riesgo relativo que fuera estadísticamente significativo, pero este evento presenta un riesgo al incrementar la concentración de SO_2 , como se observó en otros estudios realizados en Bogotá en la localidad de Fontibón, donde se obtuvo un aumento del riesgo 1,02% (IC95%:-21%;32%) para toda la población al incrementar el SO_2 (promedio 24 horas) en 1,71 ppb combinado con NO_2 24 horas [36], mientras que para la localidad de Barrios Unidos el aumento de riesgo fue de 0,23% (IC 95%; -0,002%;0,482%) para todas las edades por el aumento de 0,01 ppm de CO (máximo horario) combinado con el SO_2 (promedio 24 horas), en cambio para la localidad de Engativá solo se obtuvo un valor estadísticamente significativo el cual fue de 0,17% (IC95%: 0,01%;0,34%) en mayores de 65 años, por el aumento de 5 ppb del promedio máximo de CO en el Lag 4 [37].

Se logró comprobar la relación entre la contaminación del aire con la mortalidad causada por enfermedades cardiopulmonares, sobre todo para las enfermedades cardiovasculares, donde el principal contaminante relacionado fue el CO, lo cual se evidenció en los valores de porcentaje de cambio en el riesgo obtenidos para enfermedades cardiovasculares, cerebrovasculares y derrame cerebral (STROKE), donde por el aumento de 0,01 ppm en la concentración de CO, ya sea promedio máximo 8 horas o máximo horario, en el Lag 3 o en combinación con ozono, obtuvo un valor entre 0,18% (IC95%: 0,01%;0,34%) a 9,10% (IC95%: 1,24%; 17,58%), en el grupo etario de adultos mayores de 65 años, corroborando lo citado en otros estudios para este grupo de edad [38]. Lo anterior implica que la población puede estar en riesgo de morir a causa de una enfermedad cardiopulmonar, además de llamar la atención que Barrios Unidos no es una localidad que se caracteriza por tener altos niveles de concentración de contaminantes en el aire, como si lo tienen Fontibón, Puente Aranda y Kennedy y aun así Barrios Unidos presenta un aumento importante en el riesgo de mortalidad [39]. En una investigación que se realizó en Bogotá en el periodo de 1998-2006 se encontraron valores de riesgo entre 0,57%-1,12% por el aumento de 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM_{10} , estos resultados fueron estadísticamente significativos tanto para enfermedades cardiovasculares, como para enfermedades respiratorias [14]. Por último, en un estudio de revisión realizado en México, se determinó que el aumento del riesgo por enfermedades cardiovasculares era del 1,32% (IC95%; 1,10%;1,55%) y de 1,82% (IC95%: 1,37%;2,22%) por enfermedades respiratorias en toda la población, por el aumento de 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en PM_{10} , en cambio por un aumento de 10 ppb de ozono se obtuvo un riesgo de 0,01% (IC95%: -0,68%;0,70%) por enfermedades respiratorias y un 0,73% (IC95% 0,32%;1,13%) por enfermedades cardiovasculares [40].

Puede que la localidad de Barrios Unidos no tenga una gran influencia industrial, ya que ninguna de sus cuatro Unidades de Planeación Zonal (UPZ) son calificadas como predominantemente industriales, las mayorías de éstas, específicamente 3 de 4 (82,1% del área de la localidad) son calificadas de uso residencial, pero cuenta con diferentes vías para el transporte vehicular [17]. La

principal limitación de este estudio fue la ubicación de la estación de calidad de aire, ya que esta se encuentra dentro del Parque Simón Bolívar, por esto es probable que el parque atenué los niveles de concentración de los contaminantes y por lo tanto no se estén registrando valores como si fuera una estación de tipo tráfico; la fortaleza de este estudio fue la selección del diseño ecológico, lo que significa que toda parte de información secundaria fácil de adquirir, que permite tener un acercamiento a la situación que se presenta esta localidad, en la cual se evidencio la relación entre la mortalidad cardiopulmonar y los niveles de contaminantes del aire que pueden generar un efecto adverso sobre la población. Es importante aclarar que este tipo de estudio no permite llegar al nivel individual, porque se incurriría en la llamada falacia ecológica, por lo tanto los resultados son válidos únicamente para la localidad Barrios Unidos [41]. Esta investigación aporta desde la academia en temas como calidad de aire, efectos en la salud y puede ser útil para las entidades como la Secretaría Distrital de Salud y la Secretaría de Medio Ambiente como base para justificar la creación de políticas públicas que tenga como objetivo el bienestar de la población y de esta manera mejorar su calidad de vida.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Bourdrel T, Bind M, Béjot Y, Morel O, Argacha J. Cardiovascular effects of air pollution. Archives of Cardiovascular Diseases 2017 July 21.
- [2] Schwartz J, Bind M, Koutrakis P. Estimating Causal Effects of Local Air Pollution on Daily Deaths: Effect of Low Levels. Environmental Health Perspectives 2017;125(1):23-9.
- [3] Organización Mundial de la Salud. PHE, Infographi 2016 mar ;4(1)
- [4] May L, Mullins P, Pines J, Wilbur L. La Asociación Entre Contaminación Atmosférica Y Mortalidad: Una Revisión De Los Estudios Epidemiológicos Recientes; Academic Emergency Medicine 2014 Jan 1;;21(1):17.
- [5]. Rodríguez-Villamizar LA, González BE, Vera LM, Patz J, Bautista LE. Environmental and occupational health research and training needs in Colombia: A Delphi study. Biomédica : revista del Instituto Nacional de Salud 2015 Aug;35 Spec:58.
- [6] Peña C, Carter D, Fierro F. Toxicología Ambiental, Evaluación De Riesgos Y Restauración Ambiental. 2001.
- [7] Silbergeld EK. Toxicología, Herramientas y enfoques: Enciclopedia De Salud y Seguridad En El Trabajo; 2012.
- [8] Díaz Jiménez J, Alberdi Odriozola JC, Montero Rubio JC, Mirón Pérez IJ. Asociación entre la contaminación atmosférica por dióxido de azufre y partículas totales en suspensión y la mortalidad diaria en la ciudad de Madrid (1986–1992). Gaceta Sanitaria 1998 January 1;;12(5):207-215.
- [9] Bind M, Peters A, Koutrakis P, Coull B, Vokonas P, Schwartz J. Quantile Regression Analysis of the Distributional Effects of Air Pollution on Blood Pressure, Heart Rate Variability, Blood Lipids, and Biomarkers of Inflammation in Elderly American Men: The Normative Aging Study. Environmental Health Perspectives 2016 August;124(8):1189-1198.
- [10] OYARZÚN G M. Contaminación aérea y sus efectos en la salud. Revista chilena de enfermedades respiratorias 2010 Mar;26(1):16-25.

- [11] Ha K, Cho J, Cho S, Kim C, Shin D. Air pollution and unintentional injury deaths in South Korea. *Environmental Science & Pollution Research* 2015;22(10):7873-81.
- [12] Gallego Picó A, González Fernández I, Sánchez Gimeno B. Contaminación atmosférica y efectos respiratorios en niños, en mujeres embarazadas y en adultos mayores. Madrid: UNED - Universidad Nacional de Educación a Distancia; 2012.
- [13] Miri M, Derakhshan Z, Allahabadi A, Ahmadi E, Oliveri Conti G, Ferrante M, et al. Mortality and morbidity due to exposure to outdoor air pollution in Mashhad metropolis, Iran. The AirQ model approach. *Environmental Research* 2016 November 1,;151:451-457.
- [14] 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 10 μ m (PM10) on mortality in Bogota, Colombia: a time-series analysis, 1998-2006. *Salud pública de México* 2014 Jul;56(4):363.
- [15] Ambiente y sostenibilidad, Universidad de los Andes. calidad del aire no es un solo un tema de ambiente, sino esencialmente de salud,2018
- [16] Reanalysis of the Effects of Air Pollution on Daily Mortality in Seoul, Korea: A Case-Crossover Design. *Environmental Health Perspectives* 1999;107(8):633-6.
- [17]Secretaria Distrital de Planeación. Diagnóstico de los aspectos físicos, demográficos y socioeconómicos año 2011-localidad 12 Barrios Unidos, Bogotá. 2011.
- [18] SECRETARÍA DE CULTURA, RECREACIÓN Y DEPORTE. Ficha local de Barrios Unidos. 2016
- [19] Cámara de comercio de Bogota. Perfil económico y empresarial, localidad de Barrios Unidos,2007
- [20] Tobías Garcés A, Sunyer Deu J, Castellsagué Piqué J, Sáez Zafra M, Antó Boqué JM. Impacto de la contaminación atmosférica sobre la mortalidad y las urgencias por enfermedad pulmonar obstructiva crónica y asma en Barcelona. *Gaceta Sanitaria* 1998 January 1,;12(5):223-230.
- [21] Sarmiento R, Hernández LJ, Medina EK, Rodríguez N, Reyes J. Síntomas respiratorios asociados con la exposición a la contaminación del aire en cinco localidades de Bogotá, 2008-2011, estudio en una cohorte dinámica. *Biomédica* 2015 /08/10;35(Sup2):167-77.
- [22] De Leon, Antônio CM Ponce, Costa AF, Hoek G, Brunekreef B. Air Pollution and Deaths among Elderly Residents of Sao Paulo, Brazil: An Analysis of Mortality Displacement. *Environmental Health Perspectives* 2017;125(3):349-54.
- [23] Hong Y, Lee J, Kirn H, Ha E, Schwartz J, Christiani DC. Effects of Air Pollutants on Acute Stroke Mortality. *Environmental Health Perspectives* 2002 February;110(2):187.
- [24] Organización Mundial de la Salud. Definición y evaluación de los riesgos para la salud. Capitulo 2.
- [25] Diaz F. Selección de modelos mediante el criterio de información en análisis factorial, aspectos teóricos y computacionales. Tesis doctorales de la Universidad de Granada,2011
- [26] Manuel Repetto Jiménez, Guillermo Repetto Toxicología fundamental,2009

- [27] Akinwande. M, Dikko. H, Samson.A. "Variance Inflation Factor: As a Condition for the Inclusion of Suppressor Variable(s) in Regression Analysis", Ahmadu Bello University, Mathematics; 2015.
- [28] Costa AF, Hoek G, Brunekreef B, Ponce de Leon, Antônio Cm. Air Pollution and Deaths among Elderly Residents of São Paulo, Brazil : An Analysis of Mortality Displacement. *Environmental Health Perspectives* 2017 Mar;125(3):349-354.
- [29] Hong Y, Lee J, Kirn H, Ha E, Schwartz J, Christiani DC. Effects of Air Pollutants on Acute Stroke Mortality. *Environmental Health Perspectives* 2002 February;110(2):187.
- [30] Seung-Woon Rha, Byoung Geol Choi, Se Yeon Choi, Jae Kyeong Byun, Min Shim, Dong Joo Oh, et al. SHORT-TERM MORTALITY AND LONG-TERM EFFECTS OF AIR POLLUTION ON ACUTE MYOCARDIAL INFARCTION PATIENTS IN SOUTH KOREA. *Journal of the American College of Cardiology* 2016 Apr 5;67(13):38.
- [31] Guiqian Tang, Pusheng Zhao, Yinghong Wang, Mortality and air pollution in Beijing: The long-term relationship, *Atmospheric Environment* 2017
- [32] XiaojieWang, ZhengminQian, XiaojieWang Estimating the acute effects of fine and coarse particle pollution on stroke mortality of in six Chinese subtropical cities. *Environmental Pollution*, August 2018,
- [33] Ha K, Cho J, Cho S, Kim C, Shin D. Air pollution and unintentional injury deaths in South Korea. *Environmental Science & Pollution Research* 2015;22(10):7873-81.
- [34] C.T. Amancio, L.F.C. Nascimento. Association of sulfur dioxide exposure with circulatory system deaths in a medium-sized city in Brazil. *Theoe journal of clinical investigation* .
- [35] Villar Álvarez F, de Miguel Díez J, Luis Álvarez-Sala J. EPOC y acontecimientos cardiovasculares. *Archivos de Bronconeumología* 2008 March 1;44(3):152-159
- [36] Evaluation of the short-term effects of criteria pollutants on, cardiopulmonary mortality in fontibón-bogotá, Buitrago Ocampo Conny Yohana. instname:Universidad Santo Tomás 2017 -07-18T22:36:53Z.
- [37] Efectos A Corto Plazo De La Contaminación Del Aire Sobre La Mortalidad Cardiopulmonar En La Localidad De Engativá-Bogotá, Álvarez Soto Jaiver Esteban. instname: Universidad Santo Tomás 2018.
- [38] Pereira Filho MA, Pereira LAA, Arbex FF, Arbex M, Conceição GM, Santos UP et al. Effect of air pollution on diabetes and cardiovascular diseases in São Paulo, Brazil. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research* 2008;41(6):526-32.
- [39] Kien&Ke. Observatorio Ambiental de Bogotá, Estos son los lugares amas contaminados de Bogotá. 2013
- [40] Rosales-Castillo JA, Torres-Meza VM, Olaiz-Fernández G, Borja-Aburto VH. Los efectos agudos de la contaminación del aire en la salud de la población: evidencias de estudios epidemiológicos. *Salud Pública de México* 2001 Dec;43(6):544-555.
- [41] Hernández-Avila M, Garrido-Latorre F, López-Moreno S. Diseño de estudios epidemiológicos. *Salud pública Méx*, *Salud pública Méx* 2000 -04;42:144-154.