



**UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA**

**EFFECTO DE LA TEMPERATURA EN LA
MORBIMORTALIDAD DIARIA POR INFLUENZA Y
NEUMONÍA EN LA POBLACIÓN MENOR DE CINCO
AÑOS DE EDAD EN LA CIUDAD DE MEDELLÍN, 2008 A
2015**

Ana María Restrepo Lopera

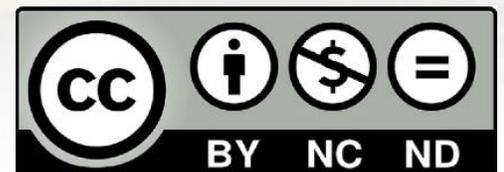
Jhon Mario Romero Hereira

Universidad de Antioquia

Facultad Nacional de Salud Pública, Departamento
de Ciencias Básicas

Medellín, Colombia

2019



**Efecto de la temperatura en la morbimortalidad diaria por
influenza y neumonía en la población menor de cinco años de
edad en la ciudad de Medellín, 2008 a 2015**

Ana María Restrepo Lopera

Jhon Mario Romero Hereira

Trabajo de grado optar al título de
Gerencia de Sistemas de Información en Salud

Asesor

Hugo de Jesús Grisales Romero

Profesor Titular Universidad de Antioquia

Grupo de Investigación Demografía y Salud

Universidad de Antioquia

Facultad Nacional de Salud Pública

“Héctor Abad Gómez”

Medellín, Colombia

2019

Nota de aceptación

Asesor

Jurado 1

Jurado 2

Medellín, octubre de 2019

Tabla de contenido

	Pág.
Lista de tablas.....	6
Lista de figuras	9
Lista de anexos	10
Lista de abreviaturas	11
Glosario de términos.....	12
Resumen	15
1. Introducción.....	16
2. Planteamiento del problema y justificación	19
3. Objetivos	23
3.1 Objetivo General	23
3.2 Objetivos Específicos	23
4. Marco de referencia	24
4.1 Marco Territorial.....	24
4.2 Panorama epidemiológico de la ciudad de Medellín	25
4.3 Entidades ambientales identificadas.....	27
5. Marco conceptual.....	29
5.1 El sistema climático	29
5.1.1 Funcionamiento del clima	29
5.1.2 Funcionamiento del clima	29
5.1.3 La antropósfera y el sistema climático	32
5.1.4 Impactos urbanos en variables ambientales.....	35
5.2 Contaminación ambiental	36
5.2.1 Contaminación atmosférica	36
5.3 Cambio Climático	41
5.4 Repercusiones del cambio climático y factores ambientales en la salud humana.....	44
5.5 Evento centinela.....	48
5.6 Infección Respiratoria Aguda.....	48
5.6.1 Influenza y neumonía	49
5.7 Mortalidad en niños menores de cinco años	51
5.7.1 Infección respiratoria aguda en menores de cinco años.....	52
5.7.2 Influenza y neumonía en menores de cinco años.....	54
5.8 Modelos Aditivos Generalizados.....	55
5.9 Normatividad	56
5.9.1 Marco Legal.....	57
6. Metodología	66
6.1 Tipo de estudio	66
6.2 Población de referencia	66
6.3 Población objetivo	66
6.4 Fuentes de información	66
6.5 Calidad de la información	67
6.6 Criterios de inclusión y exclusión	67
6.7 Operacionalización de las variables	68

6.8 Captación y administración del dato.....	68
6.9 Control de sesgos.....	69
6.10 Aspectos éticos.....	69
6.11 Viabilidad y factibilidad.....	70
6.12 Análisis estadístico.....	70
6.13 Procesamiento de la información.....	72
7. Resultados.....	73
7.1 Características de las defunciones por influenza y neumonía en niños menores de cinco años.....	73
7.2 Características de la morbilidad por influenza y neumonía en niños menores de cinco años.....	79
7.3 Características de las variables ambientales y meteorológicas.....	82
7.4 Modelos Aditivos Generalizados (GAM) simples para los casos diarios de morbilidad por influenza y neumonía.....	86
7.4 Modelos Aditivos Generalizados múltiples para los casos diarios de morbilidad por influenza y neumonía.....	90
7.5 Modelos Aditivos Generalizados (GAM) simples para las defunciones diarias por influenza y neumonía.....	99
8. Discusión.....	100
9. Limitaciones.....	107
10. Conclusiones.....	108
11. Recomendaciones.....	109
12. Agradecimientos.....	110
13. Referencias Bibliográficas.....	111
Anexos.....	134

Lista de tablas

Pág.

Tabla 1. Descripción de los principales contaminantes atmosféricos químicos y sus fuentes.....	40
Tabla 2. Frecuencias de las muertes y tasas de mortalidad por influenza y neumonía en niños menores de cinco años de edad según sexo y año. Medellín, periodo 2008 a 2015.....	73
Tabla 3. Frecuencias de las muertes por influenza y neumonía en los menores de cinco años según grupo de edad y sexo. Medellín, 2008 a 2015.....	74
Tabla 4. Frecuencias de las defunciones por influenza y neumonía según variables sociodemográficas. Medellín, 2008 a 2015.....	75
Tabla 5. Frecuencias de las defunciones de niños menores de cinco años según evento centinela y sexo. Medellín, periodo 2008 a 2015.....	76
Tabla 6. Distribución porcentual de defunciones por categoría y subcategorías de la influenza y neumonía en niños menores de cinco años en la ciudad de Medellín, periodo 2008 a 2015.....	77
Tabla 7. Índices estacionales de la serie completa de casos de las defunciones por influenza y neumonía en menores de cinco años. Medellín, 2008 a 2015.....	79
Tabla 8. Frecuencias por influenza y neumonía en niños menores de cinco años de edad según sexo y año. Medellín, periodo 2008 a 2015.....	79
Tabla 9. Frecuencias de los casos de influenza y neumonía en niños menores de cinco años de edad según día festivo, día feriado y día de la semana. Medellín, periodo 2008 a 2015.....	81
Tabla 10. Índices estacionales de la serie completa de casos de morbilidad por influenza y neumonía en menores de cinco años. Medellín, 2008 a 2015.....	82
Tabla 11. Indicadores resumen del número de casos diarios de morbilidad y variables ambientales y climatológicas, según año, día de la semana, festivo, feriado y brote de influenza. Medellín, 2008 a 2015.....	82
Tabla 12. Valor p y coeficiente de correlación Rho de Spearman entre las variables de estudio.....	85
Tabla 13. Indicadores de asociación de los Modelos Aditivos Generalizados simples de los casos diarios de morbilidad por influenza y neumonía según variables de tiempo. Medellín, 2008 a 2015.....	86

Tabla 14. Valoración de los términos de suavizamiento y estadísticos de cada covariable en los Modelos Aditivos Generalizados simples de los casos diarios de morbilidad por influenza y neumonía. Medellín, 2008 a 2015.....87

Tabla 15. Indicadores de asociación de los casos diarios de influenza y neumonía en los Modelos Aditivos Generalizados simples según rezagos de la temperatura. Medellín, 2008 a 2015.....89

Tabla 16. Indicadores resumen de los rezagos acumulados en la oportunidad de enfermar por influenza y neumonía según contaminante criterio, asociado al incremento de 1°C de temperatura. Medellín, 2008 a 2015.....90

Tabla 17. Magnitud de la oportunidad de enfermar por influenza y neumonía, asociado al incremento de 1°C de temperatura en el rezago simple, ajustado por las concentraciones diarias de PM_{2.5}. Medellín, 2008 a 2015.....91

Tabla 18. Valoración de los términos de suavizamiento y estadísticos de cada covariable en el modelo múltiple, ajustado por las concentraciones diarias de PM_{2.5}. Medellín, 2008 a 2015.....92

Tabla 19. Magnitud de la oportunidad de enfermar por influenza y neumonía, asociado al incremento de 1°C de temperatura en el rezago simple, ajustado por las concentraciones diarias de PM₁₀. Medellín, 2008 a 2015.....94

Tabla 20. Valoración de los términos de suavizamiento y estadísticos de cada covariable en el modelo múltiple, ajustado por las concentraciones diarias de PM₁₀. Medellín, 2008 a 2015.....95

Tabla 21. Magnitud de la oportunidad de enfermar por influenza y neumonía, asociado al incremento de 1°C de temperatura en el rezago simple, ajustado por las concentraciones diarias de O₃. Medellín, 2008 a 2015.....96

Tabla 22. Valoración de los términos de suavizamiento y estadísticos de cada covariable en el modelo múltiple, ajustado por las concentraciones diarias O₃. Medellín, 2008 a 2015.....97

Tabla 23. Indicadores resumen de los rezagos acumulados en la oportunidad de enfermar por influenza y neumonía según contaminante criterio, asociado al incremento de 5°C de temperatura. Medellín, 2008 a 2015.....98

Tabla 24. Indicadores de asociación de los Modelos Aditivos Generalizados simples de las defunciones diarias por influenza y neumonía según variables de tiempo. Medellín, 2008 a 2015.....	99
Tabla 25. Valoración de los términos de suavizamiento y estadísticos de cada covariable en los Modelos Aditivos Generalizados simples de las defunciones diarias por influenza y neumonía. Medellín, 2008 a 2015.....	99

Lista de figuras

Pág.

Figura 1. Modelo conceptual de bienestar urbano relacionado con la salud (Urjan Health)	34
Figura 2. Variaciones de la temperatura media de la superficie terrestre en los últimos 20.000 años.....	43
Figura 3. Tendencia de la tasa de mortalidad en niños menores de cinco años de edad por influenza y neumonía según sexo y año. Medellín, 2008 a 2015.....	74
Figura 4. Distribución porcentual de las defunciones por influenza y neumonía en niños menores de cinco años por grupos de edad y sexo. Medellín, 2008 a 2015.....	75
Figura 5. Tendencia de la tasa de mortalidad por influenza y neumonía en menores de cinco años de edad por año. Medellín, 2008 a 2015.....	77
Figura 6. Número mensual de defunciones por influenza y neumonía en niños menores de cinco años. Medellín, 2008 a 2015.....	78
Figura 7. Tendencia de la media de casos diarios por influenza y neumonía en niños menores de cinco años de edad según sexo y año. Medellín, 2008 a 2015.....	80
Figura 8. Número mensual de casos por Influenza y Neumonía en niños menores de cinco años. Medellín, 2008 a 2015.....	81
Figura 9. Número promedio de casos de influenza y neumonía según si el día era festivo, feriado y si se había presentado algún brote. Medellín, 2008 a 2015.....	84
Figura 10. Tendencia de las variables climatológicas y ambientales suavizadas en los Modelos Aditivos Generalizados simples. Medellín, 2008 a 2015.....	88
Figura 11. Dispersión de las variables climatológicas y ambientales suavizadas e histograma de los residuales, ajustado por las concentraciones diarias de PM _{2.5} . Medellín, 2008 a 2015.....	93
Figura 12. Dispersión de las variables climatológicas y ambientales suavizadas e histograma de los residuales, ajustado por las concentraciones diarias de PM ₁₀ . Medellín, 2008 a 2015.....	95
Figura 13. Dispersión de las variables climatológicas y ambientales suavizadas e histograma de los residuales, ajustado por las concentraciones diarias de O ₃ . Medellín, 2008 a 2015.....	98

Lista de anexos

Pág.

Anexo N°1. Diagnósticos CIE-10 que se incluyeron para la definición del evento centinela Influenza [gripe] y neumonía (J10–J18).....	134
Anexo N°2. Cuadro de Operacionalización de Variables.....	136
Anexo N°3. Magnitud de la oportunidad de enfermar por influenza y neumonía asociado al incremento de 1°C de temperatura en el rezago simple, ajustado por las concentraciones diarias de PM _{2.5} , PM ₁₀ y O ₃ . Medellín, 2008 a 2015.....	142
Anexo N°4. Magnitud de la oportunidad de enfermar por influenza y neumonía asociado al incremento de 1°C de temperatura en el rezago de 0 a 3 días, ajustado por las concentraciones diarias de PM _{2.5} , PM ₁₀ y O ₃ . Medellín, 2008 a 2015.....	143
Anexo N°5. Magnitud de la oportunidad de enfermar por influenza y neumonía asociado al incremento de 1°C de temperatura en el rezago de 0 a 7 días, ajustado por las concentraciones diarias de PM _{2.5} , PM ₁₀ y O ₃ . Medellín, 2008 a 2015.....	144
Anexo N°6. Magnitud de la oportunidad de enfermar por influenza y neumonía asociado al incremento de 1°C de temperatura en el rezago de 0 a 15 días, ajustado por las concentraciones diarias de PM _{2.5} , PM ₁₀ y O ₃ . Medellín, 2008 a 2015.....	145

Lista de abreviaturas

- AMVA:** Área Metropolitana del Valle de Aburrá.
- CCVC:** Contaminantes Climáticos de Vida Corta.
- CH₄:** Gas metano.
- CIE- 10:** Clasificación Internacional de Enfermedades, Versión 10.
- CMNUCC:** Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.
- CO₂:** Dióxido de carbono.
- COP:** Conferencias de las Partes.
- DANE:** Departamento Administrativo Nacional de Estadística.
- ERA:** Enfermedad Respiratoria Aguda.
- ETV:** Enfermedad transmitida por vectores.
- GAM:** Modelos Aditivos Generalizados.
- GEI:** Gases de Efecto Invernadero.
- Gton:** Gigatonelada.
- IDEAM:** Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.
- IPCC:** Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático.
- IPS:** Institución Prestadora de Servicios de Salud.
- IRA:** Infección Respiratoria Aguda.
- MDL:** Mecanismo de Desarrollo Limpio.
- MSPS:** Ministerio de Salud y Protección social.
- N₂o:** Óxido nitroso.
- O₃:** Ozono.
- OMS:** Organización Mundial de la Salud.
- ONU:** Organización de las Naciones Unidas.
- OPS:** Organización Panamericana de la Salud.
- PAHO:** Organización Panamericana de la salud.
- POT:** Plan de Ordenamiento Territorial.
- PPM:** Partes por un millón.
- PM:** Material Particulado.
- RCE:** Reducciones Certificadas de las Emisiones.
- REDAIRE:** Red de Vigilancia de la Calidad del Aire.
- RIPS:** Registro Individual de Prestación de Servicios en Salud.
- SIVIGILA:** Sistema de Vigilancia en Salud Pública.
- SIATA:** Sistema de Alerta Temprana de Medellín y el Valle de Aburrá.
- UNICEF:** Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia.

Glosario de términos

Antropogénico: Resultante o producido por acciones humanas (1).

Contaminantes criterio: contaminantes trazadores que permiten establecer el efecto de la contaminación del aire en la salud humana PM_{10} , $PM_{2.5}$ y O_3 (2).

Efecto invernadero: Fenómeno por el cual los gases, componentes de la atmósfera planetaria, retienen parte de la energía que el suelo emite por haber sido calentado por la radiación solar. Afecta a todos los cuerpos planetarios dotados de atmósfera (3).

Estacionalidad: patrones de comportamiento que regularmente exhibe una variable en momentos específicos del año (4).

Evento centinela: Enfermedad prevenible, discapacidad o muerte prematura cuya ocurrencia sirve como señal de advertencia de que deben ser intervenidas, con acciones preventivas o terapéuticas (5).

Forzamiento radiativo: Variación, expresada en $W m^{-2}$, del flujo radiativo (la descendente menos la ascendente) en la tropopausa o en la parte superior de la atmósfera, debida a una variación del causante externo del cambio climático (6).

Hexafluoruro de azufre (SF₆): Uno de los seis gases de efecto invernadero que se intenta *reducir* en el Protocolo de Kyoto. Se utilizan bastante en la industria pesada para el aislamiento de equipos de alto voltaje y como ayuda para la fabricación de sistemas de enfriamiento de cables. Su potencial de calentamiento mundial es 23.900 (1).

Hidrofluorocarbonos (HFC): Unos de los seis gases de efecto invernadero que se producen de manera comercial como sustituto de los clorofluorocarbonos. Los HFC se utilizan sobre todo en refrigeración y fabricación de semiconductores. Su potencial de calentamiento mundial se encuentra en la gama de 1.300 a 11.700 (1).

Historia natural de la enfermedad: Es la evolución de un proceso patológico sin intervención médica. Representa el curso de

acontecimientos biológicos entre la acción secuencial de las causas componentes (etiología) hasta que se desarrolla la enfermedad y ocurre el desenlace (curación, paso a cronicidad o muerte) (7).

Humedad: Es el vapor de agua que se encuentra contenido en el aire. Su medida se determina por la cantidad de precipitaciones e irradiación solar que una región geográfica registra (8).

Metano (CH₄): Hidrocarburo que es un gas de efecto invernadero, producido por la descomposición anaerobia (sin oxígeno) de residuos en vertederos, digestión animal, descomposición de residuos animales, producción y distribución de gas natural y petróleo, producción de carbón, y combustión incompleta de combustibles fósiles (1).

Morbilidad: Número de personas que enferman en determinado tiempo y espacio (2).

Mortalidad: Número de personas que mueren durante un tiempo dado y espacio determinado (2).

Óxido nítrico: Potente gas de efecto invernadero emitido con los usos de cultivos en tierras, especialmente el uso de fertilizadores comercial y orgánico, la combustión de combustibles fósiles, la producción de ácido nítrico, y la combustión de biomasa. Es uno de los seis gases de efecto invernadero que se intentan *reducir* con el Protocolo de Kyoto (1).

Perfluorocarbonos (PFC): Se encuentran entre los seis gases de efecto invernadero y son subproductos de la fundición del aluminio y del enriquecimiento del uranio. El potencial de calentamiento mundial de los PFC es 6.500–9.200 veces superior al del dióxido de carbono (1).

Pluviosidad: Cantidad de lluvia que cae en un lugar y un período de tiempo determinado. Esta cantidad de lluvia se mide por los pluviómetros (9).

Precipitación: Es una parte del ciclo hidrológico, responsable de depositar agua fresca en el planeta y que es generada por las nubes cuando alcanzan un punto de saturación (10).

Presión atmosférica: Fuerza ejercida sobre una superficie determinada debida al peso de la atmósfera. Presenta variaciones a nivel vertical: los valores disminuyen en tanto se asciende en altitud (8).

Primera infancia: Etapa del ciclo vital humano, que comprende desde la gestación y hasta los cinco años (11).

REDAIRE: Ente que refiere las estaciones de monitoreo, que operan y controlan la red de monitoria de la calidad del aire urbano en el Valle de Aburrá, la cual tiene 21 estaciones de medición (12).

Rezago: Días o conjunto de días en que se asume que se presentará el evento en salud en relación al momento en que se presenta el incremento en las concentraciones del factor analizado (2).

RIPS: Es el conjunto de datos mínimos y básicos que el Sistema General de Seguridad Social en salud requiere para los procesos de dirección, regulación y control y como soporte de la venta de servicios (13).

SIVIGILA: Ente cuya responsabilidad es el proceso de observación y análisis objetivo, sistemático y constante de los eventos en salud, el cual sustenta la orientación, planificación, ejecución, seguimiento y evaluación de la práctica de la salud pública (14).

Temperatura: Cantidad de energía calorífica que hay acumulada en el aire (8).

Resumen

Introducción. La influenza y neumonía constituyen un problema de salud en los niños menores de cinco años y ocupan los primeros lugares como causa de muerte, principalmente, en los países en desarrollo y de bajos ingresos. **Objetivo.** Establecer el efecto de la temperatura en la morbimortalidad diaria, por influenza y neumonía según factores climáticos, meteorológicos y de contaminación ambiental en menores de cinco años de la ciudad de Medellín para el periodo 2008 a 2015. **Métodos.** Se realizó un estudio ecológico de series de tiempo con fuente de información secundaria y se construyeron Modelos Aditivos Generalizados (Generalized Additive Models, GAM, por sus iniciales en inglés), con función de enlace Poisson para indagar acerca del efecto de la temperatura en la morbimortalidad diaria por influenza y neumonía. Las variaciones porcentuales en la oportunidad de enfermar se estimaron considerando el incremento de 1 y 5°C de la temperatura según rezagos distribuidos. **Resultados.** La temperatura se asoció significativamente con los casos diarios de influenza y neumonía en los retardos distribuidos de 3, 7 y 15 días. El rezago 0 dio cuenta de un incremento del 8,0% (IC 95%: 6,5% - 9,6%) en los casos diarios del evento centinela, explicando este modelo la variabilidad en los casos en un 32,5% cuando se ajustó por las variables PM_{2.5}, humedad relativa, año, día de la semana, si el día era o no festivo y si era o no feriado. **Conclusiones.** Los GAM construidos para los casos de morbilidad destacaron que el incremento de 1 y 5°C de temperatura tuvo efectos sobre la presentación diaria de influenza y neumonía en los menores de cinco años, pero no en la ocurrencia de defunciones durante el periodo 2008 a 2015 en la ciudad de Medellín.

Palabras claves: Modelos Aditivos Generalizados. Temperatura, Influenza, Neumonía, Tasas de mortalidad, Contaminación.

1. Introducción

Durante las últimas décadas se han evidenciado factores en la relación entre humanos y el clima mundial. Las actividades humanas, que incluyen la quema de combustibles fósiles y los cambios en el uso de la tierra y de la agricultura, están aumentando las concentraciones de gases de efecto invernadero, que tienden a incrementar la temperatura atmosférica. En algunas comunidades se ha incrementado su vulnerabilidad al riesgo ambiental ante eventos como las tormentas, las inundaciones y las sequías, debido a la densidad de la población en áreas riesgosas tales como cuencas de ríos y planicies costeras. Así mismo, se han identificado, en algunas áreas, cambios importantes de la incidencia de eventos ante la alta temperatura, de enfermedades y en la composición, estructura y funcionamiento ecológico (15).

El clima siempre ha variado; el problema del cambio climático se ha visibilizado desde principios del siglo XX, lo que ha afectado el tren de vida en el planeta. El calentamiento global y su efecto directo, el cambio climático, preocupa al mundo y ocupa buena parte de los esfuerzos de la comunidad científica internacional para estudiarlo, ya que es un factor de riesgo para el futuro de la humanidad, dado el incremento de la concentración de gases de efecto invernadero en la atmosfera terrestre lo que ha provocado alteraciones en el clima (15).

En coherencia con lo anterior, "en los últimos años se ha observado un acelerado crecimiento poblacional que supera los límites y las capacidades de las ciudades, generando un impacto que no se limita únicamente a cambiar la morfología del terreno, sino que, además, modifica y degrada las condiciones climáticas y ambientales" (15).

A causa de la creciente urbanización y de la alta congestión vehicular, se origina la contaminación del aire, actualmente uno de los problemas ambientales más severos a nivel mundial. Está presente en todas las sociedades, independientemente del nivel de desarrollo socioeconómico, y constituye un fenómeno que tiene particular incidencia sobre la salud del hombre (16). Los elementos que determinan la salud de las poblaciones son muy diversos e interactúan de modo complejo, pero sin duda, los estudios evidencian cada vez más que las alteraciones climáticas y del medio ambiente tienen repercusiones en la salud humana (17). Factores tales como la temperatura, las precipitaciones y la humedad originan cambios ecológicos que afectan directa o indirectamente el desarrollo de agentes patógenos, vectores, ciclos evolutivos que determinan finalmente la frecuencia, duración e intensidad de los focos infecciosos. Paralelamente, el propio hombre crea condiciones peligrosas

a la salud al establecer desfavorables escenarios sanitarios, incorrectos asentamientos o erróneos patrones migratorios, alta densidad de población, contextos socioeconómicos deficientes y servicios de salud carentes de un enfoque preventivo (18).

La exposición a diferentes contaminantes ambientales, incluso a niveles por debajo de las normas internacionales, se asocian con un incremento en el deterioro de la función pulmonar, así como mayor gravedad en la presentación de las enfermedades respiratorias en niños y adolescentes (16).

Históricamente, las Infecciones Respiratorias Agudas (IRA), han sido el azote de la población infantil. Cada año mueren entre 10 y 12 millones de niños menores de 5 años y más del 90% de estas muertes se registran en países en desarrollo, de los cuales 4,3 millones (21,3% de todas las muertes) se atribuyen a esta causa. Las IRA constituyen la causa más frecuente en las consultas de pediatría; están presentes durante todo el año y se incrementan de manera significativa en los meses de invierno, con alta morbilidad y baja mortalidad. Corresponden a la principal causa de ausentismo escolar y de hospitalización, con las consecuentes pérdidas económicas que ello significa. Estas afecciones, conjuntamente con las enfermedades diarreicas agudas y la malnutrición, encabezan las principales causas de muerte entre los niños en los países subdesarrollados (19).

Entre estas afecciones se destacan la influenza y neumonía, que según las estimaciones de los Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades de los Estados Unidos, cada año se producen hasta 650.000 defunciones relacionadas con la influenza estacional en los menores de cinco años (19). La neumonía es otra patología con una incidencia muy elevada en la infancia y con variaciones según la edad (4 mil casos por 100 mil niños por año), principalmente en el grupo de 1 a 5 años de edad. Si bien, los países más desarrollados de América, consideran la neumonía entre las primeras causas de muerte en los menores de 1 año, sus tasas de mortalidad distan mucho de los que están en desarrollo (20).

Motivados por la frecuencia de los casos de morbilidad por influenza y neumonía en la ciudad Medellín y al afectar frecuentemente esta patología a la población en edades extremas, principalmente a los menores de cinco años de edad, conlleva a analizar la relación entre los casos diarios de influenza y neumonía con factores climáticos, meteorológicos y de contaminación ambiental, lo cual permitirá a los tomadores de decisiones, contar con información actualizada, adoptar medidas de prevención pertinentes, fortalecer los sistemas de alerta temprana en salud y

efectuar acciones de prevención no solo sobre los individuos o las poblaciones sino también sobre el ambiente.

En este sentido, la importancia de valorar enfermedades, tales como la influenza y neumonía como un factor atribuible al medio ambiente debe tomarse seriamente, ya que la tercera parte de las patologías según la Organización Mundial de la Salud en su reporte del año 2013 tienen su origen en factores climatológicos y ambientales, por cual resulta relevante establecer el efecto de la temperatura en la incidencia de casos de morbimortalidad por influenza y neumonía, con la intención de identificar la forma en que este factor meteorológico puede desencadenar problemas en la salud respiratoria infantil.

2. Planteamiento del problema y justificación

El clima es uno de los factores ambientales que incide en diferentes aspectos de cualquier territorio. De manera recurrente o cíclica ocurren anomalías climáticas que impactan en diversa forma y grado los sistemas humanos asentados en un determinado territorio (21). Una evidencia científica internacional señala que desde el año 1750 el planeta está experimentando un calentamiento neto, y que durante el presente siglo continuará calentándose a consecuencia de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) producidas por la acción humana, lo que ha desencadenado un incremento de las temperaturas globales promedio del aire y los océanos, el derretimiento generalizado de las formaciones de hielo y nieve, y el aumento del promedio global del nivel del mar (22).

Este cambio está afectando la salud humana de diversas maneras: alteraciones en el ámbito geográfico, en la estacionalidad de algunas enfermedades infecciosas, así como el incremento de la frecuencia de enfermedades crónicas. El aumento de la enfermedad mental es otro caso que ilustra la situación del cambio climático, al elevarse los niveles de temperatura se generan golpes de calor que descompensan las condiciones psiquiátricas previas de los individuos; el aumento de los niveles de estrés, ansiedad y depresión son factores psiquiátricos que cada vez presentan mayor frecuencia en relación a este tipo de cambio. El ámbito de la seguridad alimentaria es otro factor que sin duda padecerá de este fenómeno, donde los grupos socialmente amenazados y vulnerables, en especial los niños menores de cinco años de edad y los adultos mayores (23, 24, 25).

El crecimiento urbano en América Latina en las últimas décadas refleja la importancia de las ciudades en la dinámica económica general y el bienestar de la población. En América Latina y el Caribe se han observado modificaciones en los patrones de temperatura y precipitación, por ejemplo, desde el año 1960 se ha observado un aumento de la temperatura de 0,1 °C por década, así como una disminución de los días fríos y un aumento de los días calurosos. El rápido desarrollo urbano, que ha tenido innegables consecuencias económicas y sociales favorables, también ha estado acompañado de una mayor demanda de transporte, servicios públicos, insumos y productos y, en general, de una mayor presión sobre los recursos naturales y los bienes y servicios ambientales. El cambio climático en las ciudades debe considerarse no tan solo como un asunto de carácter ambiental, sino como un problema que surte un efecto negativo en el desarrollo estructural de los territorios, que acentúa la pobreza y las inequidades (26).

Las repercusiones en la salud humana atribuidas al cambio climático se ven moduladas por condiciones individuales como el estado previo de salud de las personas y por las condiciones políticas, económicas y sociales en las que se desarrollan los individuos, por lo que para cada repercusión potencial del cambio climático el riesgo será mayor en grupos vulnerables. Las poblaciones de los países en desarrollo, en particular los pequeños estados insulares, las zonas áridas y de alta montaña y las zonas costeras densamente pobladas se consideran especialmente vulnerables (27).

El acelerado crecimiento espacial y la sustitución de usos y coberturas de suelos naturales por superficies humanas, han sido uno de los principales factores que ha hecho vulnerable al aumento de la temperatura en la ciudad de Medellín en los últimos años. A pesar de ello, esta perspectiva de cambio climático en el departamento de Antioquia y específicamente en la ciudad presenta vacíos para la prevención de los efectos asociados al cambio climático, así como para el conocimiento de la vulnerabilidad de los territorios. Desde esta mirada, se deben integrar las consideraciones sobre el cambio climático en los procesos de planeación, de tal forma que se tengan en cuenta los impactos esperados de este fenómeno y se puedan tomar medidas de adaptación a tiempo, pero con visión de largo plazo (28).

Según Gutiérrez Fernández, director del énfasis en Salud Ambiental del Doctorado en Salud Pública de la Universidad del Bosque (Año 2017), aunque actualmente se tienen iniciativas de mejora, en la ciudad de Bogotá y en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá, las noticias del último año han revelado un deterioro de la calidad del aire, el cambio climático y la degradación ambiental, situaciones que afectan la salud de los colombianos, en especial la de aquellos que viven en grandes ciudades (29).

Los factores ambientales tienen gran repercusión sobre la salud del hombre pues el impacto que tienen estos en los individuos y las poblaciones, ha demostrado riesgos inherentes especialmente en la salud de las poblaciones lo que ha evidenciado el rol protagónico del ambiente en el incremento o reducción de la morbimortalidad para enfermedades transmisibles y no transmisibles (30). Por lo anterior, conocer el efecto de la temperatura, como factor de exposición para el desarrollo de la enfermedad, como es el caso de la neumonía e influenza, es de suma importancia, dado que las acciones y estrategias de prevención se deben centrar en la realidad empírica (29).

La ciudad es el mayor ejemplo de alteración humana sobre el medio natural, es por ello que actualmente se ha ido despertando un creciente interés por el estudio del medio físico de las ciudades y, particularmente, por el clima urbano. El interés por el estudio del clima urbano está bien justificado, ya que las áreas urbanas constituyen unos sectores singulares dentro del clima de la región donde se localizan. Este interés responde no solo a la necesidad de lograr un conocimiento para conseguir un ambiente más agradable para los habitantes de las ciudades, sino, también, a la de analizar y prever las modificaciones que suponen éstas y las repercusiones que pueden tener en el clima (31). La tendencia mundial hacia la urbanización y el crecimiento disperso de las ciudades, el control y manejo de los climas urbanos es una nueva tarea encomendada a la planificación y gestión ambiental de las ciudades, especialmente bajo los actuales escenarios de cambio climático; en este sentido, la transformación urbana de la ciudad debe considerar la integración de las variables medioambientales, ejemplo climáticas, y morfológicas a los proyectos de planeación urbana (15).

Actualmente existe poca conciencia del riesgo atribuible a los factores ambientales en salud pública, por lo cual resulta relevante este tipo de análisis para el fortalecimiento de sistemas de alerta temprana en salud como una de las principales intervenciones de adaptación al cambio climático, aportando en esta medida al fortaleciendo del desarrollo local, integral y sostenible de los territorios y sus instituciones, y fomentando en este sentido la protección del medio ambiente como determinante de riesgo a influir en la salud de la población (30, 32, 33).

En la ciudad de Medellín como en el resto del país circulan virus de influenza estacional; estos son responsables, en gran medida, del aumento de las hospitalizaciones y de consultas médicas, como es el caso de la influenza y neumonía, que según la Organización Panamericana de la Salud (OPS) han aumentado, en el año 2017, en Colombia, en comparación con el año 2016, siendo el único país de la subregión andina con el mayor número de reportes (34). Estas patologías son responsables de causar complicaciones y de poner en riesgo la vida y de causar la muerte a personas mayores de sesenta y cinco años y a niños menores de cinco años de edad (35).

A pesar que en la ciudad de Medellín desde el año 2007 se ha observado una disminución de los casos de estas infecciones gracias a la implementación de programas de inmunización y de otras iniciativas que se han ido articulando, la capital antioqueña continúa situándose por encima de la medición nacional en cuanto a casos de influenza y neumonía favorecidos por la presencia de lluvias (36). Diversos factores

ambientales como las temperaturas y las precipitaciones pueden jugar un rol en la incidencia de enfermedades respiratorias, asociado a la presencia de virus estacionales que año tras año participan de las epidemias de cuadros respiratorios; de igual forma, la contaminación ambiental, tanto de elementos particulados como emisiones de gases, es un problema en muchas grandes ciudades del mundo, dentro de las cuales Medellín en los últimos meses ha empezado a ocupar un lugar destacado (37).

La influenza y la neumonía constituyen un problema de salud importante que persiste a pesar de la transición epidemiológica (38); su forma de presentación tiende a ser inespecífica y por ello con frecuencia pasa desapercibida (39); a nivel internacional es una de las primeras causas de internación en los meses de invierno y diversos indicadores epidemiológicos denotan su elevada morbilidad y mortalidad en niños menores de 5 años, aumentando la demanda asistencial en estos meses (40). Cuando esto sucede, las manifestaciones clínicas de enfermedades respiratorias se superponen y en ocasiones las infecciones originadas por estas dos patologías mimetizan otros procesos infecciosos llegando a ocasionar graves problemas de salud que podrían ser letales (40).

El desarrollo industrial a escala mundial ha incrementado notablemente la expulsión a la atmósfera de los desechos que se convierten en irritantes respiratorios y que son de hecho factores de riesgo en la aparición de enfermedades respiratorias. Esto, unido a los daños que durante siglos el hombre le ha ocasionado a la naturaleza, condiciona que cada vez el aire que se respire esté más contaminado, y que la carga de impurezas que se inhale sea cada vez mayor (40). Debido a ello, la carga de las enfermedades y defunciones atribuibles a factores climáticos y ambientales pesa desproporcionadamente sobre los niños de países en desarrollo y de bajos ingresos, por lo cual el impacto de la exposición a la contaminación ambiental en la salud respiratoria de los niños es una preocupación en todas partes del mundo, dado a que son más susceptibles que los adultos ante tales efectos, debido a sus factores fisiológicos, a su comportamiento y a que su frecuencia respiratoria es mayor y tiende a ser de tipo bucal, lo cual facilita contraer algún virus (41).

La problemática anteriormente expuesta justifica la siguiente pregunta de investigación ¿Cuál es el efecto de la temperatura sobre el número de casos diarios/muertes de influenza y neumonía cuando existe control, sobre otros factores climáticos, meteorológicos y de contaminación en los menores de cinco años en la ciudad de Medellín entre los años 2008 y 2015?

3. Objetivos

3.1 Objetivo General

Establecer el efecto de la temperatura en la morbimortalidad diaria, por influenza y neumonía según factores climáticos, meteorológicos y de contaminación ambiental en menores de cinco años de la ciudad de Medellín para el periodo 2008 a 2015.

3.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar las defunciones en niños menores de cinco años de edad por influenza y neumonía.
- Describir los casos reportados de influenza y neumonía según variables de persona, tiempo y lugar.
- Describir los casos reportados de influenza y neumonía según variables meteorológicas y ambientales.
- Determinar el efecto de la temperatura, elementos climáticos, meteorológicos y ambientales en el número de casos diarios de influenza y neumonía.

4. Marco de referencia

4.1 Marco Territorial

Antioquia es un departamento de la República de Colombia, localizado al noroeste del país y compuesto por 125 municipios, agrupados en nueve subregiones (Bajo Cauca, Magdalena Medio, Nordeste, Norte, Occidente, Oriente, Suroeste, Urabá y Valle de Aburrá) que según el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) para el año 2017 contaba con una población de 6.613.118 habitantes (42, 43). Su economía se sustenta en la prestación de servicios, la industria, el comercio, la agricultura, la ganadería y la minería. Actualmente el departamento ocupa el segundo renglón en el ámbito nacional en cuanto a industria se refiere, la producción textil, de tejidos y la confección, junto con la elaboración de productos químicos, farmacéuticos, maquinaria, cemento, abonos, concentrados, metalmecánica y papel representan los mayores ingresos al departamento (44).

En cuanto a la agricultura, Antioquia ocupa el primer lugar en la producción de café y banano tipo exportación, productos como la caña, algunos cereales, cacao, yuca y tabaco junto a algunos frutales contribuyen en menor proporción a la economía regional (44).

El clima del Departamento es muy variado, debido principalmente a factores como la latitud, altitud, la orientación de los relieves montañosos y los vientos. En la región de Urabá, al noroeste del departamento, las lluvias tienen un régimen bimodal; existe un período seco de diciembre a marzo, refrescado por los vientos del noreste, y una estación de lluvias de abril a noviembre, con máximas en mayo y noviembre. En la parte norte, hacia los departamentos de Córdoba, Sucre y Bolívar, los meses más secos son diciembre, enero y febrero, y los de mayor precipitación agosto y septiembre. En la región central del departamento se presenta un período seco dentro de la estación lluviosa que va de junio a septiembre; los meses más lluviosos son los de mayo y octubre; en el valle del río Magdalena se cumple la misma distribución de lluvias, siendo los meses más secos diciembre, enero, febrero y julio (44).

Con la finalidad de planear, proyectar, integrar económicamente y de instaurar una dinámica de aglomeración urbanística se creó el Área Metropolitana del Valle de Aburrá. Esta entidad político administrativa reúne a diez municipios de la subregión del departamento. Su núcleo es la ciudad de Medellín y los otros miembros de sur a norte son: Caldas, La Estrella, Sabaneta, Itagüí, Envigado, Bello, Copacabana, Girardota y

Barbosa. Para lo cual no se puede intervenir ninguno de estos territorios sin tomar en consideración sus entornos inmediatos (45). La región metropolitana tiene un vasto y complejo espacio, en proceso de degradación ambiental y con problemas de integración física, económica y social, pero con inmensas oportunidades de desarrollo. Esta realidad, contundente e incontrovertible, impone la existencia de una institución que esté en condiciones de encarar los enormes desafíos asociados a la resolución de tales problemas y a la activación de las posibilidades de desarrollo (45).

Para entender y asumir estos retos se creó el Área Metropolitana del Valle de Aburrá, cuyo compromiso fundamental es planear el desarrollo de la gran región metropolitana, compromiso que compete a todos los actores del desarrollo y exige cooperación, coherencia y continuidad en las intervenciones; también, visiones compartidas, construidas colectivamente, articulación del trabajo de las instituciones del Estado entre sí y con las organizaciones de la sociedad, así como actuaciones con sentido estratégico (45).

4.2 Panorama epidemiológico de la ciudad de Medellín

La ciudad de Medellín como capital del departamento y como núcleo central del Área Metropolitana es el lugar donde se localiza el centro administrativo Municipal de Medellín. La ciudad está ubicada a 1.475 metros sobre el nivel del mar. Según el Departamento Administrativo Nacional de Estadística, el municipio contaba con una población de 2.508.452 habitantes para el año 2018, lo que la hace la segunda ciudad más poblada de Colombia. Está distribuida político-administrativamente en dieciséis comunas: Popular, Santa Cruz, Manrique, Aranjuez, Castilla, Doce de Octubre, Robledo, Villa Hermosa, Buenos Aires, La Candelaria, Laureles-Estadio, La América, San Javier, El Poblado, Guayabal y Belén y cinco corregimientos: Palmitas, San Cristóbal, Altavista, San Antonio de Prado y Santa Elena, y tiene un total de 249 barrios urbanos oficiales (46).

Económicamente, la ciudad sobresale como uno de los principales centros financieros, industriales, comerciales y de servicios de Colombia, primordialmente en los sectores textil, confecciones, metalmecánico, eléctrico y electrónico, telecomunicaciones, automotriz, alimentos y sector salud (46).

Su clima está clasificado como tropical, la lluvia es significativa la mayoría de los meses del año, la estación seca corta tiene poco efecto y la temperatura promedio de la ciudad es de 24°C, el municipio cuenta con

una extensión de 105 kilómetros cuadrados de suelo urbano, 270 de suelo rural y 5,2 de suelo para expansión (46). Las precipitaciones anuales son abundantes con aproximadamente 1.612 milímetros de agua al año y se concentran de mayo a junio y de agosto a noviembre. La humedad es elevada en el ambiente durante todo el año, incluso en los meses menos lluviosos como enero y febrero (47).

El valle de Aburrá cuenta con 25 estaciones de monitoreo de la calidad del aire en sus 10 municipios, de las cuales 09 estaciones se localizan en la ciudad de Medellín indicando fenómenos de transporte y transformación de los contaminantes de manera generalizada y mostrando patrones de circulación de vientos (47).

Respecto al perfil de salud en el municipio existen problemas de nutrición y salud en los colectivos sociales más vulnerables, que ineludiblemente repercuten desfavorablemente en el desarrollo de niños, niñas y adolescentes. El comportamiento de la mortalidad en los últimos años revela la presencia de situaciones y enfermedades propias tanto de países en vía de desarrollo como de aquellos desarrollados; estas son: gastroenteritis, infecciones respiratorias, neumonía, desnutrición, muertes por actos violentos, tumores y enfermedades del sistema circulatorio. Las agresiones han ocupado el primer lugar en las causas de mortalidad; les siguen, en orden de importancia, las enfermedades del corazón, las enfermedades cerebrovasculares y las enfermedades crónicas de las vías respiratorias (48).

En los tres últimos años el Valle de Aburrá enfrentó situaciones de emergencia por los niveles críticos alcanzados en concentraciones de PM_{2.5} atribuidos a la poca dispersión de las nubosidades en las partes altas de la atmósfera por las condiciones meteorológicas de inversión de la temperatura en la que el aire relativamente caliente se superpone a una capa fría, originando turbulencia mínima y pronunciada inversión térmica estable en las mañanas, además el crecimiento desmesurado del parque automotor y de asentamientos industriales (Medellín Cómo Vamos, 2016), incrementan las concentraciones de gases impidiendo su dispersión, condición crítica para la salud de la población más vulnerable (49).

Según el estudio denominado "*cuantificación física y económica del impacto de la contaminación atmosférica en la salud de la población de Medellín*", llevado a cabo por la Contraloría General de la ciudad y la Universidad Nacional sede Medellín, determinó que alrededor de 4.500 personas mueren cada año en la capital antioqueña por Enfermedades Respiratorias Agudas (ERA). Entre 2011 y 2016, la cifra total de

fallecimientos superó los 22.900 y en términos de condición económica del fallecido se encontró que las comunas 16 (Belén), seguida de la 11 (Laureles-Estadio) y 10 (La Candelaria) fueron las que presentaron más episodios.

Medellín y toda el Área Metropolitana del Valle de Aburra, presenta una condición topográfica desfavorable, es decir, la ciudad se encuentra en una depresión profunda rodeada de altas montañas con alturas aproximadas de 1200 metros que impiden que se presente una correcta circulación del aire, debido a que la capa límite del valle está a 500 metros aproximadamente, generando el fenómeno de inversión térmica. Este fenómeno es un proceso natural que afecta a la circulación del aire en las capas bajas de la atmósfera. El aire suele estar en constante movimiento, con las capas más calientes en la parte inferior de la atmósfera y las más frías en la parte superior. Cuando ese ciclo se interrumpe, se forma una capa de aire frío que queda inmóvil sobre el suelo e impide la circulación atmosférica regular y para el caso de Medellín, se intensifica con el fenómeno del niño, que, para el mes de marzo de 2017, se pasó de alerta amarilla a roja por contaminación del aire en Medellín y el Valle de Aburra (49).

Según el perfil sociodemográfico 2005 - 2015 elaborado por el DANE, para el año del inicio de la investigación, año 2008, la ciudad contaba con un total de 2.291.378 habitantes, desde este año la población de la ciudad se ha ido incrementando y de seguir esta tendencia, se podría esperar según las proyecciones que figuran en el perfil demográfico de la ciudad 2016-2020, que el municipio cuente con una población de 2.569.007 habitantes para el año 2020, de los cuales 1.362.984 (53,1%) serían mujeres y el 46,9% (1.206.023) hombres, notándose siempre una tendencia creciente en la población femenina.

4.3 Entidades ambientales identificadas

En la ciudad operan los siguientes sistemas o entidades ambientales de carácter público-privados que se encargan de la administración del área de jurisdicción del medio ambiente y de los recursos naturales. Estos entes tienen como finalidad apoyar la toma de decisiones en los niveles políticos y administrativos, fortalecer la intervención oportuna de los organismos de respuesta y mantener constantemente informada a la sociedad de las condiciones ambientales del territorio.

- **Secretaría del Medio Ambiente:** es una dependencia del nivel central que tiene como responsabilidad: Definir las políticas de Medio Ambiente, así como la planeación, diseño, coordinación,

ejecución y evaluación de estrategias de carácter informativo, corporativo, institucional y de movilización de la Administración Municipal (50).

- **SIAMED (Sistema de Información Ambiental de Medellín):** garantiza la administración y uso adecuado de la información ambiental pública y privada del Municipio de Medellín, en forma oportuna y veraz, para apoyar la toma de decisiones en los niveles políticos y administrativos, así como el de mantener informada a la sociedad (51).
- **SIATA (Sistema de Alerta Temprana de Medellín y el Valle de Aburrá):** es una estrategia regional para la gestión de riesgos, que monitorea las condiciones ambientales del territorio para fortalecer la toma de decisiones basada en información y la intervención oportuna de los organismos de respuesta haciendo posible el acceso en tiempo real a la información generada y requerida sobre la probabilidad de ocurrencia de eventos extremos que amenacen la calidad de vida de los habitantes metropolitanos (52).
- **CORANTIOQUIA (Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia):** es el organismo gubernamental que se ocupa de la ejecución de las políticas, planes, programas y proyectos sobre el medio ambiente y recursos naturales renovables, así como de dar cumplida y oportuna aplicación a las disposiciones legales vigentes, manejo y aprovechamiento, conforme a las regulaciones, pautas y directrices expedidas por el Ministerio del Medio Ambiente (53).

5. Marco conceptual

A continuación, se presentarán los conceptos clave que soportan el presente trabajo investigativo, los cuales dan un hilo conductor para comprender el abordaje de la situación del cambio climático, su efecto en los factores ambientales y climáticos y la manera en que se relacionan estos con los casos influenza y neumonía en los menores de cinco años de edad.

5.1 El sistema climático

El clima de cualquier lugar de la tierra es el resumen de los estados y evoluciones del tiempo meteorológico, durante un periodo de tiempo y en un lugar o región dados. Pero esos climas del planeta entero son, a gran escala, el resultado de la interacción de toda la naturaleza, compuesta por las esferas del sistema climático: hidrósfera, atmósfera, criósfera, litósfera, biósfera y antroposfera (1).

El sistema climático se considera formado por la atmosfera (la capa gaseosa que envuelve la Tierra), la hidrósfera (el agua dulce y salada en estado líquido), la criósfera (el agua en estado sólido), la litósfera (el suelo) y la biosfera (el conjunto de seres vivos que habitan la Tierra). El clima es consecuencia del equilibrio que se produce en la interacción entre esos cinco componentes (1). Debido a que el clima se relaciona generalmente con las condiciones predominantes en la atmosfera, este se define a partir de variables como el viento, presión, radiación solar, la humedad y, principalmente, la temperatura y la precipitación, que son llamados "elementos climáticos" (1).

El clima siempre está cambiando por diferentes razones, entre ellas, se encuentra la **variabilidad climática intranual**, que es la relacionada con las tres temporadas climáticas durante el año. Por otro lado, están las **variabilidades interanuales**, que se relacionan con los eventos ENOS (fenómeno de El Niño y la Niña), que causan que haya años más y menos lluviosos. Finalmente están las **variabilidades interdecadales**, que son las que se asocian con las fluctuaciones de las manchas solares o con transformaciones de mayor rango como las del cambio climático (1).

5.1.2 Funcionamiento del clima

El clima de la tierra depende de la cantidad de la radiación solar que ingresa al sistema y de la concentración atmosférica de algunos gases de efecto invernadero; también depende de las nubes y de los aerosoles

(partículas sólidas o líquidas). Estos son los agentes de forzamiento radiativo y varían tanto de forma natural como por actividad humana (1).

La atmósfera envía parte de la energía absorbida al espacio y otra parte se queda en ella. Este intercambio de energía entre la atmósfera y la tierra es conocido como "efecto invernadero natural" que permite que se tenga una temperatura media de 15°C en la Tierra, con unos intervalos térmicos que toleran que sea posible la vida en el planeta (1).

El forzamiento radiativo se altera por los gases adicionales que el hombre está inyectando en la atmósfera, lo que genera cambios en la concentración de los gases de efecto invernadero y un aumento de las temperaturas del planeta. Este es el llamado "efecto invernadero antropogénico" (1).

Zonas de vida de Holdrige

Las zonas de vida de Holdrige son un tipo de clasificación de ecosistemas que pertenecen a un sistema de categorización de los diferentes biomas terrestres. Los biomas son ecosistemas de la Tierra que ocupan grandes extensiones y que tienen sistemas vegetales comunes. El método para clasificarlos fue desarrollado por el botánico y climatólogo estadounidense Leslie Holdrige, a quien debe su nombre. Fue publicado en 1947, actualizado con otro nombre y otros datos en 1971 y tiene como finalidad clasificar las áreas del mundo según asociaciones vegetales. El sistema de zonas de vida de Holdrige clasifica las zonas según tres factores: temperatura, precipitación y evapotranspiración. Tiene el fin último de verificar lugares de la Tierra con biomas comunes según estos tres parámetros y así aprovechar de manera más efectiva los recursos naturales de cada área (60).

¿En qué consisten las zonas de vida de Holdrige?

El sistema de zonas de vida de Holdrige está hecho en forma de triángulo con hexágonos dentro; y cada uno de ellos representa una zona de vida. La latitud está en la parte izquierda del triángulo y la altitud en la derecha. Para analizar las zonas de vida según el método Holdrige se utilizan los siguientes parámetros (60).

Temperatura

En este caso se analiza la biotemperatura, que no es más que una medida de calor relacionada con el crecimiento de las plantas. Estas crecen en un ámbito de temperatura de entre 0°C y 30°C, y para el estudio de zonas

de vida se hace un promedio de la biotemperatura de todo un año. La biotemperatura determina las siguientes zonas térmicas: polar (0°C – 1,5°C), subpolar (1,5°C – 3°C), boreal (3°C – 6°C), templado frío (6°C – 12°C), templado cálido (12°C – 18°C), subtropical (18°C – 24°C) y tropical (mayor de 24°C).

Precipitación

La precipitación no es más que el promedio anual de precipitaciones de una zona expresada en milímetros (lluvias, granizos, nieve o cellisca), todo medido en escala logarítmica (60).

Evapotranspiración

La evapotranspiración es la relación entre la temperatura y la precipitación que determina la cantidad de humedad potencial de una zona. Este factor climático determina las siguientes zonas: súper húmedo o pluvial, perhúmedo o muy húmedo, húmedo, subhúmedo o seco, semiárido, árido, perárido y superárido. La evapotranspiración es la combinación de los fenómenos de evaporación desde la superficie del suelo y la transpiración de la vegetación. La dificultad de la medición en forma separada de ambos fenómenos (el contenido de humedad del suelo y el desarrollo vegetal de la planta) obliga a introducir el concepto de evapotranspiración como pérdida conjunta de un sistema determinado (60).

Zonas de vida en Colombia

Utilizando el método de Holdridge, el ecosistema colombiano se divide en las siguientes zonas: tropical, subtropical, montano bajo y montano.

Tropical

La zona de vida tropical se subdivide en maleza desértica, monte espinoso, bosque muy seco, bosque seco, bosque húmedo, bosque muy húmedo y bosque pluvial. Entre todas presentan precipitaciones medias de entre 125 mm y 8000 mm. La temperatura media es superior a los 24°C durante todo el año. En la zona tropical se pueden ver cactus, cují y dividivi. En la zona de maleza desértica y monte espinoso se observan vegetaciones espinosas; así mismo, en los bosques muy secos hay arbustos y árboles pequeños. Los bosques húmedos, muy húmedos y pluviales están llenos de árboles grandes y zonas muy verdes (60).

Subtropical

La zona subtropical se divide en monte espinoso, bosque seco, bosque húmedo, bosque muy húmedo y bosque pluvial. Aunque muchas de estas zonas se llaman igual que en la zona tropical, se diferencian por la altura a la que se encuentran y por la temperatura. Las precipitaciones en esta zona van desde los 250 mm hasta los 4000 mm y la temperatura abarca desde 17°C hasta 30°C. En la zona subtropical encontramos fuertes vientos debido a la altura. Hay estaciones secas largas en el bosque seco, a diferencia de en los bosques húmedos y muy húmedos, donde hay niebla, humedad y musgo. Por su parte, en los bosques pluviales encontramos helechos y lirios (60).

Montano bajo

Esta zona se divide en bosque seco, bosque húmedo, bosque muy húmedo y bosque pluvial. Las precipitaciones oscilan entre 500 mm y más de 4000 mm, y la temperatura va desde 18°C hasta 22°C. La zona de montano bajo es más lluviosa que la subtropical, lo que permite que allí se practique mucho la agricultura (bosque seco). En los bosques húmedos tenemos el mejor clima para la vida humana y animal; sin embargo, es una zona poco poblada debido a la falta de vías de comunicación. En el bosque húmedo y pluvial se presentan escarchas en algunas épocas del año y grandes temporadas de lluvia. La vegetación que se evidencia en esta zona está compuesta por helechos y plantas parásitas en los troncos de los árboles (60).

Montano

En esta zona tenemos bosques húmedos, bosques muy húmedos, bosques pluviales, páramos subalpinos y páramos pluviales subalpinos. Las precipitaciones van desde 500 mm hasta 2000 mm y la temperatura oscila entre 0°C y 12°C. En las zonas de montano se registran heladas durante algunas épocas del año. Específicamente en la zona de páramo se ve poca vegetación, y allí predominan las zonas rocosas debido a las temperaturas heladas que se llegan a alcanzar (60).

5.1.3 La antropósfera y el sistema climático

La antropósfera incluye al hombre en la naturaleza, con sus actividades, interacciones y desarrollo. El ser humano ha causado el actual calentamiento global de la atmósfera, al aumentar las concentraciones de los gases de efecto invernadero desde la época preindustrial hasta la fecha. Este ha sido el principal efecto sobre la Tierra, pues ha causado el

aumento de 0,75° C a 0,2° C en su temperatura. Pero también ha deforestado, cambiando el uso del suelo, desecado lagunas y humedales, modificando así el balance energético de la tierra y generando consecuencias para la biosfera en general. Entre los principales problemas ambientales se encuentra la deforestación, la pérdida de biodiversidad, la destrucción de la capa de ozono y la contaminación (1).

Un mayor número de habitantes en el planeta contribuye al calentamiento de la Tierra y al cambio climático global de manera más acelerada, además de la rápida urbanización que se ha venido acelerando a través de los años, planteando números desafíos como el estrés ambiental, los problemas de movilidad o la polarización socioeconómica (1).

Cuando la planificación urbana no se mantiene al día con la velocidad de la urbanización, el crecimiento urbano puede llevar a una "rápida expansión, contaminación y degradación ambiental, junto con patrones de producción y consumo insostenible" Además, los factores subyacentes, como el cambio demográfico, el cambio climático y las nuevas formas de organización social y estilos de vida, afectan esta situación y actúan como multiplicadores de riesgos adicionales, acelerando la vulnerabilidad urbana, propiciando a los sectores académicos y sociales a prestar una mayor atención en la salud urbana (54).

El siguiente modelo conceptual sistematiza el comportamiento y las influencias de las características individuales, la sociedad urbana, la morfología de la ciudad y los factores estresantes ambientales con la salud urbana. Este modelo conceptual coloca en el centro la salud urbana, mientras que las variables que influyen se organizan a su alrededor, cada una dentro de su sector más cercano (54).

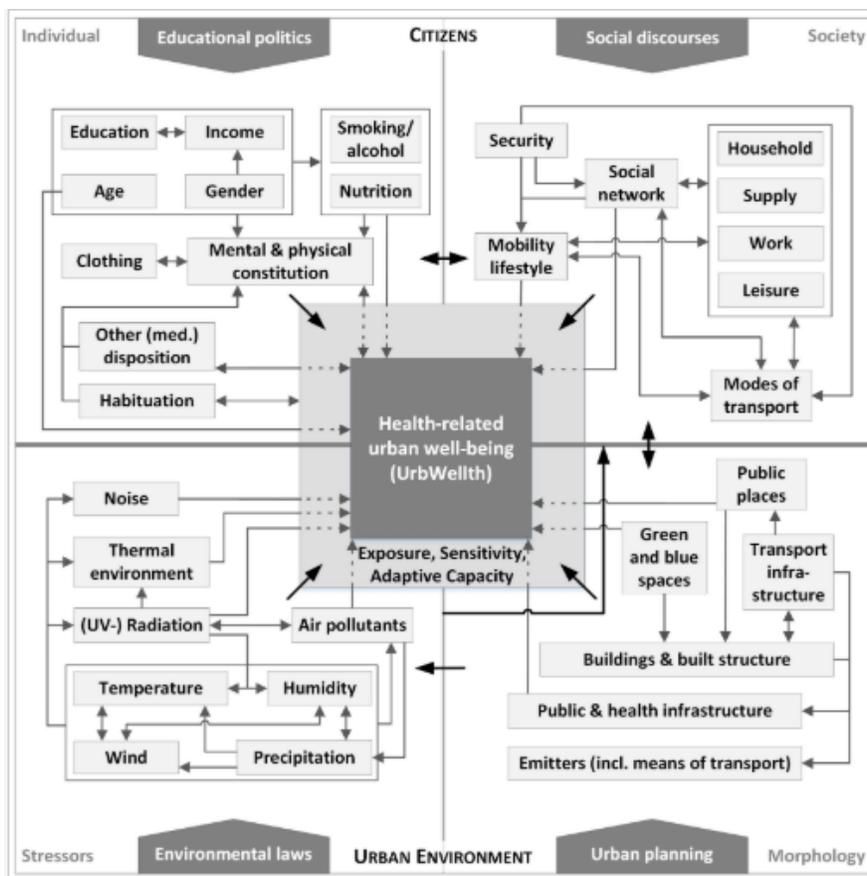


Figura 1. Modelo conceptual de bienestar urbano relacionado con la salud (Urban Health).

Fuente: tomado de Urban Science, 2017.

El primer sector (Individual) ofrece una descripción general de las variables más relevantes desde una perspectiva médica y su efecto en la salud urbana. Abarca los sectores factores socioeconómicos y demográficos más importantes utilizados en los enfoques de geografía socioespacial (55, 56). Esto incluye la constitución física y mental, las disposiciones nacidas y adquiridas y, con un énfasis en la salud urbana, un enfoque especial en otras disposiciones médicas. La habituación, también incluida en este sector, introduce el concepto de tiempo: el cuerpo humano se ajusta a la exposición a ciertos factores estresantes con el tiempo. Por un lado, con respecto al entorno termino, el ajuste puede ser estacional, por ejemplo, cambios de temperatura (57).

Las variables individuales se interrelacionan con todo el segundo sector (sociedad). Este sector cubre las variables que se refieren a los conceptos de agrupación social en geografía y ciencias sociales, así mismo la

descripción de variables de comportamiento de confusión desde una perspectiva médica (55).

El tercer sector (morfología) une las variables infraestructurales de la ciudad, incluidos los medios de transporte, que influye en el comportamiento humano y factores de estrés ambiental (55). El cuarto sector (Estresores), que enmarca los factores estresantes, modificados por entorno de la ciudad (55).

Así agrupados, en el modelo, se trata las principales influencias ambientales en la salud humana y el comportamiento desde una perspectiva geográfica, médica y meteorológica. Ayudando a comprender la interdependencia entre diferentes grupos de variables de influencia (55).

5.1.4 Impactos urbanos en variables ambientales

En las zonas urbanas, los presupuestos de agua, temperatura y radiación, así como el campo eólico y la composición del aire difieren de los de las zonas rurales debido a la sustitución de las superficies naturales por las artificiales y estructuras verticales, así como a las emisiones antropogénicas de calor y gases traza. Esto conduce a efectos urbanos bien conocidos, como la isla de calor urbano (58, 59, 60), los impactos urbanos sobre las precipitaciones (34, 61, 62) y la contaminación del aire urbano.

La dispersión tanto de los contaminantes de aire como del ruido está influenciada principalmente por las condiciones meteorológicas y los medios de transporte (63, 64, 65). En consecuencia, las condiciones meteorológicas en las áreas urbanas incluyen los efectos de la morfología urbana.

Además de los factores estresantes ambientales, los cofactores que describen la predisposición genética o los antecedentes sociodemográficos y socioeconómicos, como el género, la edad, los antecedentes educativos y ocupacionales o los ingresos, deben considerarse y tomarse en cuenta como variables modificadoras del efecto. Además, se sabe que las variables de comportamiento, como el consumo de cigarrillo y alcohol o la actividad física, y las variables relacionadas con las rutinas diarias, tienen una gran influencia en la aparición de diferentes resultados de salud (66). Finalmente, el acceso a la atención médica y al apoyo social desempeñan un papel en resultados de salud específicos.

Los seres humanos influyen en los factores estresantes del medio ambiente por medio de sus estilos de vida y por medio del diseño de la ciudad. A su vez, los factores estresantes ambientales también influyen en el estilo de vida, en particular las actividades del aire libre y los modos de transporte (67).

5.2 Contaminación ambiental

La contaminación ambiental se define como “la contaminación de los componentes físicos y biológicos del sistema tierra / atmósfera hasta el punto de que los procesos ambientales normales se ven afectados de manera adversa”. Los contaminantes pueden ser sustancias o energías naturales, pero se consideran contaminantes cuando se encuentran en exceso respecto a los niveles naturales. Cualquier uso de los recursos naturales a una tasa mayor que la capacidad de la naturaleza para restaurarse puede resultar en la contaminación del aire, el agua y la tierra (68).

Holdgate (1979) define la contaminación ambiental como la introducción por el hombre, en el medio ambiente, de sustancias o energía que pueden interferir con los usos legítimos del medio ambiente. Singh (1991) ha definido la contaminación de una manera muy simple, es decir, “Condición de desequilibrio desde una condición de equilibrio en cualquier sistema”.

Aunque se sabe que la contaminación existe desde que comenzó la vida, se ha visto un crecimiento de proporciones verdaderamente globales desde el inicio de la revolución industrial durante el siglo XIX, donde hubo una expansión de servicios sanitarios influyendo en la esperanza de vida de la población, impactando en los procesos de urbanización y movimientos migratorios. A este exceso de población se suman el enorme consumo de recursos naturales que exige el desarrollo tecnológico y el consumo energético basado en los combustibles fósiles, carbón y, sobre todo, petróleo. Estas energías son altamente contaminantes de la atmósfera (9, 69).

5.2.1 Contaminación atmosférica

La exigencia de un aire limpio y puro proviene, en principio, por la creciente preocupación por los problemas de contaminación atmosférica originados como consecuencia de la evolución de la tecnología moderna y la previsión de que las cada vez mayores emisiones de contaminantes a la atmósfera alteren el equilibrio natural existente entre los distintos ecosistemas, afecten la salud de los humanos o provoquen cambios catastróficos en el clima terrestre. La emisión a la atmósfera de sustancias

contaminantes en cantidades crecientes como consecuencia de la expansión demográfica mundial y el progreso de la industria, ha provocado ya concentraciones de estas sustancias a nivel del suelo que han ido acompañadas de aumentos de la mortalidad y morbilidad, existiendo pruebas abundantes de que, en general, las concentraciones elevadas de contaminantes en el aire atentan contra la salud de los humanos (63).

La contaminación del aire es la presencia de sólidos, líquidos, o gases en concentraciones nocivas para las personas, los animales, la vegetación o los materiales, o que interfiere con la comodidad del goce de la vida. Los contaminantes del aire pueden agruparse en dos categorías: primarios, si se emiten directamente a la atmósfera, y secundarios, si se forman en la atmósfera como resultado de reacciones químicas (hidrólisis, oxidación o reacciones fotoquímicas) en las que intervienen contaminantes primarios) (63).

Primarios: Un contaminante primario es una sustancia que se agrega directamente al aire y se presenta en una concentración nociva; puede ser un componente natural del aire que sobrepasa la concentración normal como el dióxido de carbono, o puede ser algo que no se encuentra normalmente en el aire, como los componentes de plomo (70).

Secundarios: Es una sustancia química nociva que se forma en la atmósfera a través de una reacción química entre los componentes del aire. Los problemas serios o agudos de contaminación del aire se presentan generalmente sobre una ciudad u otra área que emita niveles altos de contaminantes durante un periodo de calma del aire (70). Los principales contaminantes químicos son:

Material particulado

Consiste en sólidos finos y gotitas de líquidos, con excepción del agua pura, que están dispersos en el aire. Se originan en fuentes naturales y antropogénicas. Entre las fuentes naturales cabe mencionar el polvo arrastrado por el viento, cenizas volcánicas, incendios forestales, sal marina y polen. Son fuentes antropogénicas, entre otras, las plantas de generación de energía térmica, la industria, las instalaciones comerciales y residenciales y los vehículos automotores que utilizan combustibles fósiles (63).

El total de partículas en suspensión (TPS) se refiere a las partículas con un diámetro aerodinámico de menos de 70 μg^1 . Las partículas con un

diámetro aerodinámico de 10 μg o menos, conocidas como partículas inhalables en suspensión o MP-10, se mantienen en la atmósfera durante períodos más largos debido a sus bajas velocidades de sedimentación. Las MP-10 pueden penetrar profundamente en las vías respiratorias y afectar la salud de los seres humanos. La MP con un diámetro aerodinámico de 2,5 μg a 10 μg o menos recibe el nombre de partículas finas (MP-2,5), en tanto que las más grandes se llaman partículas gruesas (63).

En general, las partículas gruesas proceden del polvo arrastrado por el viento, los vehículos que recorren caminos no pavimentados, la manipulación de materiales y las operaciones de trituración y molienda. Casi toda la MP emitida por los vehículos automotores está compuesta por partículas finas y una gran fracción de ellas tiene un diámetro aerodinámico inferior a 1 μg . Las MP-2,5 son el resultado de la quema de combustibles fósiles en las plantas de generación de energía y de manufactura, chimeneas y cocinas a leña en casas particulares y quema de desechos agrícolas (63).

Dióxido de azufre

El Dióxido de azufre es un gas incoloro que se comienza a percibir con 0,3 a 1,4 ppm y es perfectamente distinguible a partir de 3. Su densidad es el doble que la del aire. Durante su proceso de oxidación en la atmósfera, este gas forma sulfatos. Estos sulfatos forman parte del material particulado PM_{10} . En presencia de humedad el dióxido de azufre forma ácidos en forma de aerosoles y se produce una parte importante del material particulado secundario o fino ($\text{PM}_{2.5}$). El SO_2 es el responsable de la lluvia ácida. La principal fuente de emisión de dióxido de azufre a la atmósfera es la combustión de productos petrolíferos y la quema de carbón en centrales eléctricas y calefacciones centrales. Existen también algunas fuentes naturales, como es el caso de los volcanes (15).

Dióxido de nitrógeno

Es un compuesto químico gaseoso de color marrón amarillento formado por la combinación de un átomo de nitrógeno y dos de oxígeno. En la naturaleza se produce por los incendios forestales o las erupciones volcánicas. La mayor parte tiene su origen en la oxidación del NO que se produce en la combustión de los motores de los vehículos, fundamentalmente los diesel. El NO emitido por los motores, una vez en la atmósfera, se oxida y se convierte en NO_2 . Es también un potenciador del material particulado, sobre todo de partículas finas $\text{MP}_{2.5}$ que son las

¹ μg : Unidad de longitud equivalente a 1 micra.

más perjudiciales. En su reacción con la luz UV del sol es un precursor de O₃ ozono troposférico (15).

Monóxido de carbono

Gas incoloro, inodoro y ligeramente más denso que el aire, es emitido por fuentes naturales y antropogénicas. Las fuentes antropogénicas forman CO a partir de la combustión incompleta de combustibles carbonáceos en vehículos automotores, sistemas de calefacción, instalaciones industriales, plantas de generación de energía térmica e incineradores (63).

Compuestos orgánicos volátiles

Son aquellos hidrocarburos que se presentan en estado gaseoso a la temperatura ambiente normal o que son muy volátiles a dicha temperatura. Se puede considerar como COV aquel compuesto orgánico que a 20°C tenga una presión de vapor de 0.01 kPa o más, o una volatilidad equivalente en las condiciones particulares de uso (71).

Plomo

Metal tóxico presente de forma natural en la corteza terrestre. Entre las principales fuentes de contaminación ambiental destacan la explotación minera, la metalurgia, algunas actividades específicas de fabricación y en algunos países, el uso persistente de pinturas y gasolinas con plomo (17).

Ozono

Es un gas incoloro que se encuentra en dos capas separadas de la atmósfera. El ozono que se encuentra en la capa exterior de la atmósfera (estratósfera) se forma por la fotólisis del oxígeno o de hidrocarburos que se encuentran naturalmente y protegen a la tierra de los rayos ultravioletas. En la capa inferior (tropósfera), el ozono a nivel del suelo se forma como resultado de la reacción entre los compuestos orgánicos volátiles y los NO_x con el oxígeno del aire, en presencia de luz solar y a altas temperaturas. El ozono a nivel del suelo es uno de los principales componentes del smog en zonas urbanas y los vehículos automotores son la principal fuente antropogénica de emisiones de sus precursores. Las zonas de los centros urbanos hacia donde soplan los vientos también pueden verse afectadas por el ozono a nivel del suelo si los vientos transportan compuestos orgánicos volátiles y NO_x de sus fuentes originales (63).

Las características de los principales contaminantes químicos y sus fuentes más importantes se resumen en la tabla 1.

Tabla 1. Descripción de los principales contaminantes atmosféricos químicos y sus fuentes.

Contaminante	Formación	Estado físico	Fuentes
Partículas en suspensión (PM): PM ₁₀ , Humos negros.	Primaria y secundaria	Sólido, líquido	Vehículos Procesos industriales Humo de tabaco
Dióxido de azufre (SO ₂)	Primaria	Gas	Procesos industriales Vehículos
Dióxido de nitrógeno (NO ₂)	Primaria y secundaria	Gas	Vehículos Estufas y cocinas de gas
Monóxido de carbono (CO)	Primaria	Gas	Vehículos Combustiones en interiores Humo de tabaco
Compuestos orgánicos volátiles (COVs)	Primaria y secundaria	Gas	Vehículos, industria, humo del tabaco, combustiones en interiores
Plomo (Pb)	Primaria	Sólido (partículas finas)	Vehículos, industria
Ozono (O ₃)	Secundaria	Gas	Vehículos (secundario a foto-oxidación de NO ₂ y COVs)

PM₁₀: Partículas con un diámetro inferior a 10 µg

NO_x: óxidos de nitrógeno

Fuente: adaptado de Ballester Ferran, 2005.

El dióxido de carbono (CO₂) es el producto final de la combustión de los combustibles fósiles (carbón y petróleo). Es un gas incoloro, pesado, y no combustible, existiendo de forma natural en la atmósfera, por lo que podemos decir que nuestra influencia al generarlo mediante las combustiones fósiles, está produciendo un cambio de concentración de este gas en la atmósfera, aunque no es un contaminante de generación humana dado que se genera en los procesos de fotosíntesis de las plantas, así como en la formación de carbonatos y bicarbonatos en el mar, y sus principales riesgos son el efecto invernadero, y los cambios climáticos (69). Según algunos científicos, el CO₂, uno de los gases más contaminantes del aire, el cual calentará la tierra en 4 o 6 grados más, para finales del siglo XXI.

5.2.1.1 Contaminación del aire y cambio climático

Existe una relación recíproca e intensa entre la contaminación del aire y el cambio climático. En las evaluaciones realizadas desde 2007, por el

IPCC se prevé un descenso de la calidad del aire en el futuro debido al cambio climático. Esto se debe a que las emisiones a la atmósfera relacionadas con el cambio climático pueden agravar también los efectos de la contaminación del aire sobre la salud de los ciudadanos, no solo indirectamente por el impacto en los fenómenos meteorológicos, sino, de manera inmediata, por los efectos directos de los contaminantes para la salud (72).

Además, muchos contaminantes del aire que son nocivos para la salud humana y los ecosistemas contribuyen al cambio climático al afectar la cantidad de luz del sol que es reflejada o absorbida por la atmósfera, donde algunos contaminantes producen calentamiento y otros enfriamiento de la Tierra. Estos contaminantes, conocidos como "Contaminantes climáticos de vida corta" (CCVC) incluyen el metano, carbón negro, ozono y aerosoles de sulfato. Tienen un impacto muy significativo sobre el clima; en particular, el carbón negro y el metano están entre los principales contribuyentes al cambio climático después del CO₂ (26, 72).

5.3 Cambio Climático

El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC) define al Cambio Climático como "Importante variación estadística en el estado medio del clima o en su variabilidad, que persiste durante un período prolongado (normalmente decenios o incluso más)". El cambio climático se puede deber a procesos naturales internos o a cambios del forzamiento externo, o bien a cambios persistentes antropogénicos en la composición de la atmósfera o en el uso de las tierras. Se debe tener en cuenta que la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMCC), en su Artículo 1, define cambio climático como: "un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables". La CMCC distingue entre 'cambio climático' atribuido a actividades humanas que alteran la composición atmosférica y 'variabilidad climática' atribuida a causas naturales (1, 73).

La variabilidad del clima, según el IPCC, se refiere a las variaciones en el estado medio y otros datos estadísticos (como las desviaciones típicas, la ocurrencia de fenómenos extremos, etc.) del clima en todas las escalas temporales y espaciales, más allá de fenómenos meteorológicos determinados (74).

Los cambios climáticos globales que se evidencian desde hace más de un siglo de registro instrumental se suelen atribuir exclusivamente a la emisión de gases que incrementan el efecto invernadero. Sin embargo, los estudios que llevan a cabo paleontólogos y geólogos indican que la variación del clima global y local es un fenómeno que se manifiesta naturalmente desde varios millones de años atrás con la sucesión de las eras glaciales. Un ejemplo, es la desaparición de las colonias vikingas en Groenlandia en los siglos XIV y XV debido a un descenso brusco de las temperaturas, lo que provocó que la producción de alimentos disminuyera y la importación de los mismos fuera más difícil ya que el hielo del mar era persistente. La pequeña edad de hielo en Europa en los siglos XV-XVIII es otro claro ejemplo, que desencadenó una gran hambruna debido a las bajas temperaturas que arrasaron con las cosechas (75).

El actual fenómeno de cambio climático se vio acelerado desde 1800 con el aumento de la concentración de gases de efecto invernadero (GEI) consecuencia de la revolución industrial que permitió cambios económicos en la sociedad al incorporar máquinas que hacían más eficientes los sistemas industriales de producción. Estas máquinas funcionaban gracias al uso de combustibles fósiles, petróleo, y carbón mineral que ayudan incrementar la concentración atmosférica de gases que atrapan la energía, lo que amplifica el "efecto invernadero" natural que hace habitable la tierra. Los (GEI) son, fundamentalmente, el dióxido de carbono y otros gases que atrapan el calor, como el metano (generado por la agricultura de regadío, la ganadería y la extracción de petróleo), el óxido nitroso y diversos halocarburos fabricados por el hombre (71).

En la actualidad, la atmósfera recibe por año alrededor de 118 gigatoneladas (Gton) de CO₂ procedentes de la quema de combustibles fósiles, del cambio de uso del suelo y quemas de bosques, de la respiración de las plantas y de la respiración del suelo. De este CO₂ liberado a la atmósfera, los océanos y las plantas reabsorben alrededor de 113 Gton/año. Este diferencial anual entre el CO₂ emitido y el absorbido, además del calentamiento global, ha conducido a cambios en los patrones de precipitación y del sistema atmosférico como un todo (76).

Se ha reconocido que la mayor parte de los gases de efecto invernadero se generan en los países industrializados. Sin embargo, en América Latina existen actividades relacionadas con la industria, el transporte, la agricultura, la silvicultura y la generación de residuos que igualmente producen este tipo de gases. En Colombia, cada persona, en promedio, aporta a la atmósfera 5,2 toneladas anuales de gases de efecto invernadero (GEI), responsables del cambio climático global (77, 78).

Durante los últimos 130 años, la temperatura media de la superficie terrestre aumentó aproximadamente 0,85 °C, y unas dos terceras partes de este calentamiento se han producido desde la década de los setenta (79), superando actualmente el límite superior de variabilidad natural histórica (Ver figura 2). Los climatólogos prevén que el calentamiento proseguirá a lo largo del siglo y más adelante, junto con cambios de la pluviosidad y la variabilidad climática. Sus previsiones se basan en modelos del clima mundial cada vez más complejos, aplicados a escenarios futuros verosímiles de emisiones mundiales de gases de efecto invernadero que toman en cuenta diversas trayectorias posibles de los cambios sociales, tecnológicos, económicos y demográficos (71).

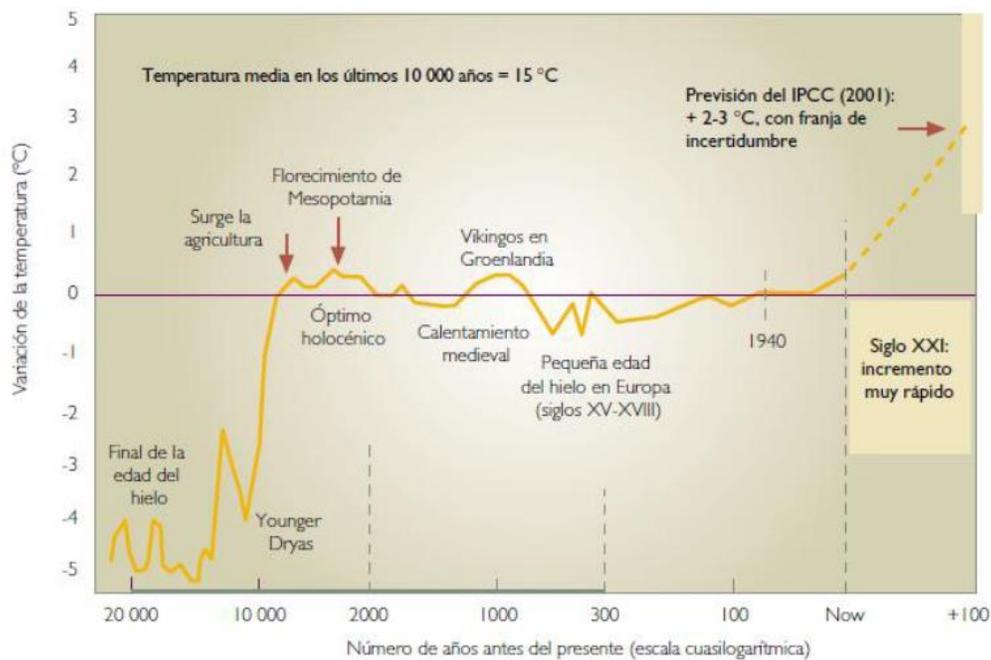


Figura 2. Variaciones de la temperatura media de la superficie terrestre en los últimos 20.000 años.

Fuente: tomado de la Organización Mundial de la Salud (OMS), 2003. Para finales del siglo XXI, se prevé un aumento del nivel medio del mar entre 20 a 60 cm a escala mundial. El calentamiento de los mares y océanos provoca la pérdida de la biodiversidad marina, reduce la captura de dióxido de carbono y hace retroceder la cobertura de hielo en los casquetes polares. Todo esto repercute en los hábitats, tanto de las poblaciones humanas como de animales y vegetales (78).

En Asia, se prevé que el cambio climático aumentara la presión sobre los recursos naturales y el medioambiente, trabando así el desarrollo sostenible. En Europa, se han registrado efectos muy diversos de los

cambios actuales en el clima: retroceso de los glaciares, alargamiento del periodo de vegetación, cambios en la distribución geográfica de ciertas especies e impactos sanitarios provocados por olas de calor sin precedentes (69).

En Latinoamérica, el calentamiento provocará una mayor sequedad de los suelos, lo que debería conducir a una sustitución progresiva de los bosques tropicales por sabanas, así como a la salinización y desertificación de las tierras de cultivo. Los cambios en los regímenes de precipitaciones y la desaparición de los glaciares deberían afectar a la disponibilidad del agua para consumo humano, agrícola o destinado a la producción energética (69).

Para Colombia, el IDEAM calculó en su última investigación un aumento de la temperatura media del orden de 0.13° C/ década para 1971 – 2000 y, el ensamble multimodelo de los escenarios de cambio climático proyectan que la temperatura promedio del aire en el país aumentará con respecto al período de referencia 1971-2000 en: 1.4°C para el 2011-2040, 2.4°C para 2041-2070 y 3.2°C para el 2071-2100. A lo largo del siglo XXI, los volúmenes de precipitación decrecerían entre un 15% y 36% para amplias zonas de las regiones Caribe y Andina y existirían incrementos de precipitación hacia el centro y norte de la Región Pacífica (27).

5.4 Repercusiones del cambio climático y factores ambientales en la salud humana

Además, de los efectos que traería consigo el cambio climático en el funcionamiento de los ecosistemas y especies, desde la Antigüedad se conocía la relación causa – efecto de este fenómeno en determinadas enfermedades humanas (24). Hipócrates en su tratado “Aires, Aguas y Lugares” ya habla sobre la relación entre el medio ambiente y la salud humana (80).

Aunque el calentamiento mundial puede tener algunos efectos beneficiosos localizados, como una menor mortalidad en invierno en las regiones templadas y un aumento de la producción de alimentos en determinadas zonas, los efectos globales para la salud serán probablemente muy adversas. El cambio climático influye en los determinantes sociales y medioambientales de la salud, a saber, un aire limpio, agua potable, alimentos suficientes y una vivienda segura, en especial para los grupos con mayor vulnerabilidad (40) asociada a otros determinantes sociales como los demográficos, los socioeconómicos, los políticos y los culturales (81).

El cambio climático puede afectar la salud tanto de manera directa como indirecta. Los efectos primarios son aquellos que causan un impacto físico directo sobre el bienestar de los individuos (migraciones o lesiones causadas por sequías, huracanes, incendios e inundaciones o consecuencias de temperaturas extremas). De manera indirecta, alterando el alcance de los vectores de enfermedades, como los mosquitos, y de los patógenos transmitidos por el agua, así como la calidad del agua, la calidad del aire, y la calidad y disponibilidad de los alimentos. El impacto real en la salud depende en gran medida de las condiciones ambientales y las circunstancias socioeconómicas, así como de las diversas adaptaciones sociales, institucionales, tecnológicas y comportamentales orientadas a reducir todo el conjunto de amenazas para la salud" (82).

La medición de los efectos sanitarios del cambio climático sólo puede hacerse de forma aproximada. No obstante, se prevé que entre 2030 y 2050 el cambio climático provoque otras 250.000 defunciones anuales; 38.000 por exposición de personas ancianas al calor; 48.000 por diarrea; 60.000 por paludismo; y 95.000 por desnutrición infantil (83).

Todas las poblaciones se verán afectadas por el cambio climático, pero algunas son más vulnerables que otras. Los habitantes de los pequeños estados insulares en desarrollo y de otras regiones costeras, megalópolis polares y montañosas, como el caso de Medellín, son especialmente vulnerables. Además, las zonas con infraestructuras sanitarias deficientes son las que tendrán más dificultades para prepararse y responder si no reciben asistencia (75).

En Colombia, se ha afirmado que la afectación del Fenómeno del Niño, favorecido por el cambio climático ha afectado principalmente los departamentos y municipios más pobres del país, correlacionando los municipios más susceptibles al cambio climático y la presencia de brotes de ETV y enfermedades transmitidas por alimentos (84, 85).

Para el caso de contaminación del aire, según datos de la OMS, el 23% de las muertes prematuras en el mundo son causadas por factores ambientales y en Europa el 20% de la incidencia total de enfermedades se debe a estas causas ambientales. Las últimas estimaciones de la carga de morbilidad reflejan el importante papel que desempeña la contaminación del aire en las enfermedades cardiovasculares y las muertes. Se estima que la contaminación ambiental del aire, para las personas que viven en las zonas rurales, fue causa de 4,2 millones de muertes prematuras en todo el mundo por año; esta mortalidad se debe

a la exposición a partículas pequeñas de 2,5 micrones o menos de diámetro (PM2.5), que causan enfermedades cardiovasculares y respiratorias, y cáncer (86).

Las personas que viven en países de ingresos bajos y medianos soportan desproporcionadamente la carga de la contaminación del aire de exteriores: el 91% de los 4,2 millones de muertes prematuras por esta causa se producen en países de ingresos bajos y medianos. La OMS estima que, en el año 2016, aproximadamente el 58% de las muertes prematuras relacionadas con la contaminación atmosférica se debieron a cardiopatías isquémicas y accidentes cerebrovasculares, mientras que el 18% de las muertes se debieron a enfermedad pulmonar obstructiva crónica e infecciones respiratorias agudas, y el 6% de las muertes se debieron al cáncer de pulmón (86).

Las cifras son más elevadas en el caso de los niños, una población especialmente vulnerable. Según la OMS, más del 40% de la carga global de enfermedad atribuible a factores medioambientales recae sobre los niños de menos de cinco años de edad. Por otra parte, en torno al 65% de las enfermedades infantiles tiene su origen en la contaminación y degradación del medio ambiente (44).

Dentro de todos los contaminantes que existen en la atmósfera, se identifican 5 contaminantes criterio que afectan a la salud inmediatamente desde su inhalación: monóxido de carbono (CO), dióxido de azufre (SO₂), dióxido de nitrógeno (NO₂), ozono troposférico (O₃) y material particulado. Además de éstos, se incluye al CO₂ (dióxido de carbono) por su aporte al efecto invernadero (21).

Existe una estrecha relación cuantitativa entre la exposición a altas concentraciones de pequeñas partículas (PM₁₀ y PM_{2.5}) y el aumento de la mortalidad o morbilidad diaria y a largo plazo. A la inversa, cuando las concentraciones de partículas pequeñas y finas son reducidas, la mortalidad conexas también desciende, en el supuesto de que otros factores se mantengan sin cambios (30).

El exceso de ozono en el aire puede producir efectos adversos de consideración en la salud humana. Puede causar problemas respiratorios, provocar asma, reducir la función pulmonar y originar enfermedades pulmonares (86).

En el quinto informe publicado por el Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), el aumento de las temperaturas y de los niveles de CO₂ y ozono causado por el cambio

climático aumentarán la presencia de alérgenos en el ambiente, lo que disparará enfermedades respiratorias como el asma y la rinitis alérgica, conjuntivitis y afecciones cutáneas (87).

Las enfermedades respiratorias agudas, se han catalogado como una de las principales causas de morbilidad y mortalidad en el mundo. Cada año se producen hasta 650.000 defunciones por enfermedades respiratorias relacionadas con la gripe estacional, según nuevas estimaciones de los Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades de los Estados Unidos, la Organización Mundial de la Salud y asociados para la salud mundial (19).

El aumento de las lluvias se asocia a una mayor humedad y por ende a una mayor circulación de virus respiratorios. En los últimos años se ha observado un comportamiento atípico de las condiciones meteorológicas, por lo que la incubación y propagación de virus respiratorios se puede presentar entre los meses marzo y abril, manifestándose directamente en el aumento de las enfermedades respiratorias agudas (88).

A pesar de que los efectos más directamente atribuibles al cambio climático y salud humana son el aumento de casos de enfermedades transmitidas por vectores y la mortalidad por olas de calor, los efectos indirectos del cambio climático son frecuentemente inadvertidos, como el aumento de temperatura, acidificación y nivel del mar (89).

Periodos de temperaturas ambientales extremadamente altas están asociadas con un incremento en la morbilidad y mortalidad, Las enfermedades cardiovasculares y respiratorias son muy sensibles a las condiciones de temperatura extremas en el ambiente. Además, las altas temperaturas generan un aumento de los niveles de ozono y de otros contaminantes secundarios en el aire, afectando no solo la salud a corto plazo sino generando importantes alteraciones en el clima; también los niveles de polen y alérgenos aumentan por el calor extremo (90).

La variabilidad de la temperatura, afecta especialmente a los grupos socialmente vulnerables, como ancianos, menores de cinco años, personas con enfermedades crónicas. Esta vulnerabilidad se ha atribuido a factores individuales como la disminución de la habilidad de los ancianos y niños de mantener la temperatura corporal; condicionada por factores como disminución en la sudoración, el flujo sanguíneo y menor capacidad de aumentar la frecuencia cardíaca. Sin embargo, también se han identificado con condiciones del entorno como el acceso a aire acondicionado, soporte social, acceso a servicios de salud (24).

En cuanto a los impactos positivos, debido a temporadas menos frías se pueden encontrar disminuciones en la mortalidad y morbilidad asociada a fríos extremos, en algunas áreas se presentarían cambios en la producción de alimentos y debido a la superación de umbrales térmicos, se podría reduciría la capacidad de transmisión de los vectores portadores de enfermedades (24).

5.5 Evento centinela

Para caracterizar la relación entre el ambiente y la salud, se identificaron enfermedades que se relacionan con factores de riesgo ambientales. En los estudios de salud ambiental se ha utilizado el término Evento Centinela propuesto por Rutstein, Mullan y colaboradores (1983) y posteriormente por Rothwell y colaboradores (1991) (2).

El evento centinela, es una estrategia epidemiológica para el estudio de la enfermedad, y se define como una enfermedad prevenible que ocasiona discapacidad o muerte prematura cuya ocurrencia sirve como señal de advertencia de intervención para las acciones preventivas o terapéuticas que deben ser intervenidas para ser mejoradas buscando las causas subyacentes con base en los sistemas de vigilancia epidemiológica (2).

Las Unidades Primarias Generadoras del Dato (UPGD), utilizan estrategias de captación, registro acciones de prevención y tratamiento individual y comunitario, de enfermedades objeto de la vigilancia, en el caso de la definición adoptada de la IRA se incluye un grupo de enfermedades que afectan el sistema respiratorio alto y bajo; puede cursar desde una gripe hasta una complicación como la neumonía (2).

5.6 Infección Respiratoria Aguda

La Infección Respiratoria Aguda (IRA) es toda aquella patología de presentación con menos de 15 días de evolución, de origen infeccioso, que produce afección del tracto respiratorio tanto superior como inferior. Dentro de sus síntomas más frecuentes se encuentran tos, disnea, rinorrea, obstrucción nasal, coriza, fiebre, odinofagia, otalgia, signos y síntomas tanto locales como generalizados cuya intensidad está asociada con la severidad del cuadro. Todas las personas a lo largo de la vida son susceptibles de sufrir IRA. Se constituye una de la causa más frecuente de morbilidad y mortalidad en niños y niñas menores de 5 años en todo el mundo, la cual representa cerca de 2 millones de muertes cada año. Diversas enfermedades clínicas se incluyen en el grupo de IRA rinofaringitis, faringoamigdalitis, bronquiolitis, neumonía, entre otras (22, 91).

Todas las anteriores son muy frecuentes en la edad pediátrica, especialmente en menores de cinco años, informándose como una causa importante de mortalidad en países latinoamericanos. En países en desarrollo la IRA, en especial la neumonía es responsable del 20% de las muertes en menores de cinco años, muy por encima de los países desarrollados, con cierta variabilidad en la región. En Perú causa el 11,8% de las muertes en menores de 5 años, en Cuba el 10,2%, en Haití el 40%, que contrasta con las cifras reportadas en Estados Unidos de aproximadamente un 6% (22,91).

En Colombia, las Infecciones Respiratorias Agudas (IRA) corresponden al 7,7% de todas las consultas externas y urgencias atendidas en la población colombiana y a 7,4% de todas las hospitalizaciones (91), convirtiéndose en una prioridad en salud pública, al ser una de las primeras causas de muerte y discapacidad. La IRA causó 25% de las consultas externas en menores de cinco años. En el caso de Medellín, es una de las primeras causas de morbilidad reportándose 56 mil consultas semanales por casos críticos de infecciones y enfermedades respiratorias agudas (22, 91).

La IRA puede ser causada por diversos agentes como virus, bacterias, hongos e incluso parásitos, de los cuales los dos primeros son los más frecuentes. De estos dos tipos de agentes, los virus encabezan la mayoría de los casos en la población pediátrica. Se estima que de un 45 a 77% de los casos sean de etiología, aunque algunas publicaciones consideran a los virus como la causa en el 90% de estos (22).

5.6.1 Influenza y neumonía

La influenza es una enfermedad respiratoria aguda, producida por el virus de la influenza. A diferencia del resfrío común, sus síntomas son de mayor intensidad y gravedad. La duración de la enfermedad es "autolimitada", es decir, mejora sola al cabo de unos días. Sin embargo, a veces puede producir cuadros más graves, como neumonía y otras complicaciones, que con escasa frecuencia pueden llevar a la muerte. Estas complicaciones se dan especialmente en personas mayores, en personas con enfermedades crónicas, en niños lactantes y en embarazadas. Lo más notorio de la influenza es que se manifiesta en forma súbita, sin avisos previos provocando una repentina fiebre alta (sobre 38 grados) la que dura en promedio dos o tres días, pudiendo llegar a la semana. Junto a la fiebre elevada, la enfermedad se acompaña de un cansancio o debilidad que pueden ser extremos, el cual en el caso de los adultos mayores se puede prolongar más allá de lo normal (dos a cinco días) (93).

La neumonía, es una infección respiratoria aguda que afecta a los pulmones. Éstos están formados por pequeños sacos llamados alvéolos, que en las personas sanas se llenan de aire al respirar. Los alvéolos de los enfermos de neumonía se llenan de líquido, lo que hace dolorosa la respiración y limita la absorción de oxígeno (94).

La influenza y la neumonía se incluyen dentro de las infecciones respiratorias agudas y es común en los estudios de mortalidad y en las estadísticas vitales relacionadas con este tema, presentarlas unidas como causa básica de muerte por la estrecha relación existente entre ambas y las limitaciones en el diagnóstico exacto para discernir entre una y otra. Los grupos más vulnerables son las personas menores de 5 años y mayores de 65 (24).

Dentro de las ERA, la neumonía constituye la primera causa de mortalidad por infecciones agudas en países en desarrollo, con un promedio de 1,4 por cada 1000 nacidos vivos. Además, es la segunda causa de hospitalización (95).

En las regiones templadas, se estima que las muertes relacionadas con la influenza oscilan entre 4 y 20 muertes por cada 100,000 personas. Aunque más de 2.800 millones de personas viven en regiones tropicales, los datos sobre la morbilidad y mortalidad específicas de la gripe han sido muy limitados. A nivel mundial, se han iniciado diversos proyectos globales de carga de influenza en respuesta a la pandemia de 2009, y se estimó que muchos países tropicales, como México, India, Bangladesh, Myanmar, Indonesia y Guatemala, se encontraban entre los países que tenían la tasa de mortalidad respiratoria más alta del mundo durante la pandemia. Aunque estos estudios no cubrieron todas las regiones de los trópicos, la amplia distribución de los países que aportan datos respalda la inferencia de que la influenza es una causa importante de morbilidad y mortalidad (95).

Diversas publicaciones han demostrado, como a pesar de las diferencias en los métodos, el período de estudio y las medidas de resultado utilizadas, la influenza es una causa considerable de mortalidad y hospitalización en los trópicos. Las estimaciones para niños y personas mayores de 65 años fueron particularmente altas. Por ejemplo, un promedio de más de 600 por cada 100,000 niños menores de 5 años fue hospitalizados cada año debido a una enfermedad respiratoria aguda atribuible a la influenza en Hong Kong y 280 por cada 100,000 niños menores de 5 años fueron hospitalizados cada año por infecciones respiratorias agudas graves asociadas a la influenza durante y después de la pandemia (H1N1) en Kenia (96, 97). Dentro de la región tropical del

noreste de Brasil, la influenza representó 36 muertes anuales en exceso por cada 100,000 entre individuos de 65 años de edad o más entre los años 1996 y 2008. Estos ejemplos muestran que, aunque algunos estudios han sugerido que la mortalidad en regiones más cercanas al ecuador podría haber sido más bajo durante la pandemia de gripe (H1N1), la gripe sigue siendo una carga considerable para la salud de las poblaciones tropicales (95).

5.7 Mortalidad en niños menores de cinco años

La mortalidad de menores de 5 años permite reflejar tanto la mortalidad infantil como de la primera infancia. Una mortalidad de la niñez elevada refleja condiciones perinatales no saludables para las madres y también los efectos de factores adversos en los primeros años de la niñez relacionados con causas reducibles tales como infecciones, accidentes, desnutrición, etc. (110). Reducir la mortalidad de niños menores de 5 años es una de las metas de los Objetivos de Desarrollo del Milenio y es difundida anualmente como un indicador de salud y bienestar de la niñez (99).

De acuerdo a los datos reportados por Naciones Unidas en el año 2017, alrededor de 15.000 niños y niñas fallecieron diariamente en 2016 antes de cumplir cinco años, de los cuales un 46% murieron durante sus primeros 28 días de vida. Los datos revelan que, aunque el número de niños que mueren antes de los cinco años se encuentra en un nuevo mínimo 5,6 millones en 2016, la proporción de menores de cinco años que mueren en la etapa neonatal ha aumentado del 41% al 46% durante el mismo periodo de tiempo (99).

La neumonía y la diarrea figuran en la lista de enfermedades infecciosas que causan la muerte de millones de niños menores de cinco años en todo el mundo, lo que representa el 16% y el 8% de las muertes, respectivamente. Las complicaciones derivadas del parto prematuro y las complicaciones durante el parto o el nacimiento del niño fueron las causas del 35% de las muertes de recién nacidos en 2016 (99).

En Colombia, las muertes en menores de cinco años son causadas primordialmente por malformaciones congénitas, trastornos respiratorios y otras afecciones del período perinatal, infecciones respiratorias agudas y sepsis bacterianas (infección diseminada por bacterias) (100). Esta mortalidad, ha seguido una tendencia al descenso a través de los años: en el periodo 2008 a 2016 se presentaron 89.473 muertes en menores de cinco años por todas las causas, 10.834 fueron por infección

respiratoria aguda (IRA), enfermedad diarreica aguda (EDA) y Desnutrición (DNT) (101).

En Colombia, durante los últimos 10 años ha venido descendiendo la tasa de mortalidad en niños menores de cinco años, para alcanzar una tasa en 2015 de 12,95 muertes por 1.000 nacidos vivos. En los niños de un año y hasta antes de cumplir los cinco años, las principales causas se deben a enfermedades prevenibles, como la infección respiratoria aguda, las enfermedades infecciosas intestinales y las causas externas como el ahogamiento, accidentes en el hogar y accidentes de tránsito (101).

En el año 2016 los departamentos de Guainía, Vichada, Chocó, La Guajira y Amazonas presentaron las tasas más altas de mortalidad en menores de 5 años, por encima de 20 muertes por 1.000 NV. Las cifras más altas de mortalidad en menores de 5 años se encuentran en los departamentos donde el porcentaje de hogares con necesidades básicas insatisfechas superan el 50%. Para el año 2016 la tasa de mortalidad en menores de 5 años a nivel nacional fue de 13,66 muertes por mil nacidos vivos, disminuyendo con respecto a la del año anterior que fue de 13,23 muertes por 1000 Nacidos vivos (101).

El promedio nacional está alrededor de las 15 muertes en menores de cinco años por cada 1.000 nacidos vivos. La ENDS muestra que la Guajira y el Chocó tienen la mayor probabilidad de morir con una tasa de 50 y 48 muertes en menores de cinco años por 1000 NV, de la misma manera aquellas poblaciones que no tienen educación y cuyo nivel de riqueza se encuentra entre bajo y más bajo presentan las tasas más altas (53 y 31 muertes por 1000 Nacidos Vivos respectivamente) (101).

En el Departamento de Antioquia y en la ciudad de Medellín, la información disponible para mortalidad en menores de cinco años, también indica una clara tendencia a la disminución. En la capital antioqueña, los indicadores reflejan que la ciudad pasó de una tasa de 11,9 muertes en 2005 por cada 1.000 bebés nacidos, a 6,6 fallecimientos en 2014 (102).

5.7.1 Infección respiratoria aguda en menores de cinco años

Las infecciones respiratorias agudas IRA, se encuentran entre las primeras causas de muerte en los niños en la mayoría de los países en desarrollo, representan el próximo desafío que enfrentan los servicios de salud. En niños menores de cinco años, la causa de la infección en el 95% de los casos son los virus, siendo de buen pronóstico, pero un pequeño

porcentaje puede padecer complicaciones como otitis, sinusitis y neumonía (103, 104).

La IRA se ubica entre las diez principales causas de defunción en la población general y dentro de las tres primeras en los menores de cinco años (115). Las estimaciones actuales indican que, cada año, la influenza estacional afecta a alrededor del 10,5 % de la población mundial y produce entre 250.000 y 500.000 muertes (105).

En la región de las Américas se estima que se diagnostican aproximadamente 2,1 millones de casos de neumonía cada año en Argentina, Brasil y Chile. En Estados Unidos es la sexta causa de muerte en los adultos y la primera relacionada con etiología infecciosa, con aproximadamente 4,2 millones de consultas ambulatorias en 2006; en 2005 hubo más de 60.000 muertes por esta enfermedad en personas mayores de 15 años en ese país (71). Según la información de la Red Global de Influenza, a semana epidemiológica 51 de 2017, la circulación de influenza es mayor en los países templados del hemisferio norte, con baja circulación en los países del hemisferio sur (106).

En Colombia la tasa de mortalidad infantil pasó en los últimos 26 años, de 45.82 defunciones infantiles (menores de 1 año por mil nacidos vivos) en el año 1985 a 14.8 en 2010 (54). Por su parte la mortalidad por IRA en menores de 5 años ha pasado de más de 35 casos por 100.000 niños menores de 5 años a 16.5 en 2010, según datos de estadísticas vitales del DANE (104).

En Medellín, por tanto, la infección respiratoria aguda se considera una de las principales causas de morbilidad y mortalidad y es la principal causa de hospitalización fundamentalmente en los meses fríos o más lluviosos, que corresponden al primer y tercer trimestre del año. Por esto tiene un gran impacto socioeconómico y es también responsable de una proporción elevada de ausentismo laboral y escolar (104).

La razón de tasas de mortalidad por Infección Respiratoria Aguda en Medellín, no presenta diferencias respecto al departamento de Antioquia, es necesario destacar que para el período observado el indicador presenta un comportamiento oscilante en la Ciudad, siendo los años 2009 Y 2008 los de mayores valores con 23,9 y 19,1 muertes por cada cien mil menores de cinco años, respectivamente y un descenso a partir del año 2010, el menor valor correspondió entre los años 2016 y 2014 con 6,1 y 8,2 muertes por cada 100.000 menores de cinco años, respectivamente (104).

En Medellín, las cifras de mortalidad por IRA han pasado de una tasa de 23,9 en el año 2009 a una tasa de 6,1 muertes por cada 100.000 menores de cinco años en el 2016. En el año 2015y 2016, los episodios de

contingencias atmosféricas en la ciudad de Medellín las estaciones de monitoreo de la calidad del aire registraron días con alerta naranja y roja, por lo que se dio un incremento en las visitas a urgencias en niños menores de 5 años por infecciones respiratorias. En ese sentido, cuando el nivel estaba en color naranja se incrementó el riesgo de consulta, en infantes de esta edad o menos en un 7,5%. Para alerta roja el aumento de consulta por alerta roja fue de un 17% para esta misma población (2).

Un aspecto importante que influye en la vulnerabilidad para la IRA, es lo relacionado a la contaminación del aire. Según las últimas estimaciones de la OMS sobre la carga mundial de morbilidad, la contaminación del aire exterior e interior provoca unos siete millones de defunciones prematuras (10). Esto representa actualmente uno de los mayores riesgos sanitarios mundiales, comparable a los riesgos relacionados con el tabaco y superado únicamente por los riesgos sanitarios relacionados con la hipertensión y la nutrición. Las infecciones de las vías respiratorias inferiores están asociadas a la contaminación del aire en locales cerrados, relacionada en gran medida con la utilización de combustible sólido en los hogares y posiblemente con la exposición pasiva al humo del tabaco, así como con la contaminación del aire exterior (104).

5.7.2 Influenza y neumonía en menores de cinco años

Según La Organización mundial de la salud, la neumonía infantil es la primera causa de muerte en menores de cinco años. La neumonía provocó 920 mil muertes de niños en 2015, y fue responsable de la muerte de casi uno de cada cinco niños, donde el 16% de la mortalidad en ese rango es por neumonía (28).

Las estadísticas mundiales informan cifras alrededor del 21% de mortalidad por neumonías, mientras que en Colombia se considera que ellas contribuyen con un 12%; estas cifras se relacionan directamente con la gravedad y la etiología de la enfermedad, en la cual las bacterias juegan un papel de gran importancia (28).

De acuerdo con la Organización Panamericana de la Salud (OPS), en la Subregión Andina la actividad de influenza disminuyó, excepto en Colombia. Según las cifras del Boletín Epidemiológico del Instituto Nacional de Salud, en el cual en la semana 22 de 2017 se habían presentado 204 casos de influenza, frente a 163 en la misma semana del año anterior, con un incremento del 25% en el mismo período. De acuerdo al sistema de vigilancia de la Secretaría de Salud de Medellín, hasta la semana epidemiológica durante 2016 en la ciudad, se registraron varios picos por Influenza (incluyendo AH1N1) además, los grupos de edad que más se hospitalizaron fueron los menores de 1 año y los mayores de 65.

En este trabajo se indagará acerca de las defunciones y la morbilidad entre el periodo 2008 a 2015 en niños menores a cinco años a causa de la influenza y neumonía considerados como evento centinela.

5.8 Modelos Aditivos Generalizados

Para detectar tendencias significativas de los casos de influenza y neumonía cuando la temperatura aumenta 1° centígrado de temperatura, e inferir la influencia relativa de las variables que potencialmente pueden producir dichos cambios, se emplearon Modelos Aditivos Generalizados (GAM, por sus siglas en inglés, Generalized Additive Modeling).

Hastie y Tibshirani (1986) introdujeron los GAM con los cuales reemplazan la forma lineal por funciones de suavizamiento. Estas funciones de suavizamiento son estimadas usando diagramas de dispersión suavizados, en un procedimiento iterativo llamado algoritmo de puntaje local, que generaliza el procedimiento usual del puntaje de Fisher por computar estimativos de máxima probabilidad. Una de las ventajas del algoritmo de puntaje local es que a diferencia del suavizamiento multidimensional, pasan de la regresión multivariada a una secuencia de regresiones univariadas, siendo más fácil de calcular (Kauermann y Opsomer, 2002) y sus funciones de suavizamiento pueden ser usadas como una descripción de los datos, para predicción, o para sugerir transformaciones de covariables (107).

Los GAM son una técnica estadística moderna que no requiere cumplir con los supuestos de la estadística paramétrica y permite el ajuste de modelos estadísticos acordes con la teoría ecológica (Katsanevakis y Maravelias, 2009), por lo que cada vez están siendo más empleados para entender la relación de las especies marinas con su hábitat (Venables y Dichmont, 2004). Un modelo aditivo es una extensión de los modelos lineales, pero permite que las funciones lineales de las variables predictoras (en este caso: profundidad, temperatura, densidad intra-específica, densidad inter-específica, riqueza, latitud y longitud) sean reemplazados por funciones de "suavizamiento" y no necesita supuestos de las formas funcionales (108).

$$y = \alpha + \sum_{i=1}^n f_i (X_i) + \epsilon$$

Donde y es la variable respuesta, X_i son las variables predictoras, α es una constante y ε es el error. Los f_i son estimados usando suavizadores. En este trabajo se utilizó suavizador tipo spline (s) para estimar estas funciones no paramétricas. El procedimiento diagnóstico del GAM contempló el valor de significancia (p), el criterio de información Akaike (AIC) y la desviación explicada por el modelo. El AIC es una medida de la desviación del modelo corregido para el número de variables predictoras; el mejor modelo es el que arroje el AIC más bajo (Paramo et al. 2009) (108). La desviación es análoga a la varianza y la desviación nula es análoga a la varianza total; así, la desviación nula menos la desviación residual es la varianza explicada por el modelo:

$$\text{Desviación explicada} = \frac{\text{Desviación nula} - \text{Desviación residual}}{\text{Desviación nula}}$$

5.9 Normatividad

Ante la problemática del cambio climático, se realiza la primera Conferencia de las Naciones Unidas donde se habla formalmente del tema ambiental (Estocolmo 1972) y su importancia para el mundo, se hizo evidente la relación directa que existe entre la actividad humana y su impacto en el medio ambiente realizando una serie de estrategias tendientes a contrarrestar los efectos negativos de estas actividades. Junto con los avances de la Conferencia de 1972, vinieron consecutivas conferencias (Río, 1992; Johannesburgo, 2002; Conferencias de las Partes (COPs), 1995-2009) en las que se mostraron los adelantos y también se expusieron los informes sobre las evaluaciones realizadas por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC), para alcanzar una mejor comprensión del fenómeno; de la misma forma, para compilar la información científica, técnica y socioeconómica del cambio climático y ofrecer a los gobiernos resúmenes y asesoramiento sobre los problemas climáticos (110).

Como complemento de esfuerzos hechos parcialmente en otras cumbres y conferencias internacionales sobre el tema Medio Ambiental, fue formulado, en 1992 la comunidad europea y más de 150 países se adhirió al tratado Internacional La convención de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), a fin de discutir acciones y medidas correctivas para limitar el aumento de la temperatura mundial y el consiguiente Cambio Climático, y hacer frente a sus consecuencias (110).

En 1995, los países participantes reconocieron que las disposiciones en materia de reducción de las emisiones recogidas en la Convención no eran suficientes. Por lo tanto, iniciaron negociaciones para reforzar la respuesta mundial al Cambio Climático y, en 1997, los gobiernos acordaron incorporar el *Protocolo de Kyoto*, que cuenta con medidas más enérgicas y jurídicamente vinculantes entre las partes (110).

Con estas herramientas lo que se buscaba era proyectar las bases de un "régimen climático mundial", adicionalmente, lograr un convenio decidido, que mostrara resultados concretos por parte de los Estados involucrados, especialmente los países desarrollados responsables por la mayoría de las emisiones de GEI y que los países en desarrollo alcanzaran niveles de desarrollo sostenible más altos (110).

El Protocolo de Kyoto sobre el cambio climático es un acuerdo internacional que tiene por objeto reducir las emisiones de seis gases provocadores del calentamiento global o Gases de Efecto Invernadero (GEI), estos son: dióxido de carbono (CO₂), gas metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O), además de tres gases industriales fluorados: Hidrofluorocarbonos (HFC), Perfluorocarbonos (PFC) y Hexafluoruro de azufre (SF₆), en un porcentaje aproximado de un 5%, dentro del periodo que va desde el año 2008 al 2012, en comparación a las emisiones de 1990. El segundo período de compromiso comenzó el 1 de enero de 2013 y concluirá en 2020 (111).

Dentro del texto del Protocolo, se estableció unos mecanismos flexibles tendientes a complementar las políticas y estrategias de reducción de GEI nacionales y amortizar los costos generados por estas iniciativas. El MDL (Mecanismo de Desarrollo Limpio) es el proyecto tendiente a la reducción GEI en la atmósfera, este se puede desarrollar en países en desarrollo (Como Colombia en este caso) y con el cual se pueden lograr expedir RCE (Reducciones Certificadas de las Emisiones). Por último, el RCDE (Régimen de Comercio de Derechos de Emisión), fue diseñado como herramienta administrativa en el control de derechos de emisiones y su respectiva comercialización entre las partes que han ratificado y participan en el Protocolo de Kioto (110).

5.9.1 Marco Legal

En Colombia existen un conjunto de leyes, resoluciones, planes, lineamientos, circulares y políticas que adelantan acciones para abordar la compleja problemática del cambio climático y que, a su vez, previenen, planifican e intentan responder de manera adecuada, coordinada y

sostenida a las repercusiones de este fenómeno. De igual forma también existen un conjunto de instrucciones que se han ido formulando desde los tomadores de decisiones a nivel Nacional con el fin de desplegar acciones para prevenir y reducir los casos de Infección Respiratoria Agua y de Influenza y Neumonía en el territorio colombiano. En aras de conocer las directrices que abarcan estas problemáticas, se citan algunas acciones que se han adelantado hasta el momento con sus respectivos objetivos.

Documento legal	Objetivo
<p>Cumbre de la Tierra de Río de Janeiro, Brasil (03 - 14 de junio de 1992).</p>	<p>La celebración en Río de Janeiro en 1992 de la Primera Cumbre de la Tierra fue el más importante de los acontecimientos ecológicos y de protección a la naturaleza jamás realizado por la humanidad. Asistieron jefes de Estado o de Gobierno de todos los continentes; al mismo tiempo, participaron en cien actos veinte mil representantes de organizaciones no gubernamentales en el Foro Global de Río, quienes llevaron la voz de los pueblos al magno evento ecológico. Los objetivos fundamentales de la Cumbre eran lograr un equilibrio justo entre las necesidades económicas, sociales y ambientales de las generaciones presentes y de las generaciones futuras y sentar las bases para una asociación mundial entre los países desarrollados y los países en desarrollo, así como entre los gobiernos y los sectores de la sociedad civil, sobre la base de la comprensión de las necesidades y los intereses comunes (73, 112)</p>
<p>Ley 164 del 27 de octubre de 1994.</p>	<p>Por medio de la cual se aprueba la "Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático", hecha en Nueva York el 09 de mayo de 1992. Con la aprobación de este acuerdo internacional, nuestro país junto con los demás estados firmantes, reconocen la existencia del cambio climático y la necesidad de</p>

Documento legal	Objetivo
	preocuparse por sus efectos adversos en la humanidad, bien sea en las generaciones presentes como en las futuras. Tal como lo establece la Convención: "las respuestas al cambio climático deberían coordinarse de manera integrada con el desarrollo social y económico, con miras a evitar efectos adversos sobre este último, teniendo plenamente en cuenta las necesidades prioritarias legítimas de los países en desarrollo para el logro de un crecimiento económico sostenido y la erradicación de la pobreza" (113).
Ley 629 del 27 de diciembre de 2000.	Por medio de la cual se aprueba el "Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático", hecho en Kyoto el 11 de diciembre de 1997. Con este acuerdo internacional las partes se comprometieron a reducir las emisiones de algunos de los gases de efecto invernadero responsables del calentamiento global, con el fin de promover el desarrollo sostenible y luchar contra el Cambio Climático (114).
Documento CONPES 3242 (Consejo Nacional de Política Económica y Social) del 25 de agosto de 2003.	Su objetivo es promover la participación de Colombia en el mercado de reducciones verificadas de emisiones de gases de efecto invernadero, mediante el establecimiento y consolidación de un marco institucional. La estrategia de este Documento, abarca cuatro aspectos: I) definición de política de venta de servicios ambientales de mitigación de cambio climático, II) consolidación de una oferta de reducción de emisiones verificadas,

Documento legal	Objetivo
	III) mercado internacional de la oferta de reducciones de emisiones verificadas y IV) coordinación, seguimiento y evaluación de la estrategia (115).
Plan Nacional de Desarrollo "Estado comunitario: desarrollo para todos" (2006-2010). Gobierno Álvaro Uribe Vélez.	Estableció el compromiso de formulación de una Política Nacional de Salud Ambiental, que con la promulgación del CONPES 3550 de 2008, reitera la necesidad de definir orientaciones de política específicas para la salud ambiental como mecanismo de gestión y articulación intersectorial para buscar promover la equidad y la protección de grupos vulnerables con énfasis en los problemas ambientales de mayores costos para la sociedad colombiana (55).
Documento CONPES 3550 del 24 de noviembre de 2008.	Establece los lineamientos para la formulación de la política integral de salud ambiental con énfasis en los componentes de calidad de aire, calidad de agua y seguridad química (116).
Plan Metrópoli 2008 – 2020 "Hacia la integración regional sostenible". Área Metropolitana de Valle de Aburrá.	Entre los objetivos estratégicos del plan en mención, se encuentra mejorar la calidad de vida y forjar un ambiente sano. Este tiene como visión mantener la región articulada con oportunidades de desarrollo sostenible para todos sus habitantes, altos niveles de calidad de vida con una ciudadanía responsable y participativa que cree y confía en sus habitantes (117).
Plan Nacional de Desarrollo "Prosperidad para todos"	Se implementa "una política que promueva un cambio de cultura encaminado a la gestión preventiva y

Documento legal	Objetivo
(2010 – 2014). Gobierno de Juan Manuel Santos.	a tomar medidas que permitan anticipar y enfrentar los efectos adversos de los fenómenos de variabilidad y cambio climático; identificando las amenazas, vulnerabilidades y medidas de adaptación que deban ser implementadas, con información regionalizada y para subsectores productivos priorizados”. También se contempla el mercado de seguros agropecuarios, esto es, el uso de seguros climáticos y catastróficos, según mapa de riesgos agropecuarios con el propósito de identificar la probabilidad de ocurrencia de fenómenos climáticos en las distintas regiones. En el componente de salud se encamina en estrategia de vida saludable, teniendo en cuenta las afectaciones por el cambio climático (57).
Ley 1450 del 16 de junio de 2011.	Formulación Del Plan Nacional De Adaptación Al Cambio Climático, el cual tiene como objetivo: Reducir el riesgo y los impactos socio-económicos asociados a la variabilidad y al cambio climático en Colombia (118).
Documento CONPES 3700 del 14 de julio de 2011.	Estrategia institucional para la articulación de políticas y acciones en materia de cambio climático en Colombia. Se facilitar y se fomenta la formulación e implementación de las políticas, planes, programas, incentivos, proyectos y metodologías en materia de cambio climático, a través de la inclusión de las variables climáticas como determinantes para el diseño y planificación de los proyectos de desarrollo y mediante la

Documento legal	Objetivo
	configuración de un esquema de articulación intersectorial (119).
Ley 1523 del 24 de abril de 2012.	Por la cual se adopta la Política Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres, en donde se concibe la adaptación al cambio climático como parte del proceso de reducción del riesgo de desastres (120).
Resolución 1841 del 28 de mayo de 2013.	Contiene en la dimensión de Salud Ambiental dos componentes, el primer hábitat saludable que tiene como objetivo, Intervenir con enfoque diferencial los determinantes sanitarios y ambientales de la salud relacionados con la calidad del aire, el ruido y las radiaciones electromagnéticas, los impactos del urbanismo, las condiciones de la ruralidad, las características de la movilidad, las condiciones de la vivienda y espacios públicos. El segundo es el componente situaciones en salud relacionadas con condiciones ambientales, definido como acciones sectoriales e intersectoriales del orden nacional y territorial, que permitan incidir en aquellas situaciones de interés en salud pública, mediante la intervención positiva de los factores, riesgos y daños de orden social, sanitario y ambiental, que permitan modificar la carga ambiental de la enfermedad (121).
Decreto 859 del 06 de mayo de 2014.	Se crea la comisión Intersectorial de Salud pública, donde una de sus funciones es el seguimiento y gestión para articular la implementación de planes, políticas, programas y

Documento legal	Objetivo
	proyectos que permitan el satisfactorio cumplimiento de las metas relacionadas con la adaptación al Cambio Climático (122).
Plan Nacional de Desarrollo “Todos por un nuevo país” (2014 – 2018). Gobierno Juan Manuel Santos.	Se plantea un objetivo dirigido a establecer un apoyo oportuno frente a los riesgos que afectan el bienestar de la población y los mecanismos para la protección de las condiciones de vida de las personas, dentro del cual el diseño e implementación del Plan de adaptación al Cambio Climático del sector salud es una prioridad en dicho periodo de gobierno (123).
Programa Nacional de Prevención Manejo y Control de la Infección Respiratoria Aguda en Colombia. Diciembre de 2014.	Se orientan las acciones de prevención, atención y control de la Infección Respiratoria Aguda en la población infantil colombiana, fundamentadas en la atención primaria en salud, para reducir la mortalidad, morbilidad grave y la demanda de los servicios de urgencias, hospitalización y cuidados intensivos pediátricos (105).
Decreto 298 del 24 de febrero de 2016.	Por el cual se establece la organización y funcionamiento del Sistema Nacional de Cambio Climático. Adicionalmente, adicionalmente dicta la conformación de los nodos regionales de Cambio Climático como instancias regionales responsables de promover, acompañar y apoyar la implementación de las políticas, estrategias, planes, programas, proyectos y acciones en materia de cambio climático en las regiones (124).
Plan de Desarrollo de Antioquia “Antioquia Piensa en Grande” (2016 – 2019). Luis Pérez Gutiérrez.	En la línea estratégica 4 del plan en mención se aborda la sostenibilidad ambiental desde el componente

Documento legal	Objetivo
	Gestión Integral del Cambio Climático (125).
<p>Plan Nacional de Desarrollo “Medellín Cuenta Con Vos” (2016-2019). Federico Gutiérrez.</p>	<p>Se busca plantear los lineamientos para prevenir, evitar y mitigar los efectos del cambio climático en el Municipio de Medellín, involucrando entes públicos y privados, así como a la población en general para generar un cambio comportamental en la ciudadanía que contribuya a aumentar la capacidad de adaptación a los cambios en el clima y aportar en la reducción de la generación de gases de efecto invernadero (126).</p>
<p>Plan Territorial de Salud de Medellín 2016 - 2019 “Para vivir más y mejor”</p>	<p>Plantea en sus metas y estrategias “implementar el componente de Salud Ambiental, del Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático PNACC” (127).</p>
<p>Lineamientos para la vacunación contra influenza estacional. Mayo de 2017.</p>	<p>Dada la severidad de la enfermedad, en estos lineamientos se solicita a todos los responsables de la vacunación el logro de las coberturas contra Influenza estacional. Se resalta que es responsabilidad de las Empresas Administradoras de Planes de Beneficios (EAPB), de los regímenes contributivo, subsidiado, especial y de excepción, así como de las entidades territoriales a cargo de la población pobre no asegurada, garantizar la vacunación de su población afiliada, de manera gratuita, oportuna y en su municipio de residencia (128).</p>
<p>Política Nacional de Cambio Climático. Junio de 2017.</p>	<p>El objetivo de la Política nacional de cambio climático es incorporar la gestión del cambio climático en las decisiones públicas y privadas para avanzar en una senda de desarrollo resiliente al clima y baja en carbono,</p>

Documento legal	Objetivo
	que reduzca los riesgos del cambio climático y permita aprovechar las oportunidades que este genera. Para alcanzar este objetivo, en la política se organiza la gestión del cambio climático en Colombia con el propósito de influir en las decisiones públicas y privadas más relevantes que definen el desarrollo del país, con el fin de integrar a estas decisiones acciones de adaptación y mitigación (58).
Ley 1931 del 27 de julio de 2018.	La presente ley tiene por objeto establecer las directrices para la gestión del cambio climático en las decisiones de las personas públicas y privadas, la concurrencia de la Nación, Departamentos, Municipios, Distritos, Áreas Metropolitanas y Autoridades Ambientales principalmente en las acciones de adaptación al cambio climático, así como en mitigación de gases efecto invernadero, con el objetivo de reducir la vulnerabilidad de la población y de los ecosistemas del país frente a los efectos del mismo y promover la transición hacia una economía competitiva, sustentable y un desarrollo bajo en carbono (59).
Circular externa conjunta N° 031 del 03 de agosto de 2018. Intensificación de las acciones para la prevención, atención y el control de la Infección Respiratoria Aguda (IRA).	Se describen algunas guías de práctica clínica, protocolos, y lineamientos relacionados con el evento Infección Respiratoria Aguda que las Instituciones Prestadoras de Servicios de Salud (IPS) deben seguir y cumplir (129).

6. Metodología

6.1 Tipo de estudio

Se realizó un estudio ecológico de series de tiempo para estimar la relación de neumonía e influenza con factores climáticos y de contaminación ambiental, tomando como referencia mediciones agregadas diarias entre los años 2008 y 2015. Este estudio permite observar la asociación entre una exposición y un resultado a nivel de grupo y se caracteriza por tener en cuenta datos agregados sobre la exposición o el evento de interés, desconociéndose la información a nivel individual para cada uno de los miembros del conglomerado (60).

6.2 Población de referencia

La constituye todos los niños menores de cinco años de edad de la ciudad de Medellín, entre los años 2008 y 2015.

6.3 Población objetivo

Para las defunciones, estuvo constituida por los niños menores de cinco años de edad que fueron registrados en los certificados de defunción por causa básica influenza y neumonía en el municipio de Medellín para el periodo 2008 a 2015.

Para la morbilidad, estuvo conformada por los niños menores de cinco años de edad diagnosticados mediante consulta externa, atención de urgencias, hospitalización y exámenes de laboratorio con influenza y neumonía en la ciudad de Medellín para el período de 2008 a 2015.

6.4 Fuentes de información

Los datos para el análisis de las defunciones fueron extraídos de la base de datos de defunción recopiladas por el DANE y que constituye las estadísticas vitales para el periodo comprendido entre los años 2008 y 2015.

Los datos de morbilidad y de las variables meteorológicas y ambientales se obtuvieron de la investigación primaria "Eventos en salud asociados a la exposición en corto plazo a los contaminantes del aire en los municipios del Área Metropolitana entre los años 2008 y 2015" (2), gestión realizada por el asesor de este trabajo. Las fuentes de información empleadas en dicha propuesta fueron:

- **Registro Individual de Prestación de servicios de salud (RIPS):** Registros correspondientes a las diferentes atenciones en salud realizadas en el municipio de Medellín, durante el periodo

2008 a 2015. Estos datos fueron suministrados desde la Secretaría de Salud y Protección Social del departamento de Antioquia.

- **Sistema de Vigilancia en Salud Pública (SIVIGILA):** Registros utilizados como insumo para la construcción de la presencia de brote de influenza, utilizada como factor de ajuste en los análisis para eventos centinela.
- **Red de Vigilancia de la Calidad del Aire (REDAIRE):** Las estaciones de monitoreo suministraron datos de las concentraciones de contaminantes y de las variables meteorológicas.

6.5 Calidad de la información

Los datos de esta investigación fueron facilitados por el coordinador del proyecto “Eventos en salud asociados a la exposición en corto plazo a los contaminantes del aire en los municipios del Área Metropolitana entre 2008 y 2015” financiado por el AMVA y realizado por investigadores de la Facultad Nacional de Salud Pública de la Universidad de Antioquia.

Los investigadores del proyecto lograron identificar los registros repetidos que se encontraban en las bases de datos, por medio de un algoritmo que permitiera decantar la información y pasar de registros a eventos, logrando así que no se repitiera códigos por el mismo paciente y la misma enfermedad. También, en el análisis de la calidad de información, se verificó la concordancia entre variables a través de tablas de frecuencia y la información entregada sobre el diccionario de base de datos; se realizó un proceso de verificación de categorías contenidas para cada una de las variables.

Para realizar una correcta depuración y validación de los datos de las defunciones descargados de la página oficial del DANE, se realizó un análisis descriptivo a todas las variables para de esta forma poder identificar datos incorrectos, inexactos e incompletos. Esto se hizo con el fin de conocer y de validar la base de datos, de tal forma que la investigación tuviera información veraz y de calidad.

6.6 Criterios de inclusión y exclusión

Criterios de inclusión

Para la morbilidad en esta investigación se incluyeron los registros diarios de consulta externa, atención de urgencias, hospitalización y exámenes de laboratorio en los cuales se diagnosticó influenza y neumonía a menores de cinco años en los centros de atención en salud de la ciudad de Medellín para el período 2008 a 2015.

Para la mortalidad fueron incluidos los registros de defunción que tienen como causa básica la influenza y neumonía en niños menores de cinco años de edad en la ciudad de Medellín para el periodo 2008 a 2015.

Se incluyeron los diagnósticos considerados como eventos centinela, a partir de una exploración de literatura y de la historia natural de la enfermedad que realizaron los investigadores del proyecto “Eventos en salud asociados a la exposición en corto plazo a los contaminantes del aire en los municipios del Área Metropolitana entre 2008 y 2015”. Esto con el fin de precisar y delimitar al máximo los eventos relacionados con factores ambientales y salud.

Se utilizó la Clasificación Estadística Internacional de Enfermedades y Problemas Relacionados con la Salud CIE-10 para clasificar los hechos vitales, hospitalarios y de otras áreas de la salud denominados como eventos centinela para el grupo diagnóstico de Influenza [gripe] y neumonía (J10–J18) presentados en el Anexo N°1.

Se incluyeron las mediciones diarias de partículas suspendidas de PM_{2.5} y PM₁₀ en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y concentraciones de ozono en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ al ser consideradas por la evidencia científica como una de las principales partículas asociadas al aumento de síntomas de enfermedades respiratorias, reducción de la función pulmonar, agravamiento del asma y muertes prematuras por afecciones respiratorias.

Criterios de exclusión

Fueron excluidos aquellos registros donde el diagnóstico de Influenza [gripe] y neumonía no eran considerados como eventos centinela.

6.7 Operacionalización de las variables

Las variables consideradas y su definición operativa se detallan en el Anexo N°2.

6.8 Captación y administración del dato

Los datos para el análisis de las defunciones fueron descargados en Microsoft Excel y luego de realizar revisiones a cada una de las bases de datos de defunciones extraídas de la página oficina del DANE, estos fueron exportados a IBM SPSS Statistics V. 21.0 para revisar la consistencia de las variables previo análisis estadístico, cálculos que fueron visibilizados por el asesor académico de este ejercicio investigativo. Se verificó que

cada una de las bases de datos de defunciones descargadas (**2008 a 2015**) tuvieran las mismas variables, para luego seleccionar las que dieran cumplimiento a los objetivos de este trabajo y posteriormente consolidar en una única base de datos los años a analizar.

Los datos para el análisis de morbilidad fueron facilitados en un archivo de Microsoft Excel en formato CSV, delimitados por comas, luego exportados a RStudio V. 8.9, donde se realizaron filtros de acuerdo al rango de edad y evento centinela, posteriormente se clasificaron cada una de las variables de acuerdo a su naturaleza y nivel de medición en el software, esto con la finalidad de realizar correctamente los análisis univariados y bivariados.

6.9 Control de sesgos

Sesgos de selección: para controlar este tipo de sesgo se recurrió a tener en cuenta las defunciones donde la causa básica de muerte estuviera relacionada con los eventos en cuestión, específicamente con los códigos que la clasificación Internacional de Enfermedades reconoce como Influenza [gripe] y neumonía (J09–J18). En el control de la selección de casos de enfermedad por el evento centinela, los investigadores del proyecto “Eventos en salud asociados a la exposición en corto plazo a los contaminantes del aire en los municipios del Área Metropolitana entre 2008 y 2015” utilizaron elementos descriptivos de la Historia Natural de la Enfermedad para evitar la sobrestimación de los casos.

Sesgos de información: teniendo en cuenta que las fuentes de información para realizar este estudio fueron secundarias, se valoró la cobertura del subregistro de mortalidad y se corrigió de acuerdo a los criterios técnicos. Sin embargo, pudo haber presencia de otros sesgos que no fueron posibles de controlar porque son desencadenados por la calidad de la codificación diagnosticada y el diligenciamiento de los datos en los sistemas de información por parte del personal de salud encargado de hacer los reportes.

6.10 Aspectos éticos

La revisión de la información se efectuó bajo lo establecido en el artículo 15 de la Constitución Política de Colombia, en el cual se expresa que “todas las personas tienen derecho a su intimidad personal y familiar y a su buen nombre, y el Estado debe respetarlos y hacerlos respetar... En el tratamiento y circulación de datos se respetará la libertad y demás garantías consagradas en la Constitución”. La información disponible fue

utilizada con fines estadísticos, y no serán empleados para fines distintos al de cumplir con el objetivo general de esta investigación.

Para la ejecución de la presente investigación se garantizó la seguridad y confidencialidad de los datos proporcionados por el estudio “Eventos en salud asociados a la exposición en corto plazo a los contaminantes del aire en los municipios del Área Metropolitana entre 2008 y 2015”, estudio avalado por el Comité de Ética de la investigación de la Facultad Nacional de Salud Pública, catalogándolo como *sin riesgo* según la resolución 8430 de 1993 del Ministerio de Salud de Colombia y no requería consentimiento informado.

6.11 Viabilidad y factibilidad

La elaboración de este estudio, fue posible debido a que el proyecto “Eventos en salud asociados a la exposición en corto plazo a los contaminantes del aire en los municipios del Área Metropolitana entre 2008 y 2015” del AMVA y la Facultad Nacional de Salud Pública proporcionó una base de datos en Microsoft excel preparada para la construcción de los GAM, además se contó favorablemente con los recursos humanos y tecnológicos para su realización.

6.12 Análisis estadístico

Para lograr el primer objetivo de este estudio se caracterizaron inicialmente las defunciones por influenza y neumonía en niños menores de cinco años ocurridas en la ciudad de Medellín durante el periodo 2008 a 2015 empleando tasas, frecuencias absolutas y relativas por grupos de edad en meses según sexo y año, considerando también variables sociodemográficas. Las tasas se expresaron por 100.000 habitantes y para la presentación de los resultados se emplearon tablas de contingencia, gráficos de líneas y barras que detallan el comportamiento de las defunciones por el evento centinela en el periodo de estudio. Previo al cálculo de los índices estacionales se analizó la estacionalidad de los casos de defunciones reportados para el periodo analizado, cuya presentación se hizo efectiva mediante una tabla simple.

Para desarrollar el objetivo número dos se describieron los casos reportados por el evento centinela según variables de persona, tiempo y lugar a través de porcentajes, considerando en el análisis el volumen de casos reportados según sexo para cada uno de los años de estudio. Se construyó un gráfico de líneas para observar la tendencia de la media de casos diarios en el periodo analizado, así mismo, se presenta la frecuencia del evento según el día de la semana y se detalla el número mensual de

casos diarios, comprobando la estacionalidad de éstos mediante una tabla de índices estacionales.

Para lograr el tercer objetivo se realizó inicialmente un análisis descriptivo de los casos diarios y las covariables con cada una de las variables categóricas, utilizando medidas de tendencia central y dispersión. Se estimó la normalidad de las variables mediante la prueba de Shapiro-Wilk, posteriormente se valoró la existencia de diferencias estadísticas de promedios a través del análisis no paramétrico Anova de Kruskal Wallis o la prueba U de Mann Whitney para la valoración de diferencias entre medianas. Se cotejó el número de casos de influenza y neumonía con las covariables climáticas y ambientales a través del valor p y coeficiente de correlación Rho de Spearman para identificar el grado de correlación y colinealidad entre ellas.

Para determinar el efecto de la temperatura, factores climáticos, meteorológicos y ambientales en el número de casos diarios de influenza y neumonía se construyeron Modelos Aditivos Generalizados (Generalized Additive Models, GAM, por sus iniciales en inglés), con función de enlace Poisson. Se optó por este método debido al comportamiento de los datos, dado que la variable respuesta (número de casos diarios) es un conteo y asume que las covariables y los factores no tienen relación lineal con el desenlace. El efecto de interés se estimó en términos de las variaciones porcentuales en la oportunidad de enfermarse asociadas a un incremento de 1 °C y 5°C de temperatura.

La elección del grupo de edad estuvo soportada por la revisión de la literatura donde se confirmó que la exposición al calor puede exacerbar una amplia gama de condiciones médicas, especialmente de grupos socialmente vulnerables como lo son los niños menores de cinco años (1, 2) y más en Medellín, un territorio donde la alta urbanización ha sido un factor que agudiza el aumento de temperatura en los últimos años.

Como primer paso, se construyeron Modelos Aditivos Generalizados simples para explorar el comportamiento de la variable respuesta con cada una de las variables predictoras. Las covariables fueron suavizadas con el fin de ajustar su comportamiento frente al desenlace. Dado que el efecto de la temperatura sobre el número de casos o muertes por la enfermedad en cuestión, puede ocurrir en el día concurrente o hasta un número de días después de haberse presentado la exposición, la estimación en la oportunidad de enfermarse por influenza y neumonía se hizo teniendo en cuenta la técnica de rezagos distribuidos, es decir, el número acumulado de días de rezago. Entiéndase rezago como los días en que se asume que hay un cambio o efecto en el evento en salud debido

al incremento de 1°C de temperatura. Para efectos de esta investigación, se utilizaron cuatro tipos de rezagos; rezago puntual (0:0), rezago de 0 a 3 días, rezago de 0 a 7 días y rezagos de 0 a 15 días. La técnica de rezagos distribuidos asume que existe un efecto acumulado de temperatura durante varios días; por ejemplo, el rezago 0:3 estaría refiriéndose al efecto acumulado durante 3 días de exposición (2).

Luego de seleccionar los modelos por medio del Criterio de Información de Akaike (AIC) y de descartar aquellas variables que el método estadístico y la plausibilidad epidemiológica no sustentaban, se construyeron los GAM para cada uno de los rezagos acumulados de la temperatura con casos diarios de influenza y neumonía según contaminante criterio, esto con el fin de determinar el rezago que mejor ajuste proporcionaba al modelo múltiple.

Se construyeron doce Modelos Aditivos Generalizados múltiples considerando cada uno con un contaminante criterio ($PM_{2.5}$, PM_{10} y O_3 en μ_g/m^3) y con cada uno de los rezagos considerados por la literatura científica (rezago puntual, rezago de 0 a 3 días, de 0 a 7 días y de 0 a 15 días. Estos modelos se ajustaron por las variables año, día de la semana, humedad relativa, si el día era o no festivo y si era o no feriado.

Al igual que en los GAM simples, las covariables fueron suavizadas con el fin de ajustar su distribución frente a la temperatura. El cambio en la oportunidad de enfermar por cada incremento de 1°C como estimador de la regresión β , se exponenció con el fin de conocer la medida de la asociación que expresó el incremento del porcentaje en el desenlace.

Se construyeron gráficos para visualizar la estimación del suavizamiento y las estructuras de las tendencias de las covariables mediante alisamiento Spline y con el Estimated Degree of Freedom se relacionó el grado de alisamiento. Para conocer la capacidad explicativa de los modelos se calculó el coeficiente de determinación y la deviance explained.

6.13 Procesamiento de la información

El procesamiento de los datos y análisis de la información se realizó usando el programa estadístico RStudio en su versión 8.9 y el paquete estadístico IBM SPSS Statistics 21.0. Microsoft Excel v. 2016 para la creación de tablas y gráficos, Microsoft Word para la presentación de informes, Microsoft PowerPoint v. 2016 para el diseño de presentaciones.

7. Resultados

7.1 Características de las defunciones por influenza y neumonía en niños menores de cinco años

Durante el periodo de estudio, 2008 a 2015, en Medellín se presentaron 235 muertes en menores de cinco años por influenza y neumonía, en su mayoría hombres (57%) y donde el 50% tenían máximo cinco meses de edad. En promedio por año se presentaron 29 muertes (DE=11,1 muertes), fue en el año 2009 en el que se observó mayor concentración (22,1%, 35,6 ‰² habitantes); en contraste con el año 2013 donde se presentó la menor frecuencia (8,1%, 13,0 ‰² habitantes). **(Tabla 2, Figura 3)**

Tabla 2. Frecuencias de las muertes y tasas de mortalidad por influenza y neumonía en niños menores de cinco años de edad según sexo y año. Medellín, periodo 2008 a 2015³.

Año	Sexo						Total		
	Hombre			Mujer			Muertes	%	Tasa*
	Muertes	%	Tasa*	Muertes	%	Tasa*			
2008	25	62,5	33,5	15	37,5	21,0	40	17,0	27,4
2009	32	61,5	42,9	20	38,5	28,0	52	22,1	35,6
2010	11	47,8	14,7	12	52,2	16,8	23	9,8	15,7
2011	17	65,4	22,7	9	34,6	12,7	26	11,1	17,8
2012	14	50,0	18,7	14	50,0	19,6	28	11,9	19,2
2013	11	57,9	14,7	8	42,1	11,2	19	8,1	13,0
2014	12	57,1	16,1	9	42,9	12,6	21	8,9	14,4
2015	12	46,2	16,1	14	53,8	19,6	26	11,1	17,8
Total**	134	57,0	17,4	101	43,0	18,1	235	100	17,7

*Tasa por 100.000 Habitantes

La tasa de mortalidad promedio fue de 20 ‰² (DE=7,6 ‰²), mayor para mujeres (18,1 ‰² vs 17,4 ‰² de los hombres). Las tasas de mortalidad fueron inestables, con tendencia a disminución de 35 a aproximadamente 17 casos por cada 100.000 habitantes entre los años 2009 a 2015. Se observó un importante incremento de la mortalidad para los hombres para el año 2009 (42,9 ‰² vs 28,0 ‰²). **(Figura 3)**

² La expresión ‰² significa por cada cien mil habitantes.

³ ** Mediana de los totales por año.

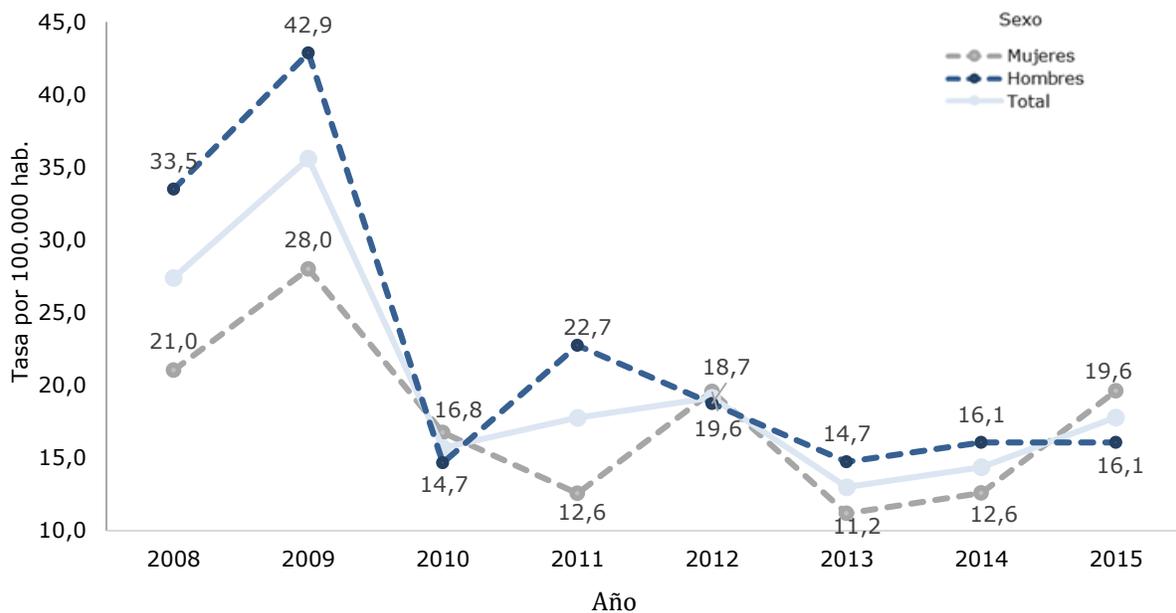


Figura 3. Tendencia de la tasa de mortalidad en niños menores de cinco años de edad por influenza y neumonía según sexo y año. Medellín, 2008 a 2015.

En la figura 4, se observa un mayor volumen de muertes por influenza y neumonía ocurridas en el rango de edad de 1 a 5 meses (45,1%), de igual modo, en esa misma franja de edad el número de defunciones fue 1,4 veces en los hombres que en las mujeres. Se observó, además, que las muertes por el evento en cuestión de los niños menores de un mes fueron los menos frecuentes con un 4,3%. (**Tabla 3, Figura 4**)

Tabla 3. Frecuencias de las muertes por influenza y neumonía en los menores de cinco años según grupo de edad y sexo. Medellín, 2008 a 2015.

Grupo de edad en Meses	Sexo						Total		
	Hombre			Mujer			n	%	% Acumulado
	n	%	% Acumulado	n	%	% Acumulado			
< 1 mes	6	4,5	4,5	4	4	4	10	4,3	4,3
1 a 5 meses	62	46,3	50,8	44	43,6	47,6	106	45,1	49,4
6 a 11 meses	26	19,4	70,2	20	19,8	67,4	46	19,6	69
12 meses	17	12,7	82,9	18	17,8	85,2	35	14,9	83,9
> 12 meses	23	17,2	100	15	14,9	100	38	16,2	100
Total	134	100		101	100		235	100	

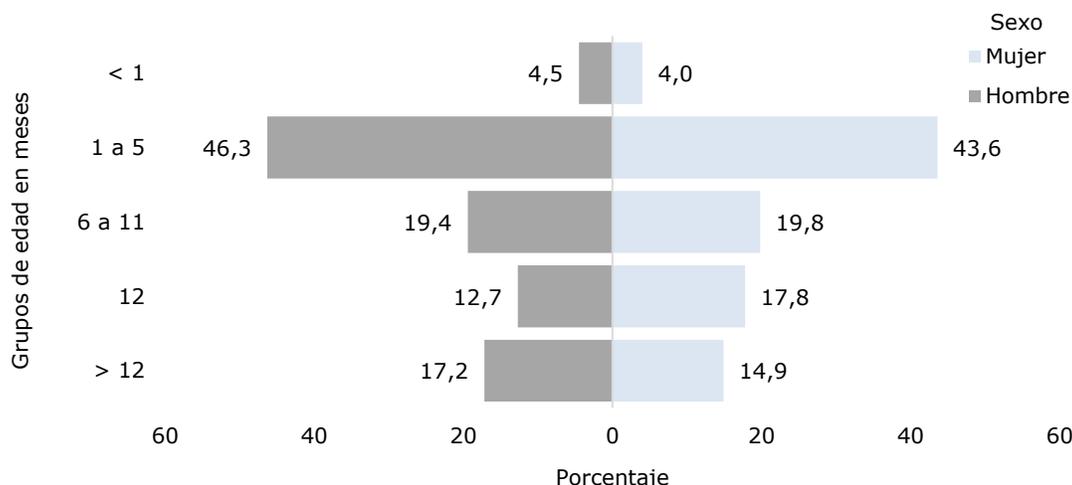


Figura 4. Distribución porcentual de las defunciones por influenza y neumonía en niños menores de cinco años por grupos de edad y sexo. Medellín, 2008 a 2015.

Se observó un marcado predominio de defunciones ocurridas en la cabecera municipal, en una relación de aproximadamente 5 a 1 con respecto al rural disperso. De los 235 niños fallecidos por el evento en cuestión, el 40,9% estaban adscritos al régimen subsidiado. Por cada niño menor de cinco años que murió en su casa/domicilio, 4 niños fallecieron en un hospital o clínica de la ciudad de Medellín. El 45,1% de los hechos fueron registrados en instituciones públicas de la ciudad, el 16,6% de los niños residían en área rural disperso, los niños de raza indígena prevalecieron (6,8%) y 1 de cada 5 niños fallecidos no recibieron asistencia médica. (**Tabla 4**)

Tabla 4. Frecuencias de las defunciones por influenza y neumonía según variables sociodemográficas. Medellín, 2008 a 2015.

Factor (n=235)	Categoría	n	%	IC (95% del porcentaje)	
				LI%	LS%
Área de Residencia	Cabecera Municipal	179	76,2	70,2	81,7
	Centro poblado	8	3,4	1,3	6,0
	Rural disperso	39	16,6	11,9	22,1
	Sin información	9	3,8	1,7	6,4
Área de la defunción	Cabecera Municipal	233	99,1	97,9	100
	Rural disperso	2	0,9	0	2,1
Sitio donde ocurrió la defunción	Hospital / Clínica	186	79,1	73,6	84,3
	Casa / Domicilio	44	18,7	14	23,8
	Vía pública	2	0,9	0	2,1
	Sin información	3	1,3	0	3
Expedición certificado de defunción	Médico tratante	145	61,7	55,3	68,1
	Médico no tratante	29	12,3	8,5	16,6
	Médico Legista	61	26,0	20,4	31,9

Asistencia Médica	Si	193	82,1	77,4	86,8
	No	37	15,7	11,5	20,4
	Sin información	5	2,1	0,4	3,8
Seguridad social	Contributivo	70	29,8	23,8	35,7
	Subsidiado	96	40,9	34,5	47,2
	Excepción	3	1,3	0	3
	Especial	1	0,4	0	1,7
	No asegurado	45	19,1	14,5	24,7
	Sin información	20	8,5	5,1	12,3
Etnia	Indígena	16	6,8	3,8	10,2
	Negro(a), mulato(a), afrocolombiano(a) o afrodescendiente	8	3,4	1,3	6
	Gitano	3	1,3	0	2,6
	Sin información	17	7,2	4,3	10,6
	Ninguno de los anteriores	191	81,3	76,6	86,8
Naturaleza jurídica de la IPS	Pública	106	45,1	39,1	51,1
	Privada	80	34	27,7	40,4
	Sin información	46	20,9	15,7	26,4

Se conoció que el 98,7% de los menores de cinco años fallecieron por neumonía, con mayor aporte de los hombres. La influenza no presentó una tendencia clara según rango de edad, mientras que la neumonía tuvo mayor presentación en el rango de 1 a 5 meses de edad. El 70,2% de los casos de muerte fueron determinados a través de la historia clínica del niño, seguido del procedimiento de necropsia y pruebas de laboratorio con un 28,1% vs 8,9%, respectivamente. (**Tabla 5**)

Tabla 5. Frecuencias de las defunciones de niños menores de cinco años según evento centinela y sexo. Medellín, periodo 2008 a 2015.

Evento	Sexo				Total	
	Hombre		Mujer		n	%
	n	%	n	%		
Neumonía	132	98,5	100	99,0	232	98,7
Influenza	2	1,5	1	1,0	3	1,3
Total	134	100	101	100	235	100

El promedio por año de la tasa de mortalidad por neumonía para el periodo de estudio fue de 19,8 por cada cien mil habitantes (DE=7,7). La tasa de mortalidad por esta causa presentó un descenso del año 2009 al 2010, aproximadamente en 20 casos por cada cien mil habitantes; desde este último año se presentó un comportamiento estable hasta el año 2015.

La tasa de mortalidad por influenza para el año 2008 fue de 2 por cada cien mil habitantes, para el resto de años no se presentó ninguna defunción en la población objeto de estudio. **(Figura 5)**

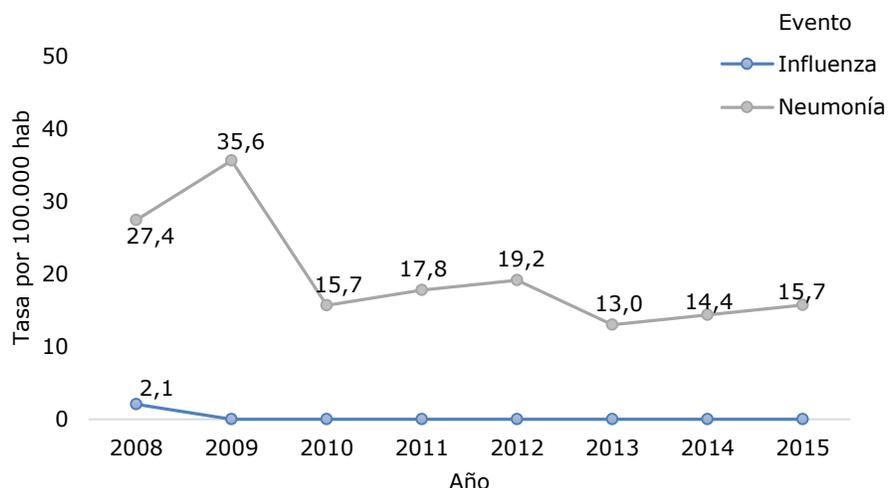


Figura 5. Tendencia de la tasa de mortalidad por influenza y neumonía en menores de cinco años de edad por año. Medellín, 2008 a 2015.

Se destacó que en el 86,2% de las defunciones reportadas por neumonía no fueron registradas a causa de un organismo especificado, mientras que un 9,5% de las defunciones por esta categoría fueron a causa de neumonía bacteriana no clasificada en otra parte. **(Tabla 6)**

Tabla 6. Distribución porcentual de defunciones por categoría y subcategorías de la influenza y neumonía en niños menores de cinco años en la ciudad de Medellín, periodo 2008 a 2015.

Categoría	Subcategoría	N	%
Influenza	Influenza debida a virus de la influenza identificado	1	33,3
	Influenza debida a virus no identificado	2	66,7
	Total	3	100
Neumonía	Neumonía bacteriana, no clasificada en otra parte	22	9,5
	Neumonía viral, no clasificada en otra parte	10	4,3
	Neumonía, organismo no especificado	200	86,2
	Total	232	100

Tendencia y estacionalidad de la serie de muertes por influenza y neumonía

La serie de casos de las defunciones por influenza y neumonía para la población menor de cinco años en la ciudad de Medellín presentó un comportamiento inestable en el tiempo, aunque con fluctuaciones importantes entre el periodo de análisis. La serie no presentó tendencia, aunque se destacó un importante número de casos presentados en el mes de abril del año 2009 (9 casos). La media de casos por mes fue de 2 (DE=1,7 casos). (**Figura 6**)

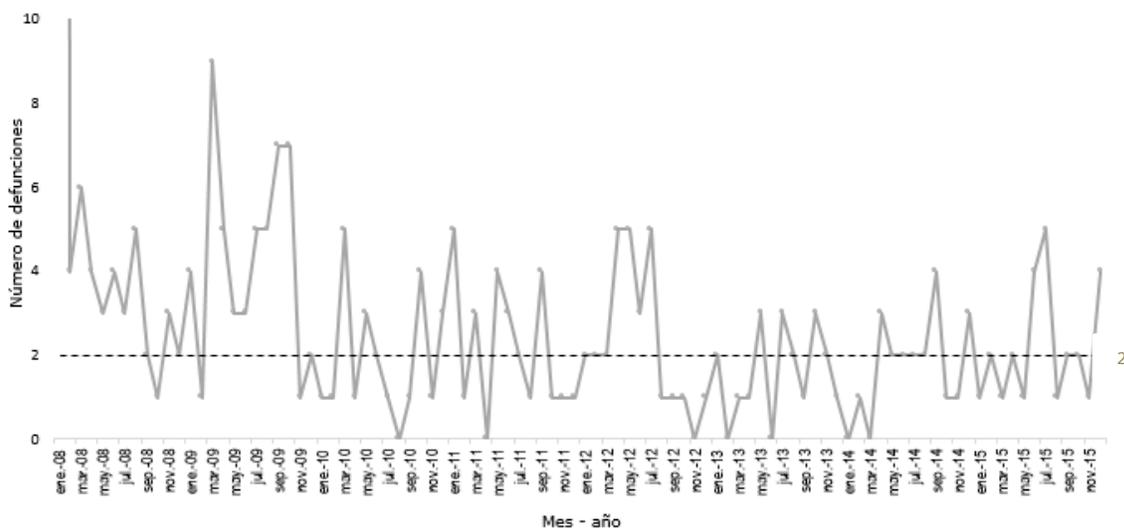


Figura 6. Número mensual de defunciones por influenza y neumonía en niños menores de cinco años. Medellín, 2008 a 2015.

Se comprobó la estacionalidad de la serie de casos previo cálculo de los índices estacionales. Se observó que el número de casos reportados entre los años 2008 a 2015 mostraron un comportamiento repetitivo, es decir, con importantes volúmenes de casos en los meses de mayo, junio, julio y septiembre por encima de los demás meses. Por ejemplo, en mayo el número de defunciones por influenza y neumonía fue del 49% por encima del promedio; en julio dicho incremento fue 39%. Por el contrario, en los meses de febrero y noviembre se presentaron la menor cantidad de casos. (**Tabla 7**)

Tabla 7. Índices estacionales de la serie completa de casos de las defunciones por influenza y neumonía en menores de cinco años. Medellín, 2008 a 2015.

Estacionalidad	
Período (mes)	Índices estacionales (%)
Enero	87,0
Febrero	49,8
Marzo	106,8
Abril	105,5
Mayo	148,8
Junio	114,7
Julio	138,8
Agosto	95,5
Septiembre	111,8
Octubre	108,0
Noviembre	53,1
Diciembre	79,5

7.2 Características de la morbilidad por influenza y neumonía en niños menores de cinco años

Durante el periodo de estudio, 2008 a 2015, en Medellín se registraron 37.969 atenciones en niños menores de cinco años por influenza y neumonía, distribuidas en los servicios de hospitalización, consulta externa y urgencias. Los hombres registraron el mayor número de consultas 54% (20.510). La media de casos diarios de morbilidad para el periodo de estudio fue de 13 enfermos (DE=8,4 enfermos). La distribución de la morbilidad por influenza y neumonía reflejó un importante aumento entre el periodo 2010 a 2014; fue el año 2013, en el que se observó la mayor frecuencia 16% (6.072), mientras que en el año 2009 fue el que menor número de eventos, el 6,3% del total frente a los otros periodos. (**Tabla 8**)

Tabla 8. Frecuencias por influenza y neumonía en niños menores de cinco años de edad según sexo y año. Medellín, periodo 2008 a 2015.

Año	Sexo				Total	
	Hombre		Mujer		n	%
	n	%	n	%		
2008	1700	54,8	1404	45,2	3104	8,2
2009	1304	54,3	1099	45,7	2403	6,3
2010	2432	54,8	2006	45,2	4438	11,7
2011	3096	53,9	2652	46,1	5748	15,1
2012	3089	54,2	2609	45,8	5698	15,0
2013	3302	54,4	2770	45,6	6072	16,0
2014	3006	53,0	2663	47,0	5669	14,9
2015	2581	53,4	2256	46,6	4837	12,7
Total	20510	54,0	17459	46,0	37969	100

El promedio de casos para el periodo 2008 a 2015 fue de 4.746 enfermos (DE=1352,7 enfermos) observándose una importante disminución de estos en el año 2015, en aproximadamente 2 puntos porcentuales con respecto al año anterior. Además, se concluyó la existencia de promedios diferentes en todos los años al comparar las medias de los casos para el periodo evaluado. **(Figura 7)**



Figura 7. Tendencia de la media de casos diarios por influenza y neumonía en niños menores de cinco años de edad según sexo y año. Medellín, 2008 a 2015.

En la tabla 9, se observa una marcada variabilidad de frecuencias en los casos reportados por influenza y neumonía entre los días lunes a viernes. El domingo es el día en que menos casos se reportaron por el evento en cuestión (8,8%).

Tabla 9. Frecuencias de los casos de influenza y neumonía en niños menores de cinco años de edad según día festivo, día feriado y día de la semana. Medellín, periodo 2008 a 2015.

Factor (n=37.969)	Categoría	Casos de influenza y neumonía		IC (95% del porcentaje)	
		n	%	LI%	LS%
Día Festivo	No	36768	96,8	96,7	97,0
	Si	1201	3,2	3,0	3,3
Día Feriado	No	37276	98,2	98,0	98,3
	Si	693	1,8	1,7	2,0
Día de la semana	Domingo	3324	8,8	8,5	9,1
	Lunes	5845	15,4	15,0	15,7
	Martes	6429	16,9	16,6	17,3
	Miércoles	6542	17,2	16,8	17,6
	Jueves	5914	15,6	15,2	15,9
	Viernes	5794	15,3	14,9	15,6
	Sábado	4121	10,9	10,5	11,1

La serie de casos de morbilidad por influenza y neumonía en niños menores de cinco años de edad en la ciudad de Medellín del año 2008 a 2015 presentó un comportamiento inestable en el tiempo con fluctuaciones considerables, donde el promedio de casos por mes fue 396 casos (DE=195,8). En el mes de marzo el número de casos por influenza y neumonía fue aproximadamente del 69%; en abril dicho incremento fue del 53% mientras que el volumen de casos en el mes de mayo fue del 45%. Octubre es el mes que menos casos de influenza y neumonía reportó, en una relación de aproximadamente 1 a 3 con respecto al mes de marzo. (**Figura 8, Tabla 10**)

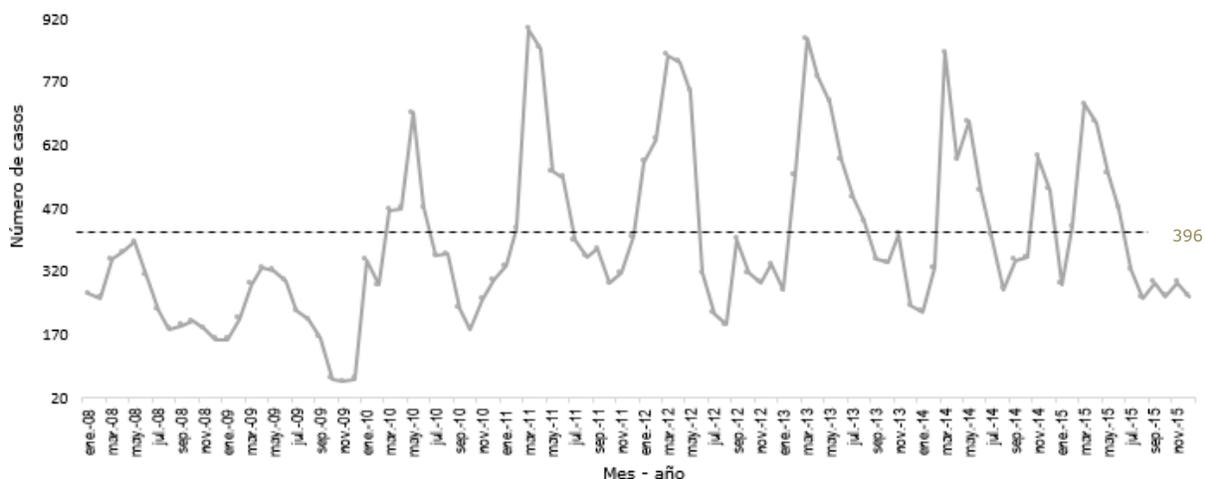


Figura 8. Número mensual de casos por Influenza y Neumonía en niños menores de cinco años. Medellín, 2008 a 2015.

Tabla 10. Índices estacionales de la serie completa de casos de morbilidad por influenza y neumonía en menores de cinco años. Medellín, 2008 a 2015.

Estacionalidad	
Período (mes)	Índices estacionales (%)
Enero	76,1
Febrero	97,2
Marzo	168,6
Abril	152,5
Mayo	145,0
Junio	117,7
Julio	88,8
Agosto	77,6
Septiembre	73,8
Octubre	63,6
Noviembre	70,3
Diciembre	68,7

7.3 Características de las variables ambientales y meteorológicas

Respecto a los contaminantes PM_{2.5} y PM₁₀ en $\mu\text{g}/\text{m}^3$, el promedio diario (por día) para el periodo de estudio fue de $35,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (DE= $8,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$) y $69,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (DE= $13,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$) respectivamente. En relación a los días de la semana, fue el día domingo el que registró el menor promedio de concentración de material particulado, PM_{2.5} y PM₁₀ y la mayor concentración ocurrió el día viernes. Se encontraron diferencias significativas en los promedios de las variables climatológicas según el año de estudio, caso contrario a lo que se observó con los días de la semana. La media de casos disminuyó cuando los días eran festivos o feriados y en cuanto a la presentación de algún brote de influenza, los promedios de PM_{2.5}, y PM₁₀, de precipitación y de la humedad relativa fueron mayores cuando el brote no se había reportado, en contraste con los promedios del número de casos, de la temperatura y de la concentración de ozono, en $\mu\text{g}/\text{m}^3$, que fueron menores en los días con manifestación de algún brote de influenza. (**Tabla 11**)

Tabla 11. Indicadores resumen del número de casos diarios de morbilidad por influenza y neumonía y variables ambientales y meteorológicas, según año, día de la semana, festivo, feriado y si hubo brote de influenza. Medellín, 2008 a 2015.

Variables	Casos	PM _{2.5} $\mu\text{g}/\text{m}^3$	PM ₁₀ $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Ozono $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Precipitación (mm)	Humedad relativa (%)	Temperatura (°C)	
Año								
2008	Media	8,0	37,8	82,1	-	7,0	70,0	22,0
	D.E	4,0	10,1	16	-	10,2	8,0	1,4
2009	Media	7,0	32,5	72,8	72,7	4,0	65,0	23,0
	D.E	4,0	8,0	10,6	18,5	7,4	9,0	1,5

Variables		Casos	PM _{2.5} µg/m ³	PM ₁₀ µg/m ³	Ozono µg/m ³	Precipitación (mm)	Humedad relativa (%)	Temperatura (°C)
2010	Media	12,0	31,1	72,3	66,1	6,1	66,0	22,9
	D.E	7,0	6,2	12,2	22,5	9,1	8,0	1,8
2011	Media	16,0	33,1	70,5	50,7	6,8	66,0	22,3
	D.E	9,0	5,2	8,4	18,0	10,8	9,0	1,5
2012	Media	16,0	31,4	67,0	57,4	3,9	61,0	22,9
	D.E	10,0	6,0	10,7	18,4	7,2	9,0	1,4
2013	Media	17,0	35,5	64,0	79,8	4,5	63,0	23,1
	D.E	9,0	7,3	12,9	20,0	8,3	8,0	1,4
2014	Media	16,0	38,5	66,6	73,4	4,1	63,0	23,2
	D.E	9,0	8,7	15,0	19,2	8,0	9,0	1,5
2015	Media	13,0	40,5	65,9	70,8	3,3	60,0	23,9
	D.E	8,0	10,2	14,0	19,5	7,2	10,0	1,6
<i>Valor p</i>		0,00	0,00	0,00	0,0	0,00	0,00	0,00

Día de la semana

Domingo	Media	8,0	30,9	61,9	66,5	5,5	64,0	23,0
	D.E	5,0	7,7	13,7	20,0	10,0	9,0	1,6
Lunes	Media	14,0	33,1	66,7	65,1	4,9	64,0	22,9
	D.E	9,0	7,9	12,9	19,8	8,2	9,0	1,6
Martes	Media	15,0	35,5	70,7	67,2	5,1	64,0	22,8
	D.E	9,0	8,2	11,1	21,2	8,7	9,0	1,5
Miércoles	Media	16,0	35,8	71,8	66,6	5,3	64,0	23,0
	D.E	9,0	8,4	13,0	22,5	9,2	9,0	1,6
Jueves	Media	14,0	36,5	73,0	67,3	4,8	65,0	22,9
	D.E	8,0	8,3	12,9	22,8	8,5	10,0	1,6
Viernes	Media	14,0	36,9	73,5	68,2	4,6	64,0	22,9
	D.E	8,0	8,5	13,5	21,9	8,0	9,0	1,6
Sábado	Media	10,0	36,1	70,8	69,8	4,6	64,0	22,9
	D.E	6,0	8,7	13,8	22,5	8,2	9,0	1,6
<i>Valor p</i>		0,00	0,00	0,00	0,20	0,98	0,88	0,91

Día festivo

No	Media	13,0	35,2	70,3	67,4	5,0	64,0	22,9
	D.E	8,0	8,5	13,4	21,7	8,8	9,0	1,6
Si	Media	9,0	29,5	58,0	64,7	4,0	64,0	23,0
	D.E	6,0	6,4	11,8	19,8	7,6	9,0	1,5
<i>Valor p</i>		0,00	0,00	0,00	0,20	0,14	0,53	0,44

Día feriado

Variables		Casos	PM _{2.5} µg/m ³	PM ₁₀ µg/m ³	Ozono µg/m ³	Precipitación (mm)	Humedad relativa (%)	Temperatura (°C)
No	Media	13,0	35,1	69,9	67,3	5,0	64,0	22,9
	D.E	8,0	8,6	13,6	21,6	8,8	9,0	1,6
Si	Media	9,0	31,7	64,1	65,6	3,0	58,0	23,9
	D.E	5,0	5	10,3	21,3	5,5	9,0	1,5
Valor p		0,00	0,00	0,00	0,37	0,09	0,00	0,00
Día con brote de influenza								
No	Media	15,0	36,6	66,2	70,3	4,1	62,0	23,2
	D.E	9,0	8,5	13,3	21,2	7,7	9,0	1,5
Si	Media	16,0	35,8	63,8	70,8	3,4	60,0	23,7
	D.E	8,0	10,8	12,9	19,1	7,7	9,0	1,4
Valor p		0,24	0,00	0,00	0,49	0,00	0,00	0,00
Total	Media	13,0	35,0	69,8	67,2	5,0	64,2	22,9
	D.E	8,3	8,5	13,6	21,6	8,7	9,2	1,6

El número de casos por influenza y neumonía disminuyó cuando los días eran feriados, festivos y no se había presentado brote alguno, con diferencias estadísticas ($p=0,00$ en todos los casos, Prueba U de Mann Whitney). (**Figura 9**)

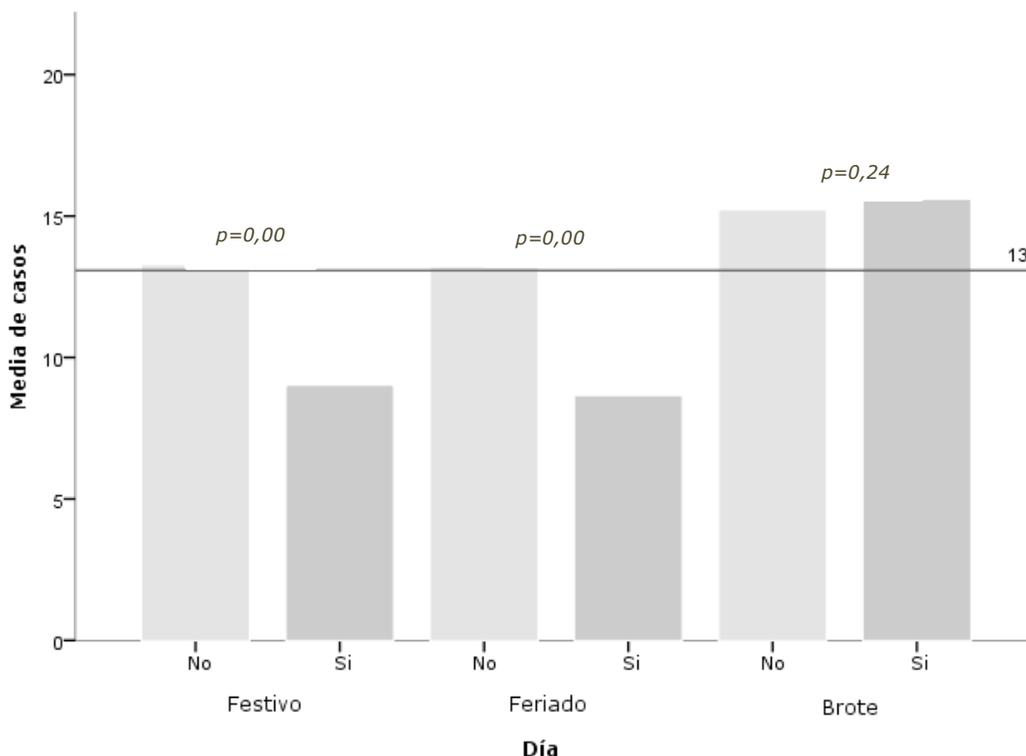


Figura 9. Número promedio de casos de influenza y neumonía según si el día era festivo, feriado y si se había presentado algún brote. Medellín, 2008 a 2015.

Cuando se cotejaron el número de casos de influenza y neumonía con las covariables climáticas y ambientales, se observó que a medida que aumentaba la temperatura de la ciudad crecía el número de atenciones de salud por influenza y neumonía con correlación significativa, situación ídem a la presentada con PM_{2.5}. La humedad relativa, el ozono, el PM₁₀ y la precipitación no se correlacionaron significativamente ($p > 0,05$) con el número de casos del evento de interés. Se encontró correlación significativa entre la humedad relativa y las demás variables ambientales y meteorológicas, las demás covariables PM₁₀, PM_{2.5} y precipitación presentaron correlación inversa significativa con la temperatura, es decir, a medida que aumenta esta, la precipitación y las concentraciones de material particulado disminuyen. (**Tabla 12**)

Tabla 12. Valor p y coeficiente de correlación Rho de Spearman entre las variables de estudio.

	Humedad relativa	Ozono	PM ₁₀	PM _{2.5}	Precipitación	Temperatura
Casos	-0,03 p=0,08	0,01 p=0,76	0,03 p=0,17	0,08 p=0,00	0,02 p=0,35	0,04 p=0,02
Humedad relativa		-0,07 p=0,00	0,23 p=0,00	0,07 p=0,00	0,55 p=0,00	-0,88 p=0,00
Ozono			0,00 p=0,98	0,17 p=0,00	-0,07 p=0,00	0,11 p=0,00
PM ₁₀				0,45 p=0,00	0,13 p=0,00	-0,2 p=0,00
PM _{2.5}					0,01 p=0,79	-0,05 p=0,00
Precipitación						-0,49 p=0,00

7.4 Modelos Aditivos Generalizados (GAM) simples para los casos diarios de morbilidad por influenza y neumonía

Para explorar los efectos adversos en salud de los episodios climáticos y ambientales se construyeron Modelos Aditivos Generalizados (GAM, por sus iniciales en inglés) simples de Poisson dado que el desenlace de interés es un variable discreta, número de enfermos diarios por influenza y neumonía en menores de cinco años. El efecto de interés se estimó en términos de las variaciones porcentuales en la oportunidad de enfermarse asociadas a un incremento de 1 °C de la temperatura, como variable climática de interés.

Con respecto al año 2008, excepto para el año 2009, se presentaron incrementos significativos del número de casos diarios de influenza y neumonía en los demás años, siendo más acusado en el año 2013, con el 96,1%. Para el año 2009, el número de casos disminuyó en un 18,8% con respecto al año 2008.

Se encontró un efecto significativo del día de la semana sobre el número de casos de influenza y neumonía siendo más marcado en los días martes y miércoles con incrementos del 90,1 y 93,0% del número de casos diarios con respecto al día domingo. Nótese que los casos diarios aumentaron significativamente cuando el día no es festivo ni feriado, en aproximadamente un 47% y 52%, en ese orden. (**Tabla 13**)

Tabla 13. Indicadores de asociación de los Modelos Aditivos Generalizados simples de los casos diarios de morbilidad por influenza y neumonía según variables de tiempo. Medellín, 2008 a 2015.

Modelo explicativo	Coef.	Error estándar	p	e ^β	IC (95% e ^β)		%e ^β	AIC*
Año								
2008**	1							
2009	-0,208	0,02	1,72e ⁻¹⁴	0,81	0,79	0,85	-18,8	24037
2010	0,362	0,02	<2e ⁻¹⁶	1,43	1,37	1,49	43,7	
2011	0,618	0,02	<2e ⁻¹⁶	1,85	1,78	1,93	86,6	
2012	0,610	0,02	<2e ⁻¹⁶	1,84	1,77	1,91	84,0	
2013	0,673	0,02	<2e ⁻¹⁶	1,96	1,88	2,04	96,1	
2014	0,607	0,02	<2e ⁻¹⁶	1,83	1,77	1,91	83,6	
2015	0,449	0,02	<2e ⁻¹⁶	1,56	1,51	1,63	56,6	
Día de la semana								
Domingo**	1							
Lunes	0,552	0,02	<2e ⁻¹⁶	1,73	1,67	1,81	73,7	25108
Martes	0,642	0,02	<2e ⁻¹⁶	1,90	1,83	1,98	90,1	
Miércoles	0,657	0,02	<2e ⁻¹⁶	1,93	1,85	2,01	93,0	
Jueves	0,556	0,02	<2e ⁻¹⁶	1,74	1,68	1,81	74,5	
Viernes	0,545	0,02	<2e ⁻¹⁶	1,72	1,66	1,79	72,6	
Sábado	0,197	0,02	<2e ⁻¹⁶	1,21	1,17	1,27	21,8	

Día festivo								
Sj**	1							
No	0,385	0,02	<2e ⁻¹⁶	1,46	1,41	1,53	46,9	26612
Día feriado								
Sj**	1							
No	0,421	0,03	<2e ⁻¹⁶	1,52	1,44	1,62	52,3	26669

* Criterio de información de Akaike.

** Categoría de referencia.

Tal como lo reporta la literatura, las variables climáticas y ambientales, excepto la temperatura, se suavizaron dado su comportamiento no lineal. Los valores de los términos de suavizamiento de las variables PM₁₀, PM_{2.5}, O₃, y humedad relativa tuvieron un efecto significativo lo que corrobora la pertinencia de la utilización de la técnica, es decir, los edf (effective degrees of freedom) para las covariables que resultaron significativas reflejaron valores que se ajustan a modelos diferentes de una línea recta, indicando la complejidad de las curvas. Se concluye que las covariables ingresarán al modelo múltiple con efectos no lineales. **(Tabla 14, Figura 10)**

Tabla 14. Valoración de los términos de suavizamiento y estadísticos de cada covariable en los Modelos Aditivos Generalizados simples de los casos diarios de morbilidad por influenza y neumonía. Medellín, 2008 a 2015.

Variables suavizadas (s)	Ref df	edf	Chi-Square	P	AIC*
s (PM ₁₀)	7,319	6,079	88,01	7,15e ⁻¹⁶	26147
s (PM _{2.5})	8,461	7,516	351,3	<2e ⁻¹⁶	25852
s (O ₃)	8,917	8,452	96,65	<2e ⁻¹⁶	23753
s (Precipitación)	2,853	2,26	5,454	0,121	26797
s (Humedad relativa)	8,024	7,092	84,45	6,26e ⁻¹⁵	25951

* Criterio de información de Akaike.

En la figura 10, se ilustra los efectos de las covariables para la ocurrencia de casos de influenza y neumonía. La precipitación presentó un efecto prácticamente lineal y decreciente, en contraste con la variable PM_{2.5} que presentó un efecto creciente a lo largo de toda la función, más acusado en concentraciones altas de partículas en suspensión de menos de 2,5 µg/m³, indicando que, a mayor concentración de partículas en suspensión, mayor reporte de casos de influenza y neumonía se presentaron en la ciudad. El porcentaje de humedad relativa presentó un comportamiento fluctuante frente al número de casos del evento centinela y el ozono reflejó una tendencia creciente con el número de casos cuando se presentaron exposiciones a concentraciones mayores a 80 µg/m³.

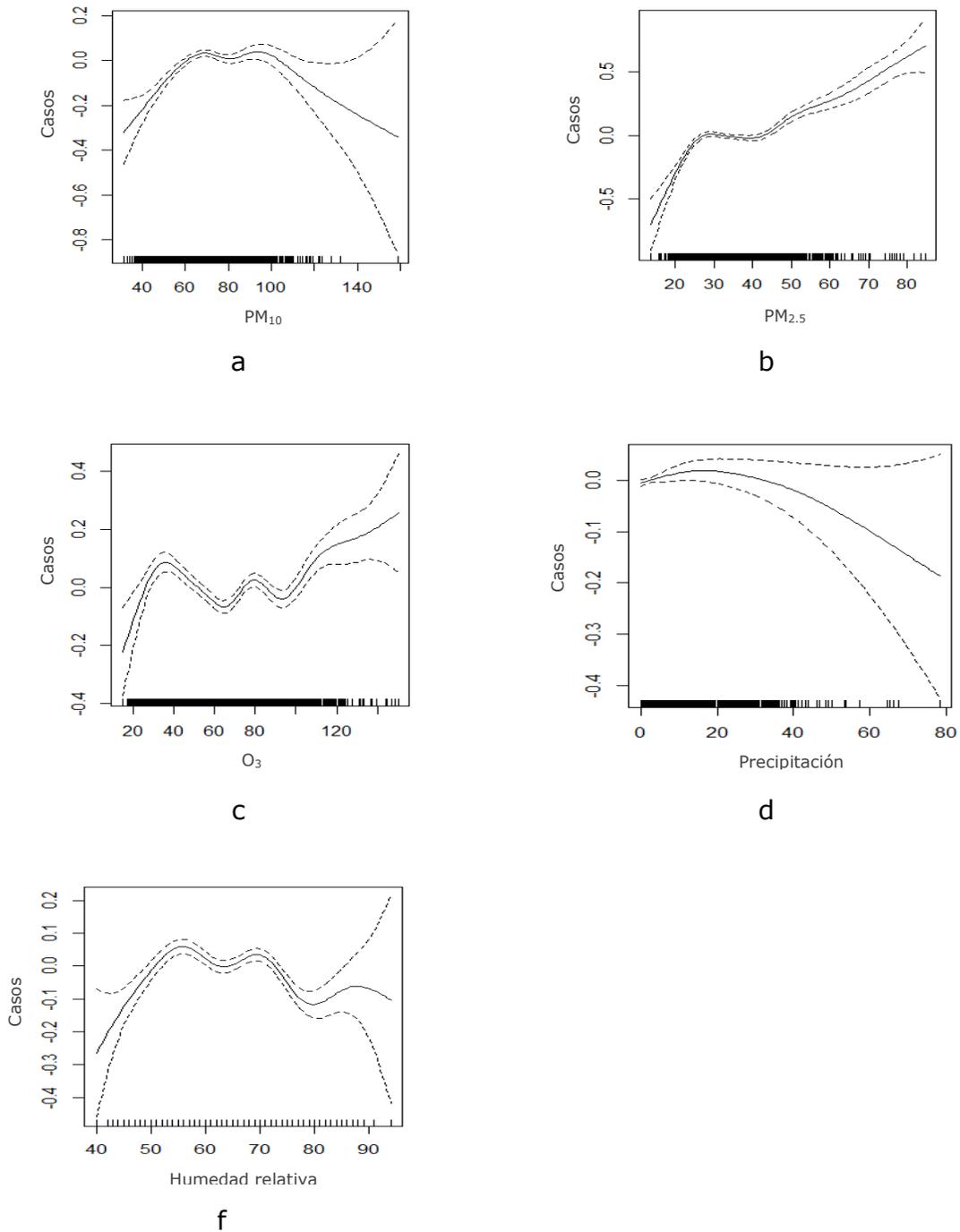


Figura 10. Tendencia de las variables climatológicas y ambientales suavizadas en los Modelos Aditivos Generalizados simples. Medellín, 2008 a 2015.

Por cada incremento de un grado centígrado de la temperatura en el momento en el que se dio la exposición, se incrementó la oportunidad de adquirir influenza y neumonía en un 0,99%. Al estimar la asociación con la técnica de rezagos acumulados, el rezago de 0 a 3 días presentó mayor porcentaje de incremento en la oportunidad de adquirir la enfermedad (1,2%). Por el contrario, 6 y 15 días después a partir del momento en que se da la exposición se presenta menor riesgo de adquirir influenza y neumonía (1,2 vs 1,0). (**Tabla 15**)

Tabla 15. Indicadores de asociación de los casos diarios de influenza y neumonía en los Modelos Aditivos Generalizados simples según rezagos de la temperatura. Medellín, 2008 a 2015.

Modelo explicativo	Coef.	Error estándar	p	e ^β	IC (95% e ^β)	%e ^β
Rezago de temperatura de 0:0						
Día 0	0,009	0,00	0,001	1,00	1,00 1,01	0,9
Rezago de temperatura de 0:3						
Día 0	0,004	0,00	0,231	1,00	0,99 1,01	0,5
Día 1	0,008	0,00	0,078	1,00	0,99 1,01	0,8
Día 2	0,000	0,00	0,908	1,00	0,99 1,00	0,0
Día 3	-0,001	0,00	0,698	0,99	0,99 1,00	-0,1
Día (0:3)	0,012	0,00	-----	1,01	0,99 1,03	1,2
Rezago de temperatura de 0:7						
Día 0	0,005	0,00	0,155	1,00	0,99 1,01	0,5
Día 1	0,008	0,00	0,066	1,00	0,99 1,01	0,8
Día 2	0,000	0,00	0,913	1,00	0,99 1,00	0,0
Día 3	-0,003	0,00	0,455	0,99	0,98 1,00	-0,3
Día 4	0,006	0,00	0,154	1,00	0,99 1,01	0,6
Día 5	0,007	0,00	0,093	1,00	0,99 1,01	0,7
Día 6	-0,012	0,00	0,009	0,98	0,97 0,99	-1,2
Día 7	-0,005	0,00	0,157	0,99	0,98 1,00	-0,5
Día (0:7)	0,008	0,00	-----	1,00	0,96 1,05	0,8
Rezago de temperatura de 0:15						
Día 0	0,006	0,00	0,101	1,00	0,99 1,01	0,6
Día 1	0,009	0,00	0,053	1,00	0,99 1,01	0,9
Día 2	0,001	0,00	0,778	1,00	0,99 1,01	0,1
Día 3	-0,003	0,00	0,501	0,99	0,98 1,00	-0,3
Día 4	0,008	0,00	0,091	1,00	0,99 1,01	0,8
Día 5	0,008	0,00	0,070	1,00	0,99 1,01	0,8
Día 6	-0,012	0,00	0,010	0,98	0,97 0,99	-1,2
Día 7	-0,004	0,00	0,384	0,99	0,98 1,00	-0,4
Día 8	0,004	0,00	0,328	1,00	0,99 1,01	0,4
Día 9	-0,000	0,00	0,892	0,99	0,99 1,00	-0,0
Día 10	-0,009	0,00	0,051	0,99	0,98 1,00	-0,9
Día 11	0,005	0,00	0,261	1,00	0,99 1,01	0,5
Día 12	0,005	0,00	0,291	1,00	0,99 1,01	0,5
Día 13	-0,006	0,00	0,182	0,99	0,98 1,00	-0,6
Día 14	-0,003	0,00	0,403	0,99	0,98 1,00	-0,3
Día 15	-0,010	0,00	0,016	0,98	0,98 0,99	-1,0
Día (0:15)	-0,000	0,00	-----	0,99	0,94 1,06	-0,0

7.4 Modelos Aditivos Generalizados múltiples para los casos diarios de morbilidad por influenza y neumonía

Después de obtener un panorama general de la morbilidad por influenza y neumonía, según cada variable meteorológica y ambiental, se expone a continuación la morbilidad dada por dicho evento ajustando los modelos de acuerdo al criterio de información de Akaike y contaminante criterio. La relación entre la morbilidad y la temperatura fue analizada teniendo en cuenta un incremento de 1°C de temperatura para así estimar en términos de variaciones porcentuales la oportunidad de enfermar según rezagos.

En la tabla 16, se observa como el PM_{2.5} es el contaminante que mejor ajuste proporciona al modelo al presentar los coeficientes de determinación (R²) más altos, explicando mayor variabilidad en los casos de influenza y neumonía en el rezago acumulado de 0 a 15 días (32,7%). Nótese como los porcentajes de incremento en la oportunidad de enfermar por el evento centinela fueron mayores en el rezago simple y mayor aun cuando es ajustado por el contaminante PM₁₀. Por el contrario, los modelos ajustados por ozono presentaron la menor variabilidad en los casos, evidenciándose un menor porcentaje de oportunidad de enfermar por el evento de interés en el rezago acumulado de 0 a 15 días. En el anexo N°3, N°4, N°5 y N°6 se puede observar cada uno de los modelos múltiples según contaminante criterio y rezagos distribuidos.

Tabla 16. Indicadores resumen de los rezagos acumulados en la oportunidad de enfermar por influenza y neumonía según contaminante criterio, asociado al incremento de 1°C de temperatura. Medellín, 2008 a 2015.

Contaminante criterio	Rezago de temperatura							
	0:0		0:3		0:7		0:15	
	%e ^β (IC)	R ²	%e ^β (IC)	R ²	%e ^β (IC)	R ²	%e ^β (IC)	R ²
PM _{2.5} *	8,0 (6,5 9,6)	32,5%	7,8 (-8,9 27,8)	32,4%	7,0 (-10,5 28,0)	32,5%	4,9 (-13,0 26,7)	32,7%
PM ₁₀ **	8,2 (6,6 9,8)	31,3%	8,0 (-9,0 28,3)	31,2%	7,1 (-10,6 28,4)	31,3%	5,1 (-13,0 27,2)	31,4%
O ₃ ***	8,1 (6,5 9,7)	28,5%	7,7 (-9,9 29,0)	28,4%	6,6 (-11,9 29,1)	28,5%	4,2 (-14,7 27,4)	28,8%

*Ajustado por año, día la semana, día festivo, día feriado, PM_{2.5} y humedad relativa; **Ajustado por año, día la semana, día festivo, día feriado, PM₁₀ y humedad relativa; ***Ajustado por año, día la semana, día festivo, día feriado, O₃ y humedad relativa.

Al ser el rezago simple el que mayor porcentaje de incremento en la oportunidad de enfermar por influenza y neumonía presentó al ajustarse con cada uno de los contaminantes criterio considerados en este análisis. A continuación, se procede a construir los tres Modelos Aditivos Generalizados múltiples seleccionados.

El GAM ajustado por las variables PM_{2.5}, humedad relativa, año, día de la semana, si el día era o no festivo y si era o no feriado explicó el 32,5% de la variación de los casos de influenza y neumonía en los niños menores de cinco años. Con respecto al año 2008 los casos por el evento centinela disminuyeron en un 12% para el año 2009, en contraste con los demás años donde los casos aumentaron significativamente, destacándose el año 2013 con el mayor incremento de casos con un 121,8% permaneciendo las demás variables constantes. Obsérvese como cada uno de los días de la semana tiene un efecto significativo sobre el número de casos de influenza y neumonía.

Con respecto al día domingo, los casos del evento centinela aumentaron los demás días de la semana, siendo los martes y miércoles los que mayor incremento de casos diarios presentaron con un 96,2 y 98,4% respectivamente, ajustado por las demás variables. Se evidenció significación estadística y un aumento en el número de casos diarios cuando los días no eran festivos en un 65,1% ni feriados en un 34,3% si las demás variables permanecían constantes.

El efecto del rezago simple da cuenta de un incremento del 8,0% en los casos diarios del evento centinela en los menores de cinco años, asociado al aumento de 1°C de la temperatura a partir del momento de la toma de la medición, ajustado por las variables año, día de la semana, PM_{2.5}, humedad relativa, si el día era o no festivo y si era o no feriado. **(Tabla 17)**

Tabla 17. Magnitud de la oportunidad de enfermar por influenza y neumonía, asociado al incremento de 1°C de temperatura en el rezago simple, ajustado por las concentraciones diarias de PM_{2.5}. Medellín, 2008 a 2015.

Modelo explicativo	Coef.	Error estándar	p	e ^β	IC (95% e ^β)		%e ^β
Año							
2008*	1						
2009	-0,128	0,03	3,70e ⁻⁰⁵	0,87	0,83	0,93	-12,0
2010	0,438	0,02	<2e ⁻¹⁶	1,55	1,49	1,61	55,0
2011	0,760	0,02	<2e ⁻¹⁶	2,13	2,06	2,22	113,8
2012	0,755	0,02	<2e ⁻¹⁶	2,12	2,05	2,21	112,8
2013	0,796	0,02	<2e ⁻¹⁶	2,21	2,13	2,31	121,8
2014	0,701	0,02	<2e ⁻¹⁶	2,01	1,94	2,10	101,7
2015	0,509	0,02	<2e ⁻¹⁶	1,66	1,60	1,73	66,4
Día de la semana							
Domingo*	1						
Lunes	0,648	0,02	<2e ⁻¹⁶	1,91	1,84	1,99	91,3
Martes	0,674	0,02	<2e ⁻¹⁶	1,96	1,89	2,04	96,2
Miércoles	0,685	0,02	<2e ⁻¹⁶	1,98	1,91	2,06	98,4
Jueves	0,596	0,02	<2e ⁻¹⁶	1,81	1,75	1,89	81,4
Viernes	0,577	0,02	<2e ⁻¹⁶	1,78	1,71	1,85	78,1
Sábado	0,211	0,02	<2e ⁻¹⁶	1,23	1,19	1,28	23,5

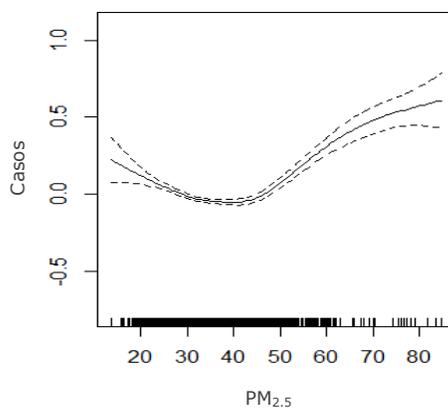
Día festivo							
Si*	1						
No	0,501	0.03	$<2e^{-16}$	1,65	1,56	1,75	65,1
Día feriado							
Si*	1						
No	0,295	0,03	$3,57e^{-14}$	1,34	1,27	1,42	34,3
Rezago de temperatura de 0:0							
Día 0	0,077	0,00	$<2e^{-16}$	1,08	1,06	1,09	8,0

* Categoría de referencia.

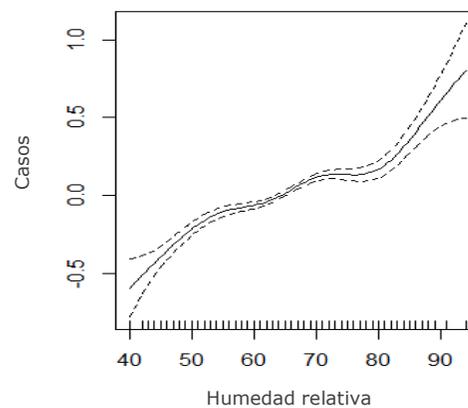
Los valores de los términos de suavizamiento y estadísticos de valoración del modelo tuvieron un efecto significativo. Los edf (effective degrees of freedom) para las covariables reflejaron valores que se ajustaron a modelos diferentes de una línea recta indicando la complejidad de las curvas, además el histograma de los residuales no mostró sobredispersión, pero si una leve tendencia a la asimetría positiva. El efecto de la humedad relativa frente al número de casos diarios por influenza y neumonía en menores de cinco años, cuando las demás variables permanecían constantes presentó un efecto creciente, a diferencia de lo observado cuando esta no estaba ajustada con las demás variables del modelo. El efecto de las concentraciones de $2,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en los casos registra un comportamiento igualmente creciente, más acusado en concentraciones mayores de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. (**Tabla 18, Figura 11**)

Tabla 18. Valoración de los términos de suavizamiento y estadísticos de cada covariable en el modelo múltiple, ajustado por las concentraciones diarias de $\text{PM}_{2.5}$. Medellín, 2008 a 2015.

Variables suavizadas (s)	Ref df	edf	Chi-Square	P
s ($\text{PM}_{2.5}$)	6,581	5,405	262,9	$<2e^{-16}$
s (Humedad relativa)	7,652	6,646	190,0	$<2e^{-16}$
R-sq. (adj) = 0,325				
Deviance explained = 36,6%				



a



b

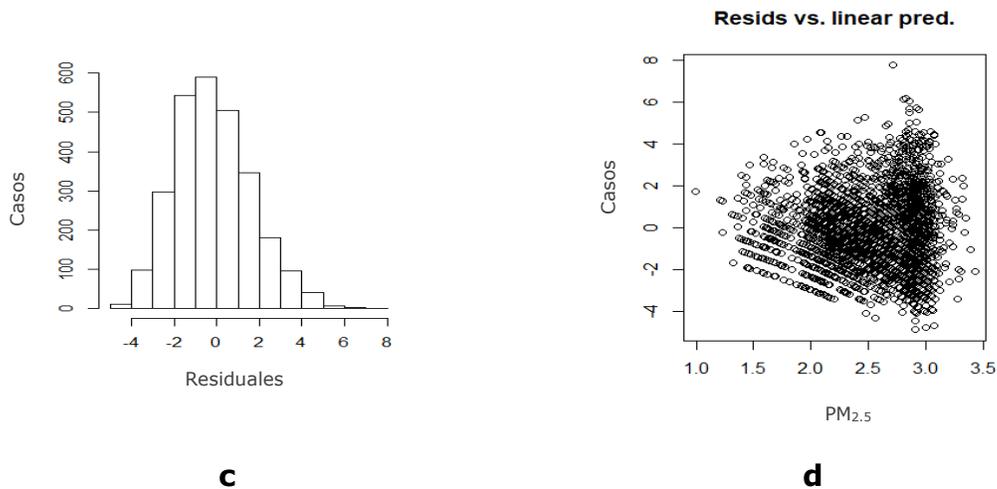


Figura 11. Dispersión de las variables climatológicas y ambientales suavizadas e histograma de los residuales, ajustado por las concentraciones diarias de PM_{2.5}. Medellín, 2008 a 2015.

Al ajustar el modelo por el contaminante criterio PM₁₀ se aumenta la oportunidad de enfermar por el evento de interés en un 8,2% asociado al incremento de 1°C de temperatura en el día cero, manteniendo las demás variables constantes. Este modelo explicó la variabilidad en los casos de influenza y neumonía en un 31,3%, disminuyendo la explicación de la variabilidad en los casos en aproximadamente 1,2% respecto al modelo ajustado por el contaminante PM_{2.5}. (**Tabla 19, Tabla 20**)

Nótese como el año 2013 y el día miércoles, son las variables de tiempo en que más se presentaron casos diarios de influenza y neumonía asociado al aumento de 1°C de temperatura. En este modelo, se observa un comportamiento similar al modelo ajustado por la covariable PM_{2.5}, debido a que la oportunidad de enfermar por el evento de interés cuando el día no es feriado fue de 34,4% manteniendo las demás variables constantes. (**Tabla 19**)

Tabla 19. Magnitud de la oportunidad de enfermar por influenza y neumonía, asociado al incremento de 1°C de temperatura en el rezago simple, ajustado por las concentraciones diarias de PM₁₀. Medellín, 2008 a 2015.

Modelo explicativo	Coef.	Error estándar	p	e ^β	IC (95% e ^β)		%e ^β
Año							
2008*	1						
2009	-0,117	0,03	0,000	0,88	0,84	0,94	-11,1
2010	0,446	0,02	<2e ⁻¹⁶	1,56	1,50	1,62	56,3
2011	0,759	0,02	<2e ⁻¹⁶	2,13	2,05	2,22	113,7
2012	0,780	0,02	<2e ⁻¹⁶	2,18	2,10	2,27	118,3
2013	0,815	0,02	<2e ⁻¹⁶	2,26	2,17	2,35	126,0
2014	0,732	0,02	<2e ⁻¹⁶	2,07	2,00	2,16	107,9
2015	0,554	0,02	<2e ⁻¹⁶	1,74	1,67	1,81	74,0
Día de la semana							
Domingo*	1						
Lunes	0,625	0,02	<2e ⁻¹⁶	1,86	1,80	1,94	86,8
Martes	0,643	0,02	<2e ⁻¹⁶	1,90	1,83	1,98	90,2
Miércoles	0,652	0,02	<2e ⁻¹⁶	1,91	1,85	2,00	91,9
Jueves	0,554	0,02	<2e ⁻¹⁶	1,74	1,67	1,81	74,0
Viernes	0,537	0,02	<2e ⁻¹⁶	1,71	1,65	1,78	71,2
Sábado	0,185	0,02	7,14e ⁻¹⁴	1,20	1,16	1,25	20,4
Día festivo							
Sí*	1						
No	0,468	0,03	<2e ⁻¹⁶	1,59	1,51	1,69	59,7
Día feriado							
Sí*	1						
No	0,296	0,03	2,88e ⁻¹⁴	1,34	1,27	1,43	34,4
Rezago de temperatura de 0:0							
Día 0	0,079	0,00	<2e ⁻¹⁶	1,08	1,06	1,09	8,2

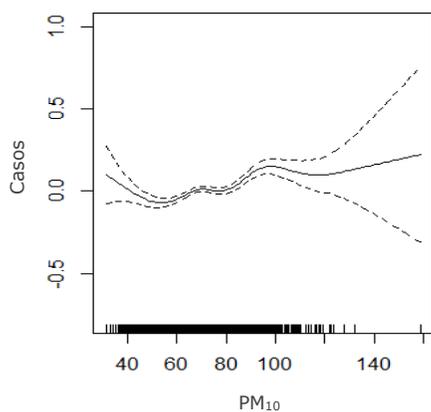
* Categoría de referencia.

Los valores de los términos de suavizado, para las covariables fueron significativos, así que no fueron líneas horizontales. El edf (effective degrees of freedom) refleja la complejidad de la curva ajustada. La deviance explicada fue del 35,4%.

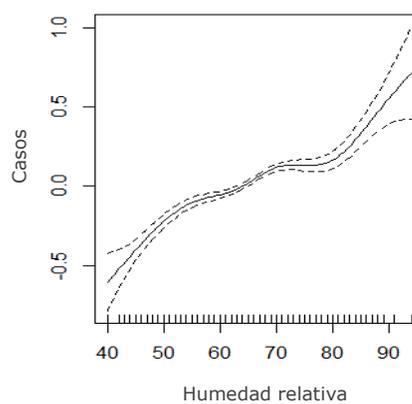
El efecto del PM₁₀ frente al número de casos diarios por el evento de interés en los menores de cinco años cuando las demás variables permanecían constantes, presentó un efecto fluctuante hasta concentraciones de aproximadamente 100 µg/m³. A partir de esta concentración se observó un comportamiento poco creciente y constante. **(Tabla 20, Figura 12)**

Tabla 20. Valoración de los términos de suavizamiento y estadísticos de cada covariable en el modelo múltiple, ajustado por las concentraciones diarias de PM₁₀. Medellín, 2008 a 2015.

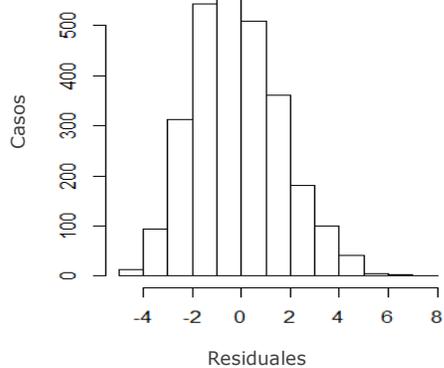
Variables suavizadas (s)	Ref df	edf	Chi-Square	P
s (PM ₁₀)	8,138	7,048	83,88	1,15e ⁻¹⁴
s (Humedad relativa)	7,538	6,516	192,02	<2e ⁻¹⁶
R-sq. (adj) = 0,313				
Deviance explained = 35,4%				



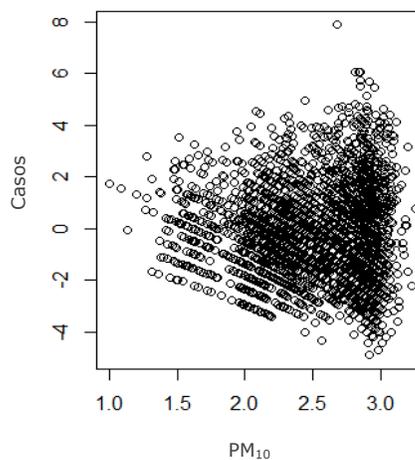
a



b



c



d

Figura 12. Dispersión de las variables climatológicas y ambientales suavizadas e histograma de los residuos, ajustado por las concentraciones diarias de PM₁₀. Medellín, 2008 a 2015.

Cuando el Modelo Aditivo Generalizado múltiple se ajustó por la variable ozono, la variabilidad de los casos de influenza y neumonía es explicado por las variables año, día de la semana, humedad relativa, si el día era o no festivo y si era o no feriado en un 28,5% en el rezago simple, indicando que el ozono es el contaminante criterio que menos influyó en los casos de influenza y neumonía en aproximadamente 4 puntos porcentuales menos respecto al PM_{2.5} y 2,8 puntos porcentuales menos respecto al PM₁₀.

Por cada incremento de un grado centígrado de la temperatura en el momento en el que se dio la exposición, se incrementó la oportunidad de adquirir el evento de interés en un 8,1%. Dada la ausencia de datos para el año 2008 en las mediciones de µg/m³ de la covariable ozono, la categoría de referencia fue el año 2009. Se presentaron incrementos significativos del número de casos diarios de influenza y neumonía en los demás años, siendo mayor el incremento de casos en el año 2012 (145,4%) ajustando por las demás variables. Al igual que en el modelo ajustado por PM_{2.5} y PM₁₀ se encontró un efecto significativo del día de la semana sobre el número de casos del evento de interés. Obsérvese como los casos diarios del evento centinela aumentan significativamente cuando el día no es festivo ni feriado, en aproximadamente un 63,6% y 37,1%, en ese orden manteniendo las demás variables constantes. **(Tabla 21)**

Tabla 21. Magnitud de la oportunidad de enfermar por influenza y neumonía, asociado al incremento de 1°C de temperatura en el rezago simple, ajustado por las concentraciones diarias de O₃. Medellín, 2008 a 2015.

Modelo explicativo	Coef.	Error estándar	p	e ^β	IC (95% e ^β)		%e ^β
Año							
2009*	1						
2010	0,568	0,02	<2e ⁻¹⁶	1,76	1,70	1,84	76,4
2011	0,894	0,02	<2e ⁻¹⁶	2,44	2,35	2,54	144,6
2012	0,898	0,02	<2e ⁻¹⁶	2,45	2,36	2,55	145,4
2013	0,897	0,02	<2e ⁻¹⁶	2,45	2,36	2,55	145,3
2014	0,837	0,02	<2e ⁻¹⁶	2,31	2,22	2,40	131,1
2015	0,658	0,02	<2e ⁻¹⁶	1,93	1,86	2,01	93,2
Día de la semana							
Domingo*	1						
Lunes	0,647	0,02	<2e ⁻¹⁶	1,91	1,84	1,99	91,0
Martes	0,670	0,02	<2e ⁻¹⁶	1,95	1,88	2,03	95,5
Miércoles	0,681	0,02	<2e ⁻¹⁶	1,97	1,90	2,05	97,7
Jueves	0,596	0,02	<2e ⁻¹⁶	1,81	1,75	1,89	81,5
Viernes	0,577	0,02	<2e ⁻¹⁶	1,78	1,71	1,85	78,1
Sábado	0,192	0,02	9,27e ⁻¹⁵	1,21	1,17	1,26	21,2
Día festivo							
Si*	1						
No	0,492	0,03	<2e ⁻¹⁶	1,63	1,54	1,73	63,6

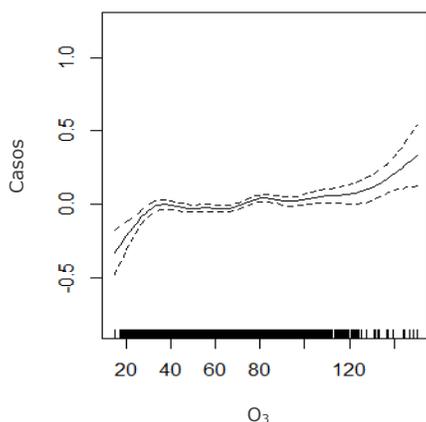
Día feriado							
Si*	1						
No	0,315	0,04	8,05e ⁻¹⁵	1,37	1,27	1,48	37,1
Rezago de temperatura de 0:0							
Día 0	0,078	0,00	<2e ⁻¹⁶	1,08	1,06	1,09	8,1

* Categoría de referencia.

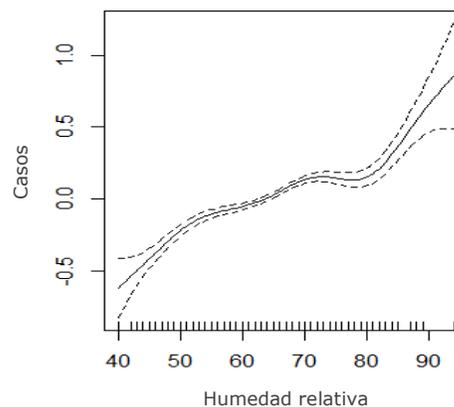
Los valores de los términos de suavizamiento de las covariables ozono y humedad relativa tuvieron un efecto significativo, es decir, los edf (effective degrees of freedom) reflejaron valores que se ajustan a modelos diferentes de una línea recta. El O₃ presentó un comportamiento creciente hasta concentraciones de aproximadamente 30 µg/m³ y a partir de esta medición el número de casos fue relativamente constante hasta llegar a 120 µg/m³. (**Tabla 22, Figura 13**)

Tabla 22. Valoración de los términos de suavizamiento y estadísticos de cada covariable en el modelo múltiple, ajustado por las concentraciones diarias O₃. Medellín, 2008 a 2015.

Variables suavizadas (s)	Ref df	edf	Chi-Square	P
s (O ₃)	8,835	8,213	54,77	2,14e ⁻⁰⁸
s (Humedad relativa)	8,120	7,197	206,21	<2e ⁻¹⁶
R-sq. (adj) = 0,285				
Deviance explained = 33,1%				



a



b

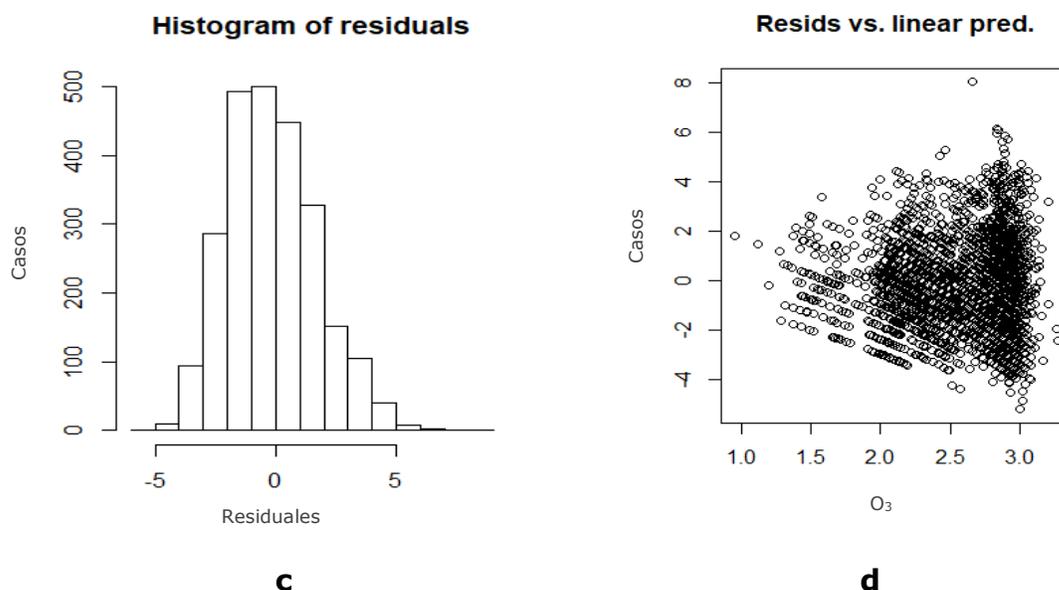


Figura 13. Dispersión de las variables climatológicas y ambientales suavizadas e histograma de los residuales, ajustado por las concentraciones diarias de O₃. Medellín, 2008 a 2015.

Con fines exploratorios se construyeron Modelos Aditivos Generalizados Múltiples para indagar acerca del efecto de la temperatura sobre los casos diarios de morbilidad por influenza y neumonía al incrementarse 5°C de temperatura. Cada uno de los rezagos distribuidos tuvo un efecto sobre el número de casos diarios. Los porcentajes en la oportunidad de enfermar fueron relativamente variables con un efecto máximo en el rezago puntual (0:0) y un efecto mínimo en el rezago acumulado de 0 a 15 días. El contaminante que mejor ajuste proporcionó a este modelo fue el PM_{2.5} al presentar los coeficientes de determinación más altos, sin embargo, cuando se ajustó el modelo por las concentraciones diarias de materias particuladas suspendidas <10 µg/m³ (PM₁₀) los porcentajes en oportunidad de enfermar fueron mayores. **(Tabla 23)**

Tabla 23. Indicadores resumen de los rezagos acumulados en la oportunidad de enfermar por influenza y neumonía según contaminante criterio, asociado al incremento de 5°C de temperatura. Medellín, 2008 a 2015.

Contaminant e criterio	Rezago de temperatura							
	0:0		0:3		0:7		0:15	
	%e ^β (IC)	R ²	%e ^β (IC)	R ²	%e ^β (IC)	R ²	%e ^β (IC)	R ²
PM _{2.5} *	47,3 (37,0 58,2)	32,5 %	45,9 (23,2 72,9)	32,4 %	40,3 (17,3 67,8)	32,5%	27,4 (5,6 53,8)	32,7%
PM ₁₀ **	48,7 (38,2 59,9)	31,3 %	47,0 (23,7 74,6)	31,2 %	41,0 (17,6 69,2)	31,3%	28,7 (6,3 55,7)	31,4%
O ₃ ***	48,0 (37,4 59,4)	28,5 %	45,4 (21,5 74,1)	28,4 %	37,7 (13,7 66,8)	28,5%	23,2 (0,7 50,6)	28,8%

*Ajustado por año, día la semana, día festivo, día feriado, PM_{2.5} y humedad relativa; **Ajustado por año, día la semana, día festivo, día feriado, PM₁₀ y humedad relativa; ***Ajustado por año, día la semana, día festivo, día feriado, O₃ y humedad relativa.

7.5 Modelos Aditivos Generalizados (GAM) simples para las defunciones diarias por influenza y neumonía

Con la información que se tuvo los datos no soportaron la construcción de un GAM múltiple para las covariables y factores teniendo como desenlace las defunciones por influenza y neumonía entre el periodo 2008 a 2015. **(Tabla 24, 25)**

Tabla 24. Indicadores de asociación de los Modelos Aditivos Generalizados simples de las defunciones diarias por influenza y neumonía según variables de tiempo. Medellín, 2008 a 2015.

Modelo explicativo	Coef.	Error estándar	p	e ^β	IC (95% e ^β)	%e ^β	AIC*
Año							
2008**	1						
2009	0,102	0,27	0,706	1,10	0,65 1,88	10,7	282,30
2010	-0,040	0,32	0,899	0,96	0,51 1,80	-3,9	
2011	-0,040	0,33	0,903	0,96	0,50 1,83	-3,9	
2012	-0,040	0,32	0,899	0,96	0,51 1,80	-3,9	
2013	-0,040	0,38	0,916	0,96	0,46 2,02	-3,9	
2014	-0,040	0,37	0,913	0,96	0,47 1,98	-3,9	
2015	0,040	0,37	0,913	0,96	0,47 1,98	-3,9	
Día de la semana							
Domingo**	1						
Lunes	0,020	0,35	0,955	1,02	0,51 2,03	2,0	278,66
Martes	-0,013	0,30	0,965	0,98	0,55 1,78	-1,2	
Miércoles	-0,011	0,30	0,970	0,98	0,55 1,78	-1,0	
Jueves	-0,054	0,34	0,876	0,94	0,49 1,84	-5,2	
Viernes	-0,054	0,32	0,869	0,94	0,56 1,98	-5,2	
Sábado	-0,000	0,32	1,000	1,00	0,53 1,87	0,0	
Día festivo							
Si**	1						
No	-0,038	0,71	0,957	0,96	0,24 3,87	-3,7	268,73
Día feriado							
Si**	1						
No	-0,038	0,71	0,958	0,96	0,24 3,87	-3,7	268,74

Tabla 25. Valoración de los términos de suavizamiento y estadísticos de cada covariable en los Modelos Aditivos Generalizados simples de las defunciones diarias por influenza y neumonía. Medellín, 2008 a 2015

Variables suavizadas (s)	Ref df	edf	Chi-Square	P	AIC*
s (PM ₁₀)	1,00	1,00	0,007	0,934	262,72
s (PM _{2,5})	1,00	1,00	0,063	0,803	262,67
s (O ₃)	1,00	1,00	0,066	0,798	219,32
s (Precipitación)	1,00	1,00	0,011	0,916	268,72
s (Humedad relativa)	1,00	1,00	0,000	0,999	264,73

* Criterio de información de Akaike.

** Categoría de referencia.

8. Discusión

El comportamiento y grado de asociación de la morbimortalidad respecto a las condiciones climáticas y ambientales es una herramienta muy importante en salud pública para establecer hipótesis causales e identificar grupos de exposición necesarios para la adopción de las pertinentes medidas preventivas. Dada la trascendencia que tiene la morbilidad, las defunciones y las causas de estas para una población y para su entorno social, el análisis de la morbimortalidad se propone como uno de los criterios más importantes para valorar la situación de salud de las poblaciones, el contar con información suficiente y oportuna con la cual determinar el comportamiento de los cuadros clínicos de las ciudades año tras año, deriva en la necesidad de conocer las causas que provocan enfermedad en la población, y en casos más drásticos entender las variaciones que se producen en la mortalidad de esta (131).

La morbimortalidad en menores de cinco años ha sido explorada en diversos escenarios en las últimas décadas porque su análisis constituye uno de los elementos fundamentales en el diseño y evaluación de políticas públicas. Este indicador refleja la consecuencia final de la interacción de múltiples factores asistenciales y de acción mundial, por tanto, requiere un enfoque de planificación en las actuaciones de la salud en general y de la salud pública en particular (132).

Teniendo en cuenta que cuadros clínicos graves como la influenza y la neumonía, contribuyen de forma importante a la morbimortalidad por ERA y que por su carácter evitable bajo vigilancia se constituyen en trazadores de la calidad de los servicios de salud y de las acciones de promoción de salud y prevención de la enfermedad, en el presente estudio se describe el efecto de la temperatura en la morbimortalidad diaria, por influenza y neumonía según factores climáticos, meteorológicos y de contaminación ambiental en menores de cinco años de la ciudad de Medellín para el periodo 2008 a 2015. Los resultados derivados de este estudio, servirán como apoyo para la toma de decisiones, generación de medidas en temas de salud pública y organización de servicios de atención médica durante picos de circulación del evento de interés (133).

En la ciudad de Medellín como en el resto del país estas patologías son responsables sustancialmente del exceso en el número de consultas médicas, hospitalizaciones, de poner en riesgo la vida y causar la muerte en los grupos extremos de la vida. En 2013, Savy et al. realizaron una revisión sistemática para estimar la carga de la influenza en América Latina y el Caribe y declararon que las muertes relacionadas con la

influenza y neumonía son más comunes en los grupos de edad de la población menores de 5 años y mayores de 60 años, informándose que la neumonía se sitúa dentro de las 10 primeras causas de muerte en Colombia. Otros estudios en los Estados Unidos e Inglaterra también han demostrado que las infecciones por influenza rara vez fueron fatales en los adultos más jóvenes, pero causaron muertes en el grupo de edad menor de cinco años (134).

La Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Oficina Regional para las Américas, definieron un Programa de Control de las IRA, el cual establece un grupo de objetivos centrales en la estrategia de enfrentamiento contra la mortalidad por neumonía en menores de cinco años, que se ha convertido en una de las principales causas de mortalidad infantil en todo el mundo. Dado que la muerte a causa de esta enfermedad es un evento evitable, que puede estar fácilmente protegido mediante intervenciones sencillas, tratamientos con medicación y cuidados de bajo costo y tecnología sencilla, el plan de acción tiene por objetivo incrementar el control de la neumonía combinando diversas intervenciones de protección, prevención y tratamiento de la enfermedad en los niños (93).

Durante el septenio considerado de esta investigación, los resultados revelaron que se presentaron 235 muertes en niños menores de cinco años por influenza y neumonía, donde el 50% de los menores tenían máximo cinco meses de edad, lo que se podría explicar por no tener la edad suficiente para recibir la primera dosis de vacunación contra la influenza (135).

Comprender los patrones estacionales del evento en cuestión, es esencial para la asignación efectiva de recursos y la planificación de intervenciones preventivas y terapéuticas, incluida la distribución de vacunas, medicamentos y personal. En esta investigación, los resultados ilustraron importantes picos estacionales de influenza y neumonía en los meses de mayo, junio, julio y septiembre, coincidiendo de manera similar con los hallazgos derivados en un estudio realizado en Tailandia donde el mayor pico de casos se presentó en los meses de junio a octubre. Varios años de datos ayudarán a distinguir la sincronización constante de los picos anuales que respalda la viabilidad de las intervenciones que son mejor sincronizadas con epidemias estacionales tales como lo son la influenza y neumonía (136, 137).

Estudios que abordan las perspectivas de las disciplinas atmosféricas, virológicas y epidemiológicas han indagado acerca de la relación que puede existir entre el clima y la estacionalidad de la influenza, llegando a conclusiones no muy firmes sobre las causas de la estacionalidad de esta,

pero sugieren que esas causas son complejas y multifactoriales y que la solución requerirá una cooperación interdisciplinaria (138, 139).

En este estudio, un poco más del 85% de los menores fallecidos presentaron como causa básica de defunción neumonía a causa de un organismo no especificado, en contraste con la influenza donde el 0,01% de los casos se debe a esta patología, según Charu et al (2011), la justificación de estas cifras podrían ser porque las hospitalizaciones y muertes por influenza confirmadas por el laboratorio subestiman la carga de la influenza dado que rara vez esta aparece en los registros médicos y la muerte puede ocurrir después de una infección bacteriana secundaria o exacerbación de comorbilidades varias semanas después de que la infección viral primaria haya disminuido (140).

En cuanto al análisis de casos diarios de morbilidad por influenza y neumonía en menores de cinco años se destacó que al igual que en la mortalidad los hombres fueron los que registraron el mayor número de casos, lo cual no es muy distante al estudio llevado a cabo por el Hospital Docente Infantil Sur en Santiago de Cuba (2013), donde el mayor número de fallecimientos por influenza y neumonía se produjeron en el sexo masculino (67,7%) a diferencia de lo observado en el grupo de edad donde el mayor número decesos se presentaron en el grupo etario de 1 a 4 años (141). Las investigaciones realizadas por Olsen, Fry (2010) y Hasan (2015) también afirmaron que estas patologías son más frecuentes en el género masculino, esto puede explicarse a que los niños son más sensibles a la acción de los cambios y alteraciones del medio ambiente, lo que los coloca en una posición desventajosa ante las Infecciones Respiratorias Agudas (136, 142).

Al analizar los casos de morbilidad según variables de tiempo, la frecuencia de casos disminuía notablemente en días feriados, festivos y domingos, lo que guarda coherencia con los registros de consultas donde los días miércoles y viernes son los días que mayor afluencia de citas registraron (143); además, el día domingo fue el que reportó menor promedio de concentración de material particulado, $PM_{2.5}$ y PM_{10} , con respecto a los demás días de la semana; lo que podría explicarse por la disminución importante en la circulación del parque automotor en la vía.

Los promedios de PM_{10} , $PM_{2.5}$ durante el periodo estudiado superaron los niveles máximos permisibles de contaminantes criterio establecidos en la norma de calidad del aire ambiente colombiana, así como los valores sugeridos por la norma de calidad del aire de la Organización Mundial de la Salud. Las medias de PM_{10} , $PM_{2.5}$, Ozono y temperatura guardan concordancia con las descritas por Matus (2008) y Abrutzky (2019), esta situación podría atribuirse a las condiciones geográficas y meteorológicas

de las cuencas atmosféricas tanto de la ciudad de Medellín como de las ciudades analizadas, lo cual incide en la capacidad de ventilación y en las emisiones tanto naturales como aquellas producidas por las actividades diarias de sus habitantes (144, 145, 146).

Los GAM construidos en el presente estudio indicaron que el mayor porcentaje de oportunidad de enfermar por el evento de interés fue de 8,0% (IC del 95%: 6,5% a 9,6%) al aumentarse 1°C de temperatura, ajustando por las variables de tiempo (año, día la semana, día festivo y día feriado) y por variables ambientales y meteorológicas (PM_{2.5} y humedad relativa). Este modelo explicó la variabilidad de los casos en un 32,5% en el rezago simple. La relación positiva entre los casos diarios de influenza y neumonía con el aumento de 1 °C en la temperatura en este estudio es consistente con el hallazgo obtenido en la ciudad de Fukuoka, Japón donde el número de casos aumentó en un 16,9%, lo cual podría explicarse porque Fukuoka tiene condiciones climáticas similares a las de la ciudad Medellín, con zonas montañosas y valles profundos. Además, si el incremento fuera de 5°C de temperatura los casos de influenza y neumonía se incrementarían en un 47,3% (IC del 95%: 37,0% a 58,2%) cuando se tiene control por variables de tiempo, factores climatológicos y ambientales (147).

Otros estudios (130, 148, 149) encontraron igualmente una relación entre la incidencia diaria de influenza y neumonía al aumentarse 1 °C de temperatura, pero a diferencia de los resultados de esta investigación y del estudio de Onozuka et al (2009) (147), el porcentaje en la oportunidad de enfermar vario entre 1,7% y 3,4%; la diferencia de estas cifras podría explicarse porque en estas investigaciones utilizaron variables que podrían haber incidido en la precisión del estimador, tales como la fecha de admisión y fecha de egreso hospitalario, velocidad del viento y temperatura de neumonía.

En esta investigación, el mejor ajuste a los modelos se obtuvo al calcular los indicadores en el momento de la exposición a la temperatura ambiente y en el rezago de 0 a 15 días; el estudio de Lao et al (2018) (148), asocio significativamente la temperatura con la incidencia diaria de influenza en un efecto máximo en el rezago 0, mientras que Sohn (2018) (149), Guo y Dong (2019), encontraron efectos importantes cuando consideraron un retraso de 15 días después en que se asume que sucede el evento en salud en relación al momento en el que se presenta la exposición al aumento de temperatura (150, 151, 152). Hay evidencia que respalda un retraso de 2 a 4 semanas entre los casos de influenza confirmados por laboratorio, inclusive existen investigaciones como las realizadas por Grabowska (2006) y Wong (2004) que respaldan hasta un retraso de dos

semanas entre el aumento del virus de la influenza y la mortalidad por neumonía (153, 154).

Se ha comprobado que la contaminación del aire puede aumentar la incidencia de una amplia gama de enfermedades como cardiopatía isquémica, accidente cerebrovascular, infecciones de las vías respiratorias inferiores y cáncer de pulmón (155). Las investigaciones realizadas por Tellier (2006), Brankston (2007) y Chen (2017) confirmaron que las exposiciones a contaminantes del aire ambiente están estrechamente asociadas con la transmisión localizada de la influenza.

En este estudio, se ratifica como los contaminantes PM_{2.5}, PM₁₀ y O₃ tienen un efecto significativo sobre el número de casos diarios de influenza y neumonía, aportando mayor variabilidad en los casos diarios el contaminante criterio PM_{2.5}, lo cual es consistente con las investigaciones realizadas en Hefei (2018) y Beijing (2016) donde los hallazgos sugirieron una fuerte relación positiva entre PM_{2.5} y el riesgo de adquirir influenza ($p < 0.001$), después de ajustar el modelo por las concentraciones diarias de materias particulares suspendidas $< 10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (PM₁₀), humedad relativa diaria y año de ocurrencia (110, 111). Chen et al (2017) analizó el impacto de las partículas finas ambientales en la transmisión de la gripe y los efectos de modificación de la temperatura en China, detectando el efecto de PM_{2.5} ambiental sobre la incidencia de influenza en el día 2 de retraso, con un riesgo relativo (RR) de 1,01 (IC del 95%: 1,00% a 1,02%) (157).

Al igual que en el estudio realizado en California para el periodo 1983 a 1998 por Ebi et al (2011) sobre asociación en períodos climáticos normales y eventos del niño con hospitalización por influenza y neumonía viral, la precipitación no se asoció significativamente con el número de casos diarios. Por el contrario, la humedad relativa presentó un efecto creciente cuando las demás variables permanecían constantes; en coherencia con este resultado, las investigaciones de Barroso (2017), Tang (2010) y Bai (2019) revelaron asociaciones en la transmisión de la gripe influenciada por variaciones meteorológicas, tales como la temperatura y la humedad absoluta (151, 158, 159). En un estudio realizado en la ciudad de Guangzhou, China (2018), se indago sobre los efectos de los factores meteorológicos en la gripe entre los niños, en este se encontró que el riesgo de contraer influenza y neumonía aumentaba cuando la humedad relativa era inferior al 50% o superior al 80%, mientras que en nuestra investigación la humedad relativa presentó un efecto creciente más acusado en porcentajes superiores al 70% (150).

El papel de un clima frío y seco en la propagación de la influenza también se ha destacado en estudios epidemiológicos y de laboratorio en

diferentes países. Varios estudios (138, 160, 161, 162) experimentales y de modelación han sugerido que la baja temperatura del aire y la baja humedad relativa (condiciones de clima frío y seco) desempeñan un papel considerable en el patrón epidémico de los casos de influenza y neumonía.

En contraste con los hallazgos de esta investigación, el estudio de Gómez et al (2017), mostró que la transmisión de la influenza aumenta cuando el volumen de precipitación crecía y cuando la humedad absoluta disminuía (158). Otros resultados sugirieron que la temperatura, la humedad absoluta y la humedad relativa se relacionaron significativamente con la estacionalidad de la influenza en el período seco, mientras que no se encontró asociación significativa en el período húmedo (163). Lo anterior se puede explicar a qué estudios previos de transmisión de la influenza señalaron que la asociación entre humedad y transmisibilidad puede no ser lineal (164), demostrando la asociación negativa entre la humedad y la transmisibilidad de la influenza en países templados con menor humedad promedio y una asociación positiva en algunos países tropicales donde la humedad puede ser muy alta. También debe tenerse en cuenta que, aunque la humedad promedio a menudo es alta en la mayoría de los países tropicales, puede haber una variación diurna considerable en la humedad y la temperatura. Una persona puede pasar más tiempo en el interior en días calurosos y húmedos, lo que aumenta el riesgo de ser infectado por otras personas con quienes entran en contacto en el interior. Esto hace que sea difícil investigar el efecto del clima sobre el riesgo de influenza si no se tienen en cuenta las condiciones interiores (95).

Los GAM simples construidos para las defunciones diarias por influenza y neumonía en la ciudad de Medellín arrojaron valores no significativos para las variables de tiempo (año de ocurrencia, día de la semana, si el día es festivo o feriado) y para las covariables (PM_{25} , PM_{10} , O_3 , precipitación y humedad relativa); una explicación de este hallazgo podría ser el bajo número de muertes a causa de estas patologías. Otra explicación de este resultado podría justificarse en el análisis realizado por Davis, Rossier y Enfield (2012) (152), donde afirmaron que el número de muertes atribuibles a la influenza es difícil de estimar directamente debido a la falta de infecciones confirmadas virológicamente, en segundo lugar, muchas muertes asociadas a la influenza ocurren por complicaciones secundarias cuando los virus de la influenza ya no son detectables por medios de laboratorio (165, 166, 167, 168) y en tercer lugar, la notificación de casos de influenza a través de los canales de rutina no es satisfactoria porque la influenza leve puede estar subdiagnosticada y el uso de la confirmación de laboratorio está sesgado por el impacto de los

patrones de prueba variables basados en la prevalencia de la enfermedad (169).

Sin embargo, otros estudios (154, 170, 171, 172, 173, 174) han demostrado que existe una relación entre la morbimortalidad por influenza y neumonía que puede describirse matemáticamente y usarse en estudios epidemiológicos. Por ejemplo, en el estudio realizado en Hog Kong por Wong et al. (2004) la influenza se asoció significativamente con la mortalidad en cada uno de los resultados de salud estudiados, con excepción del menor número de muertes por influenza y neumonía en el grupo de 40 a 64 años (154).

Las diferentes estrategias y acciones que se han emprendido desde el sector salud para afrontar las defunciones en los menores de cinco años a causa de la influenza y neumonía reflejan que los casos cada vez tienden a ser menos frecuentes, por consiguiente, el sector salud parece tener un control significativo en cuanto a las defunciones por estas patologías, aunque cabe resaltar que se ha comprobado que en ocasiones no se consulta al personal de salud o dicha consulta se realiza cuando la enfermedad es más compleja (Qin et al. 2018) esto puede explicarse porque la enfermedad puede empezar a manifestarse días después de que el virus entre en el cuerpo, por lo cual, una persona puede contagiar a otra antes de saber que está enferma y también mientras lo está, situación que hace más compleja esta problemática y por ende la propagación del virus (175, 176).

Actualmente, hay pocos datos sobre la mortalidad asociada a la gripe en los trópicos o subtropicos (177). En Medellín durante el septenio considerado se registró una tasa de mortalidad promedio de 20 por cada cien mil habitantes (DE=7,6), hallazgos que distan a los encontrados en el estudio de Pwee, Niti y Goh en Singapur (2001) donde estimaron que ocurren anualmente 265 muertes en los mayores de 65 años por cada 100.000 habitantes, esta diferencia podría explicarse a que esta estimación derivó del número total de muertes que se codificaron como "influenza y neumonía", basándose en el supuesto de que el 40% de estas muertes estaban asociadas con la influenza (178). Este tipo de estudios en regiones tropicales como Colombia contribuyen un primer paso en el diseño de sistemas de alerta temprana en salud pública, lo cual requerirá una adecuada desagregación territorial acorde con las características meteorológicas de cada una de las zonas de la ciudad de Medellín.

9. Limitaciones

- Dada la naturaleza del estudio ecológico, no pueden hacerse inferencias causales sobre la población ya que las observaciones se han realizado de manera conglomerada imposibles de medir en la clasificación de la información.
- Los casos de influenza pudieron no haber sido reportados, ya que no todos los niños son llevados a los hospitales o redes de atención y cuando los síntomas son leves se tiende a no visitar al médico local o quedarse en casa.
- La falta de estudios encontrados en regiones tropicales sobre el efecto de la temperatura en la morbimortalidad por influenza y neumonía según factores meteorológicos y de contaminación ambiental, no permitieron una comparabilidad de la información en regiones no estacionales.

10. Conclusiones

- En Medellín por cada incremento de 1 y 5 °C de temperatura hay un aumento en el número de casos diarios de influenza y neumonía en los menores de cinco años de edad.
- El incremento de 5°C en la temperatura aumentó la oportunidad de enfermar por influenza y neumonía con un efecto máximo en el rezago puntual y un efecto mínimo en el rezago de 0 a 15 días.
- La morbilidad por influenza y neumonía en Medellín se incrementó significativamente cuando los días no fueron festivos ni feriados durante el periodo 2008 a 2015.
- La humedad relativa tuvo un efecto significativo sobre el número de casos diarios y la precipitación no presentó significación estadística con el desenlace.
- Cada una de las variables ambientales (PM_{10} , $PM_{2.5}$ y O_3) tuvo efectos significativos en los casos de morbilidad por influenza y neumonía.
- Los porcentajes en la oportunidad de enfermar fueron mayores en el rezago puntual (0:0), siendo mayor el estimador del rezago cuando se ajustó por el contaminante criterio PM_{10} (8,2%, IC del 95%: 6,6% a 9,8%)
- Las defunciones diarias ocurridas en la ciudad de Medellín durante el periodo de estudio no se asociaron con las variables meteorológicas (Humedad relativa, Precipitación, Temperatura) y ambientales (PM_{10} , $PM_{2.5}$ y O_3).

11. Recomendaciones

- El presente estudio solo abordó un evento en salud que ha sido asociado a la variabilidad climática y a factores ambientales. Esto invita a iniciar nuevas investigaciones que exploren otros eventos en salud, como el grupo de enfermedades cardiovasculares y mentales, abordajes complementarios de la exposición que permitan ser un insumo con mayor precisión para la construcción de políticas públicas dirigidas a la gestión ambiental y de salud del territorio.
- La influenza y neumonía responde a múltiples causas, por lo que los estudios futuros de cohorte sobre morbilidad deben incorporar otras variables como los efectos en los cambios de temperatura y contaminación intra-domiciliaria, tabaquismo y condición socioeconómica del menor expuesto.
- Llevar a cabo investigaciones que exploren estas temáticas en grupos vulnerables (personas que laboran al aire libre, embarazadas y mayores de 65 años) permitiendo así un análisis más concreto acerca de la afectación a la salud.
- Es necesario implementar estrategias articuladas para la divulgación y comunicación de forma asertiva de estudios que como este, abordan temas contemporáneos de las posibles afectaciones a la salud que puede estar desencadenando el cambio climático.

12. Agradecimientos

En primera instancia agradecer al equipo del proyecto “Eventos en salud asociados a la exposición en corto plazo de los contaminantes del aire en los municipios del Área Metropolitana del Valle de Aburrá” por permitirnos acceder a la base de datos, en especial al Coordinador Juan Gabriel Piñeros y al Profesional Gerente de Sistemas de Información en Salud Dorian Ospina Galeano.

Al profesor Hugo Grisales Romero por sus comentarios, enseñanzas, su voz de aliento y especialmente por su constante disponibilidad. Todas sus ideas y orientaciones fueron claves para llevar a feliz término este ejercicio investigativo.

A la Facultad Nacional de Salud Pública y a la Universidad de Antioquia por brindarnos la oportunidad de formarnos profesionalmente y por proveer los medios necesarios para la ejecución del proyecto.

Al Seminario Transdisciplinario en Salud Ambiental y Cambio Climático, espacio de aprendizaje donde se dio motivación para investigar en esta área.

13. Referencias Bibliográficas

1. IPCC. Informe de Síntesis - Cambio Climático 2001. Anexo B. Glosario de términos. 2001;27. Disponible en: <https://archive.ipcc.ch/pdf/glossary/tar-ipcc-terms-sp.pdf>
2. Piñeros Jiménez JG, Grisales Romero H de J, Nieto López ES, Montealegre Hernández NA, Villa Garzón FA, Agudelo Cadavid RM, et al. Calidad del Aire y sus Efectos en la Salud de la Población de los diez Municipios del Valle de Aburrá 2008-2015. Primera Ed. Medellín: Oficina Asesora de Comunicaciones del Área Metropolitana del Valle de Aburrá; 2018.
3. CIIFEN - Efecto Invernadero [Internet]. [citado el 8 de septiembre de 2019]. Disponible en: http://www.ciifen.org/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=99&Itemid=342&lang=est
4. ¿Qué es estacionalidad? – Macro Concept Analytica [Internet]. [citado el 8 de septiembre de 2019]. Disponible en: <https://www.analytica.com.do/2017/11/que-es-estacionalidad/>
5. Eventos Centinela [Internet]. [citado el 15 de septiembre de 2019]. Disponible en: <http://35.199.90.244/Eventos-Centinela>
6. Serge P, editor. IPCC, 2013: Glosario [Planton, S. (ed.)]. En: Cambio Climático 2013. Bases físicas. Contribución del Grupo de trabajo I al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattn. Br J Psychiatry [Internet]. 2014;111(479):1009–10. Disponible en: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/08/WGI_AR5_glossary_E_S.pdf
7. Guiscafre H, Salmerón J. Historia natural y curso clínico de la enfermedad. Epidemiología [Internet]. 1999;117–31. Disponible en: <https://web.archive.org/web/20141030232335/http://www.facmed.una.m.mx/deptos/salud/censenanza/spiii/spiii/guiscafre.pdf>
8. Elementos del Clima - Información y Características - Geografía [Internet]. [citado el 8 de septiembre de 2019]. Disponible en: <https://www.geoenciclopedia.com/elementos-del-clima/>

- 9.** «Diccionario de la lengua española» - Edición del Tricentenario [Internet]. [citado el 10 de septiembre de 2019]. Disponible en: <https://dle.rae.es/srv/fetch?id=TSG4MHR>
- 10.** Precipitación - EcuRed [Internet]. [citado el 10 de febrero de 2019]. Disponible en: <https://www.ecured.cu/Precipitación>
- 11.** Primera infancia - OCHA Colombia Wiki [Internet]. [citado el 8 de septiembre de 2019]. Disponible en: https://wiki.salahumanitaria.co/wiki/Primera_infancia
- 12.** Universidad Nacional de Colombia: Redaire - Sede Medellín - Bienvenidos [Internet]. [citado el 8 de septiembre de 2019]. Disponible en: <https://minas.medellin.unal.edu.co/convenios/redaire/el-origen/bienvenidos.html>
- 13.** Individuales LR, General S, Social S, Frecuentes P, Individual R, Versi R. Preguntas frecuentes. 2000;1-17. Disponible en: <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/OT/FAQ-RIPS.pdf>
- 14.** Sistema de Vigilancia en Salud Pública [Internet]. [citado el 8 de septiembre de 2019]. Disponible en: <https://www.minsalud.gov.co/salud/Paginas/SIVIGILA.aspx>
- 15.** Quijano Pérez SA, Ramírez Velásquez LM, González Manosalva JL. Gradiente térmico en la ciudad de Medellín y su relación con el crecimiento urbano: estudio de caso. Prod + Limpia [Internet]. 2017;12(1):159-68. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/pml/v12n2/1909-0455-pml-12-02-00159.pdf>
- 16.** Placeres MR, Olite FD, Toste MÁ. La contaminación del aire: Su repercusión como problema de salud [Internet]. Revista Cubana de Higiene y Epidemiología. 2006. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/hie/v44n2/hie08206.pdf>
- 17.** Cuadros Cagua TA. El cambio climático y sus implicaciones en la salud humana - Climate Change and Its Implications for Human Health. Ambient Y Desarro [Internet]. 2017;21(40):159-70. Disponible en: <https://revistas.javeriana.edu.co/index.php/ambienteydesarrollo/article/view/20006>
- 18.** Pérez Rodríguez AE. Variabilidad y cambios climáticos. Impacto sobre algunas enfermedades infecciosas Variability and climate change. Impact on some infectious diseases. Rev Habanera Ciencias Médicas [Internet].

2011; Disponible en:
http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1729-519X2011000300015

19. Cada año, hasta 650.000 personas mueren por enfermedades respiratorias relacionadas con la gripe estacional [Internet]. [citado el 8 de septiembre de 2019]. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/detail/14-12-2017-up-to-650-000-people-die-of-respiratory-diseases-linked-to-seasonal-flu-each-year>

20. Juy Aguirre E, Enrique Céspedes Floirian E, de la Rubal Wong A, Maza González MA, Terán Guardia CA. Morbilidad por infecciones respiratorias agudas en menores de 5 años Morbidity due to acute respiratory infections in children under 5 years. Medisan [Internet]. 2014;18(11):1490–8. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/san/v18n11/san021811.pdf>

21. IDEAM (Instituto de Hidrología M y EA. La variabilidad climática y el cambio climático en Colombia. 2018;28. Disponible en: <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/023778/variabilidad.pdf>

22. OMS | Cambio climático y salud humana. WHO [Internet]. 2009 [citado el 10 de septiembre de 2019]; Disponible en: <https://www.who.int/globalchange/climate/es/>

23. OMS | Cambio climático. WHO [Internet]. 2015 [citado el 10 de septiembre de 2019]; Disponible en: <https://www.who.int/topics/climate/es/>

24. Malagón RJ, Garrot WC, Castilla BP. Cambio climático y salud humana: una revisión desde la perspectiva colombiana Climate change and human health: a review from the colombian perspective. SaludUnimorle [Internet]. 2017;33(2):224–41. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/sun/v33n2/2011-7531-sun-33-02-00224.pdf>

25. Gobierno de Colombia, Ministerio de Salud y Protección Social. Influencia del cambio climático en la carga de enfermedad [Internet]. [citado el 10 de septiembre de 2019]. Disponible en: <https://www.minsalud.gov.co/Paginas/Influencia-del-cambio-climatico-en-la-carga-de-enfermedad.aspx>

- 26.** Samaniego J. La economía del cambio climático en América Latina y el Caribe Paradojas y desafíos del desarrollo sostenible. CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe) (LC/G2624) [Internet]. 2015; Disponible en: https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/37310/S1420656_es.pdf
- 27.** Rodríguez A, Buitrón M. Enfermedades sensibles al clima, Distrito Metropolitano de Quito, un análisis temporal en el periodo 2001-2010. La Granja [Internet]. el 29 de junio de 2015 [citado el 10 de septiembre de 2019];21(1). Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/279958670_Enfermedades_Sensibles_al_Clima_en_el_Distrito_Metropolitano_de_Quito_un_analisis_temporal_en_el_periodo_2001-2010
- 28.** Pérez C. Análisis de vulnerabilidad y planes de adaptación urbana para la reducción de los efectos del cambio climático en Medellín. 2016;161. Disponible en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/55086/>
- 29.** El cambio climático pone en riesgo la salud de los colombianos, revelan expertos | Universidad El Bosque [Internet]. [citado el 10 de septiembre de 2019]. Disponible en: <https://www.unbosque.edu.co/node/524>
- 30.** Placeres MR, Toste MÁ, Pérez AA. Los factores ambientales como determinantes del estado de salud de la población. Revista Cubana de Higiene y Epidemiología [Internet]. 2007; Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/2232/223219929001.pdf>
- 31.** Moreno García M del C, Serra Pardo JA. La Isla de Calor en la ciudad de Lloret de Mar. Boletín la Asoc Geógrafos Españoles [Internet]. 2017; Disponible en: <https://www.mendeley.com/catalogue/la-isla-calor-en-la-ciudad-lloret-mar/>
- 32.** Alessandro AP. Variables meteorológicas y su incidencia en enfermedades respiratorias de niños en el Gran Buenos Aires. Meteorológica [Internet]. 2014; Disponible en: <http://www.scielo.org.ar/pdf/meteoro/v39n1/v39n1a02.pdf>
- 33.** Rodríguez Becerra M, Mance H, Barrera Rey X, García C. Cambio Climático: Lo que está en juego [Internet]. Journal of Chemical Information and Modeling. 2015. Disponible en: <http://library.fes.de/pdf-files/bueros/kolumbien/07216.pdf>

- 34.** En Colombia han aumentado en un 25% los casos de influenza [Internet]. [citado el 10 de septiembre de 2019]. Disponible en: <https://telemedellin.tv/han-aumentado-los-casos-de-influenza/199693/>
- 35.** Síntomas de la influenza y sus complicaciones [Internet]. 2019 [citado el 10 de septiembre de 2019]. Disponible en: https://espanol.cdc.gov/enes/flu/symptoms/symptoms.htm?CDC_AA_reVal=https%3A%2F%2Fwww.cdc.gov%2Fflu%2Fconsumer%2Fsymptoms.htm
- 36.** Por temporada de lluvias Medellín inicia gran jornada de vacunación contra la influenza - Opinión & Salud [Internet]. [citado el 10 de septiembre de 2019]. Disponible en: <https://www.opinionysalud.com/2018/05/30/temporada-lluvias-medellin-inicia-gran-jornada-vacunacion-la-influenza/>
- 37.** Zamorano A, Márquez S, Aranguiz JL, Bedregal P, Sánchez I. Relación entre bronquiolitis aguda con factores climáticos y contaminación ambiental. Rev Med Chil [Internet]. 2003; Disponible en: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0034-98872003001000003&script=sci_arttext
- 38.** Martínez-Briseño D, García-Sancho Figueroa MC, Fernández-Plata R, Torre-Bouscoulet L, González LS, Pérez-Padilla R. Impacto de la epidemia de neumonía e influenza A H1N1 del 2009 en la tendencia de la mortalidad estandarizada por edad, y en las tasas de muerte específicas por grupos de edad y sexo en México, 2000-2010. Rev del Inst Nac Enfermedades Respir [Internet]. 2016; Disponible en: <https://www.medigraphic.com/pdfs/neumo/nt-2016/nt162c.pdf>
- 39.** Arostegi Kareaga N, Montes M, Pérez-Yarza EG, Sardón O, Vicent D, Cilla G. Características clínicas de los niños hospitalizados por infección por virus Influenza. An Pediatr [Internet]. 2005; Disponible en: <https://www.analesdepediatria.org/es-caractersticas-clnicas-los-nios-hospitalizados-articulo-13070174>
- 40.** Oliva González Y, Piloto Morejón M, Iglesias Gómez P. Clínica y epidemiología de las infecciones respiratorias agudas en pacientes de 0-14 años. Rev Ciencias Médicas [Internet]. 2013; 17:49-62. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1561-31942013000100006
- 41.** Gavidia T, Pronczuk J, Sly PD. Impactos ambientales sobre la salud respiratoria de los niños. Carga global de las enfermedades respiratorias

pediátricas ligada al ambiente. Rev Chil Enfermedades Respir [Internet]. 2009; Disponible en: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-73482009000200006

42. Aspectos generales de Antioquia | Proantioquia [Internet]. [citado el 10 de septiembre de 2019]. Disponible en: <https://www.proantioquia.org.co/aspectos-generales-de-antioquia/>

43. Población [Internet]. [citado el 10 de septiembre de 2019]. Disponible en: https://www.dssa.gov.co/index.php?option=com_k2&view=item&layout=item&id=635&Itemid=118

44. ANTIOQUIA; INFORMACIÓN GENERAL - CIUDADES Y MUNICIPIOS - Colombiamania.com [Internet]. [citado el 10 de septiembre de 2019]. Disponible en: <http://www.colombiamania.com/departamentos/antioquia.html>

45. Área Metropolitana del Valle de Aburrá, Subdirección de Planeación. Plan Estadístico Corporativo del Área Metropolitana del Valle de Aburrá [Internet]. Disponible en: https://www.dane.gov.co/files/sen/planificacion/planes/PEC_Valle_Aburr_a_2004.pdf

46. Así es Medellín | Medellín Cómo Vamos [Internet]. [citado el 11 de septiembre de 2019]. Disponible en: <https://www.medellincomovamos.org/la-ciudad/>

47. Clima en Medellín [Internet]. [citado el 11 de septiembre de 2019]. Disponible en: <https://www.universia.es/estudiar-extranjero/colombia/ciudades/medellin/clima/3108>

48. Duarte Duarte J, García Botero GE. Contextualización de la problemática. 2011;9(2). Disponible en: <http://biblioteca.clacso.edu.ar/Colombia/alianza-cinde-umz/20140328071010/contextualizacion.JakelineD.pdf>

49. Gómez Comba CA. Contaminación del aire de Medellín por PM 10 y PM 2.5 y sus efectos en la salud. Univ Mil Nueva Granada [Internet]. 2017; Disponible en: <http://repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/17019#.WqHyFtbXPYy.mendeley>

50. Alcaldía de Medellín | Subportal del Ciudadano | Medio Ambiente | Información Secretarías | Secretaría de Medio Ambiente [Internet]. [citado el 11 de septiembre de 2019]. Disponible en: <https://www.medellin.gov.co/irj/portal/medellin?NavigationTarget=navurl://9b937f31c0d37b8674e905af2c81327b>

51. Gestión ambiental (SIGAM) S. Subsistema de Información Ambiental de Medellín SIAMED. Gac Of No4486 Artículo 35 [Internet]. 2017;96. Disponible en: https://normograma.info/medellin/normograma/docs/pdf/a_conmed_0067_2017.pdf

52. SIATA - Sistema de Alerta Temprana del valle de Aburrá [Internet]. [citado el 11 de septiembre de 2019]. Disponible en: https://siata.gov.co/sitio_web/index.php/nosotros

53. Páginas - Contenido [Internet]. [citado el 11 de septiembre de 2019]. Disponible en: <http://www.corantioquia.gov.co/Paginas/VerContenido.aspx?List=MenuSuperior&item=25>

54. Montealegre E, Pabón J. Seguimiento, diagnóstico y predicción climática en Colombia. Meteorol Colomb [Internet]. 2002; Disponible en: http://gfnun.unal.edu.co/fileadmin/content/geociencias/revista_meteorologia_colombiana/numero05/05_07.pdf

55. Departamento Nacional de Planeación. Plan Nacional de Desarrollo 2006-2010. Estado Comunitario: desarrollo para todos. Tomo 1 [Internet]. Diario Oficial. 2007. 440 p. Disponible en: https://colaboracion.dnp.gov.co/cdt/pnd/pnd_tomo_1.pdf

56. CONSEJO NACIONAL DE POLÍTICA ECONÓMICA Y SOCIAL. Conpes 3550 de 2008. 2008;44. Disponible en: https://www.fenalce.org/archivos/conpesbiocombustibles.pdf%0Ahttps://www.minambiente.gov.co/images/normativa/conpes/2008/conpes_3510_2008_.pdf

57. República de Colombia, Departamento Nacional de Planeación, Plan Nacional de Desarrollo. Prosperidad para Todos, más empleo, menos pobreza y más seguridad. 2010; Disponible en: <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/PND/PND2010-2014 Tomo I CD.pdf>

58. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible - MADS. Política nacional de cambio climático [Internet]. 2016. 1-138 p. Disponible en: http://www.andi.com.co/Uploads/13.PolCC_toma_decisiones.pdf

59. Ley 1931 de 2018. 2018;10. Disponible en: http://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma_pdf.php?i=87765

60. Ballester F. Contaminación Atmosférica, Cambio Climático y Salud. Air pollution, climate change, and health. Lancet Oncol [Internet]. 2015;16(6): e269. Disponible en: http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1135-57272005000200005

61. Fenómeno Niño y Niña - IDEAM [Internet]. [citado el 15 de septiembre de 2019]. Disponible en: <http://www.siac.gov.co/ninoynina>

62. The World Medical Association, – WMA –. WMA Declaration of Helsinki – Ethical Principles for Medical Research Involving Human Subjects [Internet]. 2013 [citado el 18 de septiembre de 2019]. p. 2191–4. Disponible en: <https://www.wma.net/wp-content/uploads/2016/11/DoH-Oct2013-JAMA.pdf>

63. Onursal B, Gautam SP. Contaminantes del aire y sus efectos. Banco Mund [Internet]. 1997;(x). Disponible en: <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/001083/Course2/Lecturas/Vehiculos/chapter2.pdf>

64. Estado de Salud | Así Vamos en Salud - indicadores en salud normatividad derechos [Internet]. [citado el 16 de septiembre de 2019]. Disponible en: <https://www.asivamosensalud.org/indicadores/estado-de-salud/tasa-de-mortalidad-porinfeccion-respiratoria-aguda-ira-en-menores-de-5>

65. Koehoorn M, Karr CJ, Demers PA, Lencar C, Tamburic L, Brauer M. Descriptive epidemiological features of bronchiolitis in a population-based cohort. Pediatrics [Internet]. diciembre de 2008 [citado el 18 de septiembre de 2019];122(6):1196–203. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19047234>

66. Babisch W, Wolf K, Petz M, Heinrich J, Cyrys J, Peters A. Associations between traffic noise, particulate air pollution, hypertension, and isolated systolic hypertension in adults: The KORA study. Environ Health Perspect. 2014;122(5):492–8.

67. Faustini A, Stafoggia M, Berti G, Bisanti L, Chiusolo M, Cernigliaro A, et al. The relationship between ambient particulate matter and respiratory

mortality: a multi-city study in Italy. Eur Respir J [Internet]. septiembre de 2011 [citado el 18 de septiembre de 2019];38(3):538–47. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21233266>

68. Muralikrishna I V., Manickam V. Introduction. En: Environmental Management: Science and Engineering for Industry. Elsevier; 2017. p. 1–4.

69. Ramos MB. Biometereología humana en la ciudad de punta alta [Internet]. 2010. Disponible en: http://repositoriodigital.uns.edu.ar/bitstream/123456789/2355/1/Tesis_Doctoral_Ramos.pdf

70. Universidad Nacional sede Medellín. Contaminacion del aire. Ans Fac Nal Minas, Medellín [Internet]. 1985;(60). Disponible en: [http://bdigital.unal.edu.co/53462/64/6. Contaminación del aire.pdf](http://bdigital.unal.edu.co/53462/64/6.Contaminación%20del%20aire.pdf)

71. Organización Mundial de la Salud, Organización Meteorológica Mundial, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Cambio climático y salud humana-Riesgos y respuestas. Resumen. [citado el 18 de septiembre de 2019]; Disponible en: <https://www.who.int/globalchange/publications/en/Spanishsummary.pdf>

72. Pope CA, Burnett RT, Thurston GD, Thun MJ, Calle EE, Krewski D, et al. Cardiovascular Mortality and Long-Term Exposure to Particulate Air Pollution: Epidemiological Evidence of General Pathophysiological Pathways of Disease. Circulation [Internet]. el 6 de enero de 2004 [citado el 18 de septiembre de 2019];109(1):71–7. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/14676145>

73. Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo. Declaración de Rio sobre el Medio Ambiente. 1992; 1972:1–5. Disponible en: http://www.unesco.org/education/pdf/RIO_S.PDF

74. Stocker TF, Qin D, Plattner G-K, Alexander L., Allen SK, Bindoff NL, et al. IPCC, 2013: Glosario [Planton, S. (ed.)]. En: Cambio Climático 2013. Bases físicas. Contribución del Grupo de trabajo I al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattn. IPCC. 2014.

75. Organización Mundial de la Salud. La OMS insta a los países a proteger la salud contra el cambio climático [Internet]. [citado el 18 de septiembre de 2019]. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/detail/17-11-2015-who-calls-on-countries-to-protect-health-from-climate-change>

76. Yepes A. Cambio Climático: estrategias de gestión con el tiempo en contra... Orinoquia [Internet]. 2012;16(1):77–92. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/rori/v16n1/v16n1a09.pdf>

77. IDEAM. Inventario Nacional y Departamental de Gases Efecto Invernadero - Colombia [Internet]. [citado el 18 de septiembre de 2019]. Disponible en: <http://www.cambioclimatico.gov.co/inventario-nacional-de-gases-efecto-invernadero>

78. Berberiana G, Rosanova MT. Impacto del cambio climático en las enfermedades infecciosas. Arch Argent Pediatr [Internet]. enero de 2012 [citado el 18 de septiembre de 2019];110(1):39–45. Disponible en: <http://www.scielo.org.ar/pdf/aap/v110n1/v110n1a09.pdf>

79. IPCC. Summary for Policymakers, In: Climate Change 2014, Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. 2014.

80. Hipócrates. Sobre Los Aires, Aguas Y Lugares: (Perl aérôn, hydâtôn, têtônj). En: Tratados Hocráticos (Corpus Hippocraticum) [Internet]. [citado el 18 de septiembre de 2019]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/228366672/Aires-Aguas-y-Lugares>

81. Sánchez Zavaleta CA. Evolución del Concepto de Cambio Climático y su Impacto en la Salud Pública del Perú. Rev Peru Med Exp Salud Publica [Internet]. 2016 [citado el 18 de septiembre de 2019];33(1):128–66. Disponible en: <https://scielosp.org/pdf/rpmesp/v33n1/1726-4642-rpmesp-33-01-00128.pdf>

82. IPCC. Grupo intergubernamental de expertos sobre el cambio climático. Cambio climático 2014: Informe de síntesis [Internet]. 2014. Disponible en: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/SYR_AR5_FINAL_full_es.pdf

83. WHO. Quantitative risk assessment of the effects of climate change on selected causes of death, 2030s and 2050s. 2014; Disponible en: <http://www.who.int/globalchange/publications/quantitative-risk-assessment/en/>

84. Cai W, Santoso A, Wang G, Yeh SW, An S II, Cobb KM, et al. ENSO and greenhouse warming [Internet]. Vol. 5, Nature Climate Change.

Nature Publishing Group; 2015 [citado el 18 de septiembre de 2019]. p. 849–59. Disponible en: <https://www.nature.com/articles/nclimate2743>

85. Fernández Lopera CC, Castro Rivera JA, Desastres UN para la G del R de. Fenómeno El Niño, Análisis comparativo 1997-1998 // 2014-2016. instnameUnidad Nac para la Gestión del Riesgo Desastr [Internet]. 2016 [citado el 18 de septiembre de 2019]; Disponible en: <https://repositorio.gestiondelriesgo.gov.co/handle/20.500.11762/20564>

86. Calidad del aire ambiente (exterior) y salud [Internet]. [citado el 16 de septiembre de 2019]. Disponible en: [https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)

87. Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate Change 2013 - The Physical Science Basis. 2013.

88. Enfermedad Respiratoria Aguda ERA - [Internet]. [citado el 18 de septiembre de 2019]. Disponible en: https://www.sanidadfuerzasmilitares.mil.co/comunicaciones/foto_noticias/enfermedad_respiratoria_aguda_era

89. Patz JA, Gibbs HK, Foley JA, Rogers J V., Smith KR. Climate change and global health: Quantifying a growing ethical crisis. Vol. 4, EcoHealth. 2007. p. 397–405.

90. Cambio climático y salud [Internet]. [citado el 8 de septiembre de 2019]. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/cambio-climático-y-salud>

91. Correal ME, Esteban J, Marthá JE, Sarmiento R. Influencia de la variabilidad climática en las enfermedades respiratorias agudas en Bogotá Influence of the climate variability on acute respiratory infections in the city of Bogotá. Biomédica [Internet]. 2015;3535(22):130–8. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.7705/biomedica.v35i0.2456>

92. Pinzón Gómez EM, Moran Garreta LM, Loba Arboleda N, Cedeño Macías PA. Manejo clínico de pacientes menores de 5 años hospitalizados con diagnóstico de neumonía acorde con la estrategia AIEPI, en una institución de salud, Cauca, Colombia. Rev Colomb Salud Libr [Internet]. 2015;10(2):116–23. Disponible en: <http://revistasojs.unilibrecali.edu.co/index.php/rcslibre/article/view/116>

93. Organización Mundial de la Salud. Neumonía [Internet]. [citado el 15 de septiembre de 2019]. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/pneumonia>

- 94.** Gonz YO, Morej MP, Iglesias P, Grado P, Infecciosas E, Grado ES, et al. Clínica y epidemiología de las infecciones respiratorias agudas en pacientes de 0-14 años Clinics and Epidemiology of acute respiratory infections in patients from 0 to 14 years old. Rev Ciencias Médicas Pinar del Río. 2013;17(1):49-62.
- 95.** Ng S, Gordon A. Influenza Burden and Transmission in the Tropics. Curr Epidemiol Reports [Internet]. junio de 2015 [citado el 8 de septiembre de 2019];2(2):89-100. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4411750/pdf>
- 96.** Chiu SS, Lung Lau Y, Chan KH, Wong WHS, Peiris JSM. Influenza-related hospitalizations among children in Hong Kong. N Engl J Med [Internet]. el 26 de diciembre de 2002 [citado el 17 de septiembre de 2019];347(26):2097-103. Disponible en: <https://www.nejm.org/doi/full/10.1056/NEJMoa020546>
- 97.** Emukule GO, Khagayi S, McMorro ML, Ochola R, Otieno N, Widdowson MA, et al. The burden of influenza and rsv among inpatients and outpatients in rural western Kenya, 2009-2012. PLoS One [Internet]. el 18 de agosto de 2014 [citado el 17 de septiembre de 2019];9(8). Disponible en: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0105543>
- 98.** Secretaría de Salud de Medellín. Boletín de Periodo Epidemiológico Medellín. 2017; 13:103. Disponible en: https://www.medellin.gov.co/irj/go/km/docs/pccdesign/medellin/Temas/Salud_0/Publicaciones/Shared_Content/Periodo_Epidemiológico/Informe_Periodo_6.pdf
- 99.** Cada día mueren 7000 recién nacidos a pesar de los progresos en la supervivencia infantil [Internet]. [citado el 16 de septiembre de 2019]. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/detail/19-10-2017-7-000-newborns-die-every-day-despite-steady-decrease-in-under-five-mortality-new-report-says>
- 100.** Ospina Rojo CM, Holguín Villa HO, Castañeda Naranjo ÁM, Marín Palacio DM, Jaimes Ballesteros M, Cadavid ME. Capítulo 4. Mortalidad. :1-78. Disponible en: <https://www.dssa.gov.co/index.php/descargas/251-capituloestructuramortalidad/file>

- 101.** Tasa de Mortalidad en Menores de 5 años – Georeferenciado [Internet]. [citado el 8 de septiembre de 2019]. Disponible en: <https://www.asivamosensalud.org/indicadores/poblaciones-vulnerables/tasa-de-mortalidad-en-menores-de-5-anos-georeferenciado>
- 102.** Disminuye mortalidad infantil y materna en Medellín [Internet]. [citado el 8 de septiembre de 2019]. Disponible en: <https://www.elcolombiano.com/colombia/salud/la-ciudad-redujo-la-tasa-de-mortalidad-infantil-1-LM2196850>
- 103.** Organización Panamericana de la Salud O, Organización Mundial de la Salud O. Unidad de Atención de Enfermedad Respiratoria Aguda Comunitaria -UAERAC/UAIRAC [Internet]. 2012. 61 p. Disponible en: http://www.paho.org/col/index.php?option=com_content&view=article&id=1755:unidad-de-atencion-de-enfermedad-respiratoria-aguda-comunitaria&Itemid=361%0Ahttp://www.paho.org/col/index.php?option=com_content&view=article&id=1755:unidad-de-atencion-de-enfermedad
- 104.** Alcaldía de Medellín | Subportal del Ciudadano | Salud | Publicaciones | Boletín Epidemiológico | Boletín Epidemiológico [Internet]. [citado el 17 de septiembre de 2019]. Disponible en: <https://www.medellin.gov.co/irj/portal/medellin?NavigationTarget=navurl://6eae8fe2b7d42116afaf9a58e0bbcc76>
- 105.** Ministerio de Salud y Protección Social, Dirección de Promoción y Prevención. Programa Nacional de Prevención, Manejo y Control de la Infección Respiratoria Aguda en Colombia. Br J Psychiatry [Internet]. 1965;111(479):1009–10. Disponible en: <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/P/P/ET/PREVENCIÓN-MANEJO-CONTROL-IRA-MENORES-5-ANOS-2015.pdf>
- 106.** Salud en las Américas 2017 [Internet]. [citado el 16 de septiembre de 2019]. Disponible en: <https://www.paho.org/salud-en-las-americas-2017/?lang=es>
- 107.** Hill TP. Institute of Mathematical Statistics is collaborating with JSTOR to digitize, preserve, and extend access to Statistical Science. ® www.jstor.org. Stat Sci [Internet]. 1986;10(4):354–63. Disponible en: https://projecteuclid.org/download/pdf_1/euclid.ss/1177013604
- 108.** Analysing Ecological Data [Internet]. [citado el 8 de septiembre de 2019]. Disponible en: <https://highstat.com/index.php/analysing-ecological-data>

109. Alonso GLL. Patrones de cambio en la talla de la megafauna bentónica de fondos blandos tropicales: correlativos biológicos y ambientales [Internet]. Universidad Nacional de Colombia; 2011. Disponible en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/5287/1/190249.2011.pdf>

110. Protocolo de Kioto. Conv Marco las Nac Unidas sobre el Cambio Climático [Internet]. 1997; 61702:25. Disponible en: <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpspan.pdf>

111. Dickie MJ, Coronel A. Cambio Climático: breve historia y tendencias en la Región Húmeda. 2015; Disponible en: <https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta-cambio-climatico.pdf>

112. Cumbre de la Tierra en Río de Janeiro (1992) [Internet]. EcuRed. [citado el 17 de septiembre de 2019]. Disponible en: [https://www.ecured.cu/Cumbre de la Tierra en Río de Janeiro \(1992 \)](https://www.ecured.cu/Cumbre%20de%20la%20Tierra%20en%20R%C3%ADo%20de%20Janeiro%20(1992))

113. Congreso de la República de Colombia. Ley 164 de 1994: Por medio de la cual se aprueba la "Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático", hecha en Nueva York el 9 de mayo de 1992. D Of [Internet]. 1994; Disponible en: [http://www.ideam.gov.co/documents/24024/26915/C Users JGomez Documents LEY+164+DE+1994.pdf](http://www.ideam.gov.co/documents/24024/26915/C%20Users%20JGomez%20Documents%20LEY+164+DE+1994.pdf)

114. Congreso de la República de Colombia. Ley 629 de 2000, por medio de la cual, se aprueba el "Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático", hecho en Kyoto el 11 de diciembre de 1997. 2000;3(1):44-35. Disponible en: http://biblioteca.saludcapital.gov.co/img_upload/03d591f205ab80e521292987c313699c/ley-629-de-2000.pdf

115. Consejo Nacional de Política Económica y Social. Estrategia Institucional para la venta de Servicios Ambientales de Mitigación del Cambio Climático. Doc Conpes 3242 [Internet]. 2003;16. Disponible en: http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/conpes/2003/Conpes_3242_2003.pdf

116. República de Colombia, Consejo Nacional de Política Económica y Social, Departamento Nacional de Planeación. CONPES 3550. 2008;54. Disponible en: http://www.minvivienda.gov.co/conpesagua/3550_2008.pdf

117. Área Metropolitana del Valle de Aburrá. Plan integral del Desarrollo Metropolitano - Metrópoli 2008 - 2020. 2007;280. Disponible en: <https://www.metropol.gov.co/planeacion/Documents/plan-metropoli-2008-2020.pdf>

118. Congreso de la República de Colombia. LEY 1450 DE 2011. 2014;2011(junio 16):97. Disponible en: <http://www.minvivienda.gov.co/NormativaInstitucional/1450 - 2011.pdf>

119. República de Colombia, Consejo Nacional de Política Económica y Social. Estrategia Institucional para la Articulación de Políticas y Acciones en Materia de Cambio Climático en Colombia CONPES 3700 de 2011. Doc CONPES [Internet]. 2011;3700:75. Disponible en: <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Económicos/3700.pdf>

120. Congreso de la República de Colombia. LEY 1523 DE 2012. 2012;2012(48):57-77. Disponible en: https://www.mintic.gov.co/portal/604/articles-3713_documento.pdf

121. República de Colombia, Ministerio de Salud y Protección Social. Resolución Número 01841 de 2013. 2013; Disponible en: <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/DIJ/resolucion-1841-de-2013.pdf>

122. Congreso de Colombia. Ley 1438-19 enero 2011. 2011;(4). Disponible en: https://www.minsalud.gov.co/Normatividad_Nuevo/LEY_1438_DE_2011.pdf

123. República de Colombia, Departamento Nacional de Planeación. Plan de Desarrollo Nacional 2014-2018 CONPES. Doc CONPES [Internet]. 2014;69. Disponible en: [https://www.minagricultura.gov.co/planeacion-control-gestion/Gestin/Plan de Acción/PLAN NACIONAL DE DESARROLLO 2014 - 2018 TODOS POR UN NUEVO PAIS.pdf](https://www.minagricultura.gov.co/planeacion-control-gestion/Gestin/Plan%20de%20Acci n/PLAN%20NACIONAL%20DE%20DESARROLLO%202014%20-%202018%20TODOS%20POR%20UN%20NUEVO%20PAIS.pdf)
<https://www.dnp.gov.co/Portals/0/archivos/documentos/Subdireccion/Conpes/3582.pdf>

124. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Decreto 298 de 2016. 2016; Disponible en: <http://www.minambiente.gov.co/images/AsuntosMarinosCosterosyRecursosAcuatico/DECRETO298-DEL-24-DE-FEBRERO-DE-2016-sisclima.pdf>

125. Gobernación de Antioquia, Departamento Administrativo de Planeación. Plan Nacional de Desarrollo de Antioquia "Antioquia piensa en grande" 2016 - 2019. 2016;525. Disponible en:

[http://www.antioquia.gov.co/images/pdf/ORDENANZA PLAN DE DESARROLLO DE ANTIOQUIA 2016-2019_FirmaEscaneada.pdf](http://www.antioquia.gov.co/images/pdf/ORDENANZA_PLAN_DE_DESARROLLO_DE_ANTIOQUIA_2016-2019_FirmaEscaneada.pdf)

126. Alcaldía de Medellín. Departamento Administrativo de Planeación. Plan Nacional de Desarrollo Medellín cuenta con vos 2016-2019. Br J Psychiatry [Internet]. 1965;111(479):1009-10. Disponible en: https://www.medellin.gov.co/irj/go/km/docs/pccdesign/SubportaldelCiudadano_2/PlandeDesarrollo_0_17/Publicaciones/SharedContent/Documentos/2016/PlandedesarrolloMunicipalConsolidadov229FEB16.pdf

127. Gutiérrez LP, Yepes HJG, Flórez JDA. Plan Territorial de Salud Plan de Desarrollo "Antioquia Piensa en Grande 2016-2019". 2016; Disponible en: [https://www.dssa.gov.co/images/PLAN TERRITORIAL DE SALUD WORD _ VERSIÓN 8.pdf](https://www.dssa.gov.co/images/PLAN_TERRITORIAL_DE_SALUD_WORD_VERSIÓN_8.pdf)

128. Ministerio de Salud y Protección Social. Dirección de Promoción y Prevención Subdirección de Enfermedades Transmisibles. Grupo de Inmunoprevenibles - PAI. Lineamientos para la vacunación contra Influenza estacional - Cepa Sur 2018. 2018;1-13. Disponible en: <http://www.saludtundama.gov.co/new/images/contenidos/noticias/Lineamientos-Influenza-BOYACA-2018-.pdf>

129. Ministro de salud y protección social, Directora general del instituto nacional de salud. Circular externa conjunta N° 031 de 2018. 2003;(052):1-4. Disponible en: <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/DIJ/circular-conjunta-31-de-2018.pdf>

130. Luong LMT, Phung D, Sly PD, Dang TN, Morawska L, Thai PK. Effects of temperature on hospitalisation among pre-school children in Hanoi, Vietnam. Environ Sci Pollut Res [Internet]. 2019;26(3):2603-12. Disponible en: <https://tinyurl.com/Effects-of-temp-hospitalizatio>

131. Wunsch G, Gourbin C. Mortality, morbidity and health in developed societies: a review of data sources. Genus [Internet]. 2018;74(1). Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5787574/pdf>

132. Mortalidad infantil - Humanium [Internet]. [citado el 15 de septiembre de 2019]. Disponible en: <https://www.humanium.org/es/mortalidad-infantil/>

133. Ministerio de Salud y Protección Social. Los niños de Colombia, prioridad para el Ministerio de Salud y Protección Social [Internet]. [citado el 15 de septiembre de 2019]. Disponible en: <https://www.minsalud.gov.co/Paginas/Los-niños-de-Colombia,-prioridad-para-el-Ministerio-de-Salud-y-Protección-Social.aspx>

134. Savy V, Ciapponi A, Bardach A, Glujovsky D, Aruj P, Mazzoni A, et al. Burden of influenza in Latin America and the Caribbean: A systematic review and meta-analysis. *Influenza Other Respi Viruses*. 2013;7(6):1017–32.

135. Esquemas de Vacunación [Internet]. [citado el 15 de septiembre de 2019]. Disponible en: <https://www.minsalud.gov.co/proteccionsocial/Paginas/EsquemasdeVacunación.aspx>

136. Hasan R, Rhodes J, Thamthitiwat S, Olsen SJ, Prapasiri P, Naorat S, et al. Incidence and etiology of acute lower respiratory tract infections in hospitalized children younger than 5 years in rural Thailand. *Pediatr Infect Dis J* [Internet]. 2014;33(2). Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4667718/pdf>

137. Olsen SJ, Thamthitiwat S, Chantra S, Chittaganpitch M, Fry AM, Simmerman JM, et al. Incidence of respiratory pathogens in persons hospitalized with pneumonia in two provinces in Thailand. *Epidemiol Infect* [Internet]. 2010;138(12):1811–22. Disponible en: <https://www.cambridge.org/core/services/aop-cambridge-core/content/view/2A4C77CE48BDC812D2DC009A706D1AAE/S0950268810000646a.pdf>

138. Lowen AC, Mubareka S, Steel J, Palese P. Influenza virus transmission is dependent on relative humidity and temperature. *PLoS Pathog* [Internet]. 2007;3(10):1470–6. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2034399/pdf/>

139. Shaman J, Kohn M. Absolute humidity modulates influenza survival, transmission, and seasonality. *Proc Natl Acad Sci U S A* [Internet]. 2009;106(9):3243–8. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2651255/pdf/>

140. Charu V, Chowell G, Palacio Mejia LS, Echevarría-Zuno S, Borja-Aburto VH, Simonsen L, et al. Mortality burden of the A/H1N1 pandemic in Mexico: A comparison of deaths and years of life lost to seasonal

influenza. Clin Infect Dis [Internet]. 2011;53(10):985–93. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3202315/pdf/>

141. Tamayo Reus CM, Bastart Ortiz EA, Cunill Romero S. Mortalidad por neumonía en menores de 5 años. Medisan [Internet]. 2014;18(3):327–33. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/san/v18n3/san05314.pdf>

142. Atchesen LH, Aly Turruelles FD. Comportamiento de las infecciones respiratorias agudas bajas en niños menores de cinco años en el Hospital George Gauvin de Haití. :470–6. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/ccm/v17n4/ccm07413.pdf>

143. Gáfarro Rojas AI, Mallor Giménez F, Azcárate Camio C. Modelado de la atención en consulta externa en un hospital público: una herramienta de gestión. 2014;13(26):106–18. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/rgps/v13n26/v13n26a08.pdf>

144. Matus C. P, Oyarzún G. M. Impacto del Material Particulado aéreo (MP_{2,5}) sobre las hospitalizaciones por enfermedades respiratorias en niños: estudio caso-control alterno. Rev Chil Pediatr [Internet]. 2019;90(2):166–74. Disponible en: https://scielo.conicyt.cl/pdf/rcp/v90n2/0370-4106-rcp-rchped_v90i2_750.pdf

145. El ministerio de medio ambiente y desarrollo sostenible. Resolución 2254 de 01 de noviembre de 2017 por la cual se adopta la norma de calidad del aire ambiente y se dictan otras disposiciones [Internet]. Disponible en: <http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/resoluciones/96-res-2254-de-2017.pdf>

146. Organización Mundial de la Salud. Guías de calidad del aire de la OMS relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre. 2005;1–21. Disponible en: https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/69478/WHO_SDE_PHE_OEH_06.02_spa.pdf

147. Onozuka D, Hashizume M, Hagihara A. Impact of weather factors on Mycoplasma pneumoniae pneumonia. Thorax [Internet]. 2009;64(6):507–11. Disponible en: <https://thorax.bmj.com/content/thoraxjnl/64/6/507.full.pdf>

148. Lao J, Liu Z, Liu Y, Zhang J, Jiang B. Influence of diurnal temperature range on influenza incidence in the elderly. Chinese J Endem [Internet].

el 1 de noviembre de 2018 [citado el 15 de septiembre de 2019];39(11):1454–8. Disponible en: <https://europepmc.org/abstract/med/30462953>

149. Sohn S, Cho W, Kim JA, Altaluoni A, Hong K, Chul Chun B. "Pneumonia weather": Short-term Effects of Meteorological Factors on Emergency Room Visits Due to Pneumonia in Seoul, Korea. *J Prev Med Public Heal* [Internet]. 2019;52(2):82–91. Disponible en: <https://www.jpmp.org/upload/pdf/jpmp-52-2-82.pdf>

150. Guo Q, Dong Z, Zeng W, Ma W, Zhao D, Sun X, et al. The effects of meteorological factors on influenza among children in Guangzhou, China. *Influenza Other Respi Viruses* [Internet]. 2018;(November 2018):166–75. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6379639/pdf>

151. Bai Y-L, Huang D-S, Liu J, Li D-Q, Guan P. Effect of meteorological factors on influenza-like illness from 2012 to 2015 in Huludao, a northeastern city in China. *PeerJ* [Internet]. 2019;7: e6919. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6501768/pdf/>

152. Davis RE, Rossier CE, Enfield KB. The impact of weather on influenza and pneumonia mortality in new york city, 1975-2002: A retrospective study. *PLoS One* [Internet]. 2012;7(3):1–8. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3314701/pdf/>

153. Grabowska K, Högberg L, Penttinen P, Svensson Å, Ekdahl K. Occurrence of invasive pneumococcal disease and number of excess cases due to influenza. *BMC Infect Dis* [Internet]. 2006; 6:1–9. Disponible en: <https://bmcinfectdis.biomedcentral.com/track/pdf/10.1186/1471-2334-6-58>

154. Wong C, Chan K, Hedley AJ, Peiris JSM. Influenza-Associated Mortality in Hong Kong. *Clin Infect Dis* [Internet]. diciembre de 2004 [citado el 15 de septiembre de 2019];39(11):1611–7. Disponible en: <https://academic.oup.com/cid/article/39/11/1611/464255>

155. Liu XX, Li Y, Qin G, Zhu Y, Li X, Zhang J, et al. Effects of air pollutants on occurrences of influenza-like illness and laboratory-confirmed influenza in Hefei, China. *Int J Biometeorol* [Internet]. el 15 de enero de 2019 [citado el 15 de septiembre de 2019];63(1):51–60. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs00484-018-1633-0>

156. Feng C, Li J, Sun W, Zhang Y, Wang Q. Impact of ambient fine particulate matter (PM_{2.5}) exposure on the risk of influenza-like-illness: A time-series analysis in Beijing, China. *Environ Heal A Glob Access Sci Source* [Internet]. 2016;15(1):1–12. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1186/s12940-016-0115-2>

157. Chen G, Zhang W, Li S, Zhang Y, Williams G, Huxley R, et al. The impact of ambient fine particles on influenza transmission and the modification effects of temperature in China: A multi-city study. *Environ Int* [Internet]. el 1 de enero de 2017 [citado el 15 de septiembre de 2019]; 98:82–8. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0160412016305530?via%3Dihub>

158. Gomez-Barroso D, León-Gómez I, Delgado-Sanz C, Larrauri A. Climatic factors and influenza transmission, Spain, 2010–2015. *Int J Environ Res Public Health* [Internet]. 2017;14(12). Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5750888/pdf>

159. Tang JW, Lai FYL, Nymadawa P, Deng YM, Ratnamohan M, Petric M, et al. Comparison of the incidence of influenza in relation to climate factors during 2000–2007 in five countries. *J Med Virol* [Internet]. noviembre de 2010 [citado el 15 de septiembre de 2019];82(11):1958–65. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/jmv.21892>

160. Shu YL, Fang LQ, de Vlas SJ, Gao Y, Richardus JH, Cao WC. Dual seasonal patterns for influenza, China. *Emerg Infect Dis* [Internet]. 2010;16(4):725–6. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3321959/pdf>

161. Soebiyanto RP, Adimi F, Kiang RK. Modeling and predicting seasonal influenza transmission in warm regions using climatological parameters. *PLoS One* [Internet]. el 1 de marzo de 2010 [citado el 15 de septiembre de 2019];5(3). Disponible en: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0009450>

162. Tamerius JD, Shaman J, Alonso WJ, Bloom-Feshbach K, Uejio CK, Comrie A, et al. Environmental Predictors of Seasonal Influenza Epidemics across Temperate and Tropical Climates. *PLoS Pathog* [Internet]. 2013 [citado el 15 de septiembre de 2019];9(3). Disponible en: <https://journals.plos.org/plospathogens/article?id=10.1371/journal.ppat.1003194>

- 163.** Li Y, Wang XL, Zheng X. Impact of weather factors on influenza hospitalization across different age groups in subtropical Hong Kong. *Int J Biometeorol* [Internet]. el 1 de septiembre de 2018 [citado el 15 de septiembre de 2019];62(9):1615–24. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs00484-018-1561-z>
- 164.** Hanley BP, Borup B. Aerosol influenza transmission risk contours: A study of humid tropics versus winter temperate zone. *Virol J* [Internet]. 2010 [citado el 15 de septiembre de 2019];7. Disponible en: <https://virologyj.biomedcentral.com/articles/10.1186/1743-422X-7-98>
- 165.** Shaman J, Pitzer VE, Viboud C, Grenfell BT, Lipsitch M. Absolute humidity and the seasonal onset of influenza in the continental United States. *PLoS Biol* [Internet]. 2010; Disponible en: <https://journals.plos.org/plosbiology/article?id=10.1371/journal.pbio.1000316>
- 166.** Thompson WW, Shay DK, Weintraub E, Cox N, Anderson LJ, Fukuda K. Mortality associated with influenza and respiratory syncytial virus in the United States. *J Am Med Assoc* [Internet]. el 8 de enero de 2003 [citado el 15 de septiembre de 2019];289(2):179–86. Disponible en: <https://jamanetwork.com/journals/jama/fullarticle/195750>
- 167.** Crichton EJ, Moineddin R, Mamdani M, Upshur REG. Influenza and pneumonia hospitalizations in Ontario: A time-series analysis. *Epidemiol Infect* [Internet]. 2004;132(6):1167–74. Disponible en: https://www.cambridge.org/core/services/aop-cambridge-core/content/view/6C5DC2FADF0CAE8DB7D0DE0563DEDF65/S0950268804002924a.pdf/influenza_and_pneumonia_hospitalizations_in_ontario_a_timeseries_analysis.pdf
- 168.** Thompson WW, Shay DK, Weintraub E, Brammer L, Bridges CB, Cox NJ, et al. Influenza-associated hospitalizations in the United States. *J Am Med Assoc* [Internet]. el 15 de septiembre de 2004 [citado el 15 de septiembre de 2019];292(11):1333–40. Disponible en: <https://jamanetwork.com/journals/jama/fullarticle/199440>
- 169.** Serfling RE. Methods for Current Statistical Analysis of Excess Pneumonia-Influenza Deaths. *Public Heal Reports* [Internet]. 1963;78(6):494. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1915276/pdf/pubhealthrporiq00078-0040.pdf>

170. Dushoff J, Plotkin JB, Viboud C, Earn DJD, Simonsen L. Mortality due to influenza in the United States--an annualized regression approach using multiple-cause mortality data. *Am J Epidemiol* [Internet]. el 15 de enero de 2006 [citado el 15 de septiembre de 2019];163(2):181-7. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16319291>

171. Sprenger MJW, Mulder PGH, Beyer WEP, Masurel N. Influenza: Relation of mortality to morbidity parameters - Netherlands, 1970-1989. *Int J Epidemiol* [Internet]. diciembre de 1991 [citado el 15 de septiembre de 2019];20(4):1118-24. Disponible en: <https://academic.oup.com/ije/article-abstract/20/4/1118/839232?redirectedFrom=fulltext>

172. Denoed L, Turbelin C, Ansart S, Valleron AJ, Flahault A, Carrat F. Predicting pneumonia and influenza mortality from morbidity data. *PLoS One* [Internet]. 2007;2(5):3-6. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1866180/pdf>

173. Centers for Disease Control and Prevention (CDC). Estimates of deaths associated with seasonal influenza --- United States, 1976-2007. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep* [Internet]. el 27 de agosto de 2010 [citado el 15 de septiembre de 2019];59(33):1057-62. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20798667>

174. Ma J, Dushoff J, Earn DJD. Age-specific mortality risk from pandemic influenza. *J Theor Biol* [Internet]. el 7 de noviembre de 2011 [citado el 15 de septiembre de 2019];288(1):29-34. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022519311003894?via%3Dihub>

175. Rey CC, García MLG, Flecha IC, Breña PP. Infecciones respiratorias virales. *Protoc Infectología Asoc Española Pediatría Soc Española Infectología Pediátrica* [Internet]. 2011;189-204. Disponible en: <https://www.aeped.es/sites/default/files/documentos/irsv.pdf>

176. Centers for Disease Control and Prevention (CDC). Propagación de la influenza. 2019 [citado el 15 de septiembre de 2019]; Disponible en: <https://espanol.cdc.gov/enes/flu/about/disease/spread.htm>

177. Simonsen L. The global impact of influenza on morbidity and mortality. En: *Vaccine* [Internet]. 1999 [citado el 15 de septiembre de 2019]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/sdfe/pdf/download/eid/1-s2.0-S0264410X99000997/first-page-pdf>

178. Naghavi M, Barlas Z, Siadaty S, Naguib S, Madjid M, Casscells W. Association of influenza vaccination and reduced risk of recurrent myocardial infarction. *Circulation* [Internet]. el 19 de diciembre de 2000 [citado el 15 de septiembre de 2019];102(25):3039–45. Disponible en: <https://www.ahajournals.org/doi/pdf/10.1161/01.CIR.102.25.3039>

Anexos

Anexo N°1

Diagnósticos CIE-10 que se incluyeron para la definición del evento centinela **Influenza [gripe] y neumonía (J10–J18)**.

Clasificación	Evento
J10.0	Influenza con neumonía, debida a virus de la influenza identificado.
J10.1	Influenza con otras manifestaciones respiratorias, debida a virus de la influenza identificado.
J10.8	Influenza, con otras manifestaciones, debida a virus de la influenza identificado.
J11.0	Influenza con neumonía, virus no identificado.
J11.1	Influenza con otras manifestaciones respiratorias, virus no identificado.
J11.8	Influenza con otras manifestaciones, virus no identificado.
J12.0	Neumonía debida a adenovirus.
J12.1	Neumonía debida a virus sincitial respiratorio.
J12.2	Neumonía debida a virus parainfluenza.
J12.8	Neumonía debida a otros virus.
J12.9	Neumonía viral, no especificada.
J13.X	Neumonía debida a streptococcus pNeumoníae.
J14.X	Neumonía debida a haemophilus influenzae.
J15.0	Neumonía debida a klebsiella pNeumoníae.
J15.1	Neumonía debida a pseudomonas.
J15.2	Neumonía debida a estafilococos.
J15.3	Neumonía debida a estreptococos del grupo b.
J15.4	Neumonía debida a otros estreptococos.
J15.5	Neumonía debida a escherichia coli.
J15.6	Neumonía debida a otras bacterias aerobicas gramnegativas.
J15.7	Neumonía debida a mycoplasma pNeumoníae
J15.8	Otras Neumonías bacterianas.
J15.9	Neumonía bacteriana, no especificada.
J16.0	Neumonía debida a clamidias.
J16.8	Neumonía debida a otros microorganismos infecciosos especificados.
J17.0	Neumonía en enfermedades bacterianas clasificadas en otra parte.
J17.1	Neumonía en enfermedades virales clasificadas en otra parte.
J17.2	Neumonía en micosis.
J17.8	Neumonía en otras enfermedades clasificadas en otra parte.

Clasificación	Evento
J18.0	BroncoNeumonía, no especificada.
J18.1	Neumonía lobar, no especificada.
J18.2	Neumonía hipostatica, no especificada.
J18.8	Otras Neumonías, de microorganismo no especificado.
J18.9	Neumonía, no especificada.

Anexo N°2

Cuadro de Operacionalización de Variables

Operacionalización de las variables de Mortalidad				
N°	Descripción	Naturaleza	Nivel de Medición	Categorías
1	Área donde ocurrió la defunción	Cualitativa	Nominal	1: Cabecera municipal 2: Rural disperso 9: Sin información
2	Sitio donde ocurrió la defunción	Cualitativa	Nominal	1: Hospital / Clínica 2: Casa / Domicilio 3: Vía pública 4: Sin información
3	Naturaleza jurídica de la IPS	Cualitativa	Nominal	0: Sin información 1: Institución pública 2: Institución privada
4	Año en que ocurrió de la defunción	Cualitativa	Nominal	1: 2008 2: 2009 3: 2010 4: 2011 5: 2012 6: 2013 7: 2014 8: 2015
5	Mes en que ocurrió la defunción	Cualitativa	Nominal	1: Enero 2: Febrero 3: Marzo 4: Abril 5: Mayo

				6: Junio 7: Julio 8: Agosto 9: Septiembre 10: Octubre 11: Noviembre 12: Diciembre
6	Sexo	Cualitativa	Nominal	1: Hombre 2: Mujer
7	Edad en meses	Cualitativa	Ordinal	1: < 1 mes 2: 1 a 5 meses 3: 6 a 11 meses 4: 12 meses 5: > 12 meses
8	Etnia	Cualitativa	Nominal	1: Indígena 2: Gitano 3: Raizal del archipiélago de San Andrés 4: Palenquero de San Basilio 5: Negro(a), mulato(a), afrocolombiano(a) o afrodescendiente 6: Ninguno de los anteriores 9: Sin información
9	Área de residencia habitual	Cualitativa	Nominal	1: Cabecera municipal 2: Centro poblado (Inspección, caserío o corregimiento) 3: Rural disperso 9: Sin información

10	Régimen de seguridad social	Cualitativa	Nominal	1: Contributivo 2: Subsidiado 3: Excepción 4: Especial 5: No asegurado 9: Sin información
11	Como se determinó la causa de muerte	Cualitativa	Nominal	1: Necropsia 9: Sin información
12	Como se determinó la causa de muerte	Cualitativa	Nominal	1: Historia clínica 9: Sin información
13	Como se determinó la causa de muerte	Cualitativa	Nominal	1: Pruebas de laboratorio 9: Sin información
14	Como se determinó la causa de muerte	Cualitativa	Nominal	1: Interrogatorio a familiares o testigos 9: Sin información
15	Certificado de defunción expedido por	Cualitativa	Nominal	1: Médico tratante 2: Médico no tratante 3: Médico legista 4: Personal de salud autorizado 5: Funcionario del registro civil 6: Otro
16	Recibió asistencia médica durante el proceso que lo llevo a la muerte	Cualitativa	Nominal	1: Si 2: No 3: Ignorado 9: Sin información
17	Evento centinela	Cualitativa	Nominal	1: Influenza

				2: Neumonía
18	Subcategoría del evento centinela	Cualitativa	Nominal	1: Influenza debida a virus de la influenza identificado 2: Influenza debida a virus no identificado 3: Neumonía bacteriana, no clasificada en otra parte 4: Neumonía viral, no clasificada en otra parte 5: Neumonía, organismo no especificado
Operacionalización de las variables de Morbilidad				
19	Fecha de atención de casos de morbilidad	Cualitativa	Nominal	De 01/01/2008 a 31/12/2015
20	Año de ocurrencia	Cualitativa	Nominal	1:2008 2: 2009 3: 2010 4: 2011 5: 2012 6: 2013 7: 2014 8: 2015
21	Sexo	Cualitativa	Nominal	0: Mujer 1: Hombre 2: Población total
22	Casos identificados del evento centinela	Cuantitativa	Razón	0 a n

Operacionalización de las variables meteorológicas y ambientales				
23	Medición de concentración de material particulado menor a 10 micrómetros ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Cuantitativa	Razón	-
24	Medición de concentración de material particulado menor a 2.5 micrómetros ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Cuantitativa	Razón	-
25	Medición de concentración de ozono ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Cuantitativa	Razón	-
26	Precipitación (mm)	Cuantitativa	Razón	-
27	Humedad relativa (%)	Cuantitativa	Razón	-
28	Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	Cuantitativa	Intervalo	-
Operacionalización de las variables de tiempo				
29	Día de la semana	Cualitativa	Nominal	0: Domingo 1: Lunes 2: Martes 3: Miércoles 4: Jueves 5: Viernes 6: Sábado
30	Día festivo	Cualitativa	Nominal	0: No 1: Si

31	Día de feria municipal tradicional	Cualitativa	Nominal	0: No 1: Si
32	Día con ocurrencia de brote de influenza	Cualitativa	Nominal	0: No 1: Si

Anexo N°3

Magnitud de la oportunidad de enfermar por influenza y neumonía asociado al incremento de 1°C de temperatura en el rezago simple, ajustado por las concentraciones diarias de PM_{2.5}, PM₁₀ y O₃. Medellín, 2008 a 2015.

Modelo explicativo	PM _{2.5}		PM ₁₀		O ₃ **	
	e ^β	%e ^β	e ^β	%e ^β	e ^β	%e ^β
Año						
2008*	1					
2009	0,87	-12,0	0,88	-11,1		
2010	1,55	55,0	1,56	56,3	1,76	76,4
2011	2,13	113,8	2,13	113,7	2,44	144,6
2012	2,12	112,8	2,18	118,3	2,45	145,4
2013	2,21	121,8	2,26	126,0	2,45	145,3
2014	2,01	101,7	2,07	107,9	2,31	131,1
2015	1,66	66,4	1,74	74,0	1,93	93,2
Día de la semana						
Domingo*	1					
Lunes	1,91	91,3	1,86	86,8	1,91	91,0
Martes	1,96	96,2	1,90	90,2	1,95	95,5
Miércoles	1,98	98,4	1,91	91,9	1,97	97,7
Jueves	1,81	81,4	1,74	74,0	1,81	81,5
Viernes	1,78	78,1	1,71	71,2	1,78	78,1
Sábado	1,23	23,5	1,21	20,4	1,21	21,2
Día festivo						
Si*	1					
No	1,65	65,1	1,59	59,7	1,63	63,6
Día feriado						
Si*	1					
No	1,34	34,3	1,34	34,4	1,37	37,1
Rezago de temperatura de 0:0						
Día 0	1,08	8,0	1,08	8,2	1,08	8,1
R-sq. (adj)	0,325		0,313		0,285	
D. explained	36,6%		35,4%		33,1%	

* Categoría de referencia

** Para el modelo ajustado por la covariable ozono (O₃) el año que se consideró como categoría de referencia fue el 2009, dada la ausencia de datos en las mediciones de µg/m³ de esta covariable para el año 2008.

Anexo N°4

Magnitud de la oportunidad de enfermar por influenza y neumonía asociado al incremento de 1°C de temperatura en el rezago de 0 a 3 días, ajustado por las concentraciones diarias de PM_{2.5}, PM₁₀ y O₃. Medellín, 2008 a 2015.

Modelo explicativo	PM _{2.5}		PM ₁₀		O ₃ **	
	e ^β	%e ^β	e ^β	%e ^β	e ^β	%e ^β
Año						
2008*	1					
2009	0,88	-11,8	0,89	-10,8		
2010	1,55	55,3	1,56	56,6	1,76	76,4
2011	2,14	114,1	2,14	114,0	2,44	144,0
2012	2,13	113,3	2,18	118,9	2,45	145,5
2013	2,22	122,3	2,26	126,7	2,25	145,5
2014	2,02	102,0	2,08	108,3	2,31	131,0
2015	1,67	67,1	1,74	74,9	1,93	93,9
Día de la semana						
Domingo*	1					
Lunes	1,91	91,2	1,86	86,8	1,91	91,0
Martes	1,96	96,3	1,90	90,4	1,95	95,7
Miércoles	1,98	98,2	1,91	91,9	1,97	97,6
Jueves	1,81	81,3	1,73	73,9	1,81	81,4
Viernes	1,78	78,2	1,71	71,3	1,78	78,2
Sábado	1,23	23,6	1,20	20,5	1,21	21,3
Día festivo						
Si*	1					
No	1,65	65,1	1,59	59,9	1,63	63,6
Día feriado						
Si*	1					
No	1,33	33,9	1,33	33,9	1,36	36,2
Rezago de temperatura de 0:3						
Día 0	1,08	8,1	1,08	8,2	1,08	8,5
Día 1	1,00	0,4	1,00	0,6	1,00	0,1
Día 2	0,99	-0,4	0,99	-0,4	0,99	-0,3
Día 3	0,99	-0,2	0,99	-0,4	0,99	-0,4
Día (0:3)	1,07	7,8	1,08	8,0	1,08	7,7
R-sq. (adj)	0,324		0,312		0,284	
D. explained	36,6%		35,4%		33,1%	

*Categoría de referencia

** Para el modelo ajustado por la covariable ozono (O₃) el año que se consideró como categoría de referencia fue el 2009, dada la ausencia de datos en las mediciones de µg/m³ de esta covariable para el año 2008.

Anexo N°5

Magnitud de la oportunidad de enfermar por influenza y neumonía asociado al incremento de 1°C de temperatura en el rezago de 0 a 7 días, ajustado por las concentraciones diarias de PM_{2.5}, PM₁₀ y O₃. Medellín, 2008 a 2015.

Modelo explicativo	PM _{2.5}		PM ₁₀		O ₃ **	
	e ^β	%e ^β	e ^β	%e ^β	e ^β	%e ^β
Año						
2008*	1					
2009	0,88	-11,0	0,89	-10,1		
2010	1,56	56,8	1,58	58,0	1,76	76,7
2011	2,14	114,7	2,14	114,5	2,43	143,0
2012	2,15	115,3	2,20	120,8	2,46	146,2
2013	2,25	125,0	2,29	129,3	2,46	146,3
2014	2,04	104,9	2,11	111,2	2,32	132,5
2015	1,70	70,1	1,77	77,8	1,96	96,2
Día de la semana						
Domingo*	1					
Lunes	1,90	90,9	1,86	86,5	1,90	90,8
Martes	1,96	96,4	1,90	90,5	1,96	96,0
Miércoles	1,98	98,8	1,92	92,4	1,98	98,3
Jueves	1,81	81,3	1,73	73,8	1,81	81,4
Viernes	1,78	78,1	1,71	71,3	1,78	78,3
Sábado	1,23	23,9	1,20	20,8	1,21	21,7
Día festivo						
Si*	1					
No	1,64	64,9	1,59	59,6	1,63	63,1
Día feriado						
Si*	1					
No	1,32	32,0	1,31	31,9	1,33	33,6
Rezago de temperatura de 0:7						
Día 0	1,08	8,3	1,08	8,5	1,08	8,8
Día 1	1,00	0,4	1,00	0,6	1,00	0,2
Día 2	0,99	-0,4	0,99	-0,3	0,99	-0,3
Día 3	0,99	-0,1	0,99	-0,2	0,99	-0,2
Día 4	1,00	0,5	1,00	0,3	1,00	0,7
Día 5	1,00	0,3	1,00	0,2	0,99	-0,0
Día 6	0,98	-1,1	0,98	-1,2	0,98	-1,3
Día 7	0,99	-0,8	0,99	-0,7	0,98	-1,0
Día (0:7)	1,08	7,0	1,08	7,1	1,08	6,6
R-sq. (adj)	0,325		0,313		0,285	
D. explained	36,8%		35,6%		33,3%	

*Categoría de referencia

** Para el modelo ajustado por la covariable ozono (O₃) el año que se consideró como categoría de referencia fue el 2009, dada la ausencia de datos en las mediciones de µg/m³ de esta covariable para el año 2008.

Anexo N°6

Magnitud de la oportunidad de enfermar por influenza y neumonía asociado al incremento de 1°C de temperatura en el rezago de 0 a 15 días, ajustado por las concentraciones diarias de PM_{2.5}, PM₁₀ y O₃. Medellín, 2008 a 2015.

Modelo explicativo	PM _{2.5}		PM ₁₀		O ₃ **	
	e ^β	%e ^β (IC)	e ^β	%e ^β (IC)	e ^β	%e ^β (IC)
Año						
2008*	1					
2009	0,89	-10,1	0,90	-9,0		
2010	1,59	59,2	1,60	60,5	1,78	78,2
2011	2,14	114,8	2,14	114,8	2,41	141,8
2012	2,17	117,8	2,23	123,4	2,47	147,5
2013	2,28	128,9	2,33	133,1	2,48	148,0
2014	2,08	108,7	2,14	114,8	2,34	134,4
2015	1,75	75,4	1,83	83,1	2,00	100,8
Día de la semana						
Domingo*	1					
Lunes	1,90	90,8	1,86	86,4	1,90	90,9
Martes	1,96	96,7	1,90	90,9	1,96	96,2
Miércoles	1,98	98,7	1,92	92,4	1,98	98,2
Jueves	1,81	81,2	1,73	73,9	1,81	81,4
Viernes	1,78	78,0	1,71	71,2	1,78	78,0
Sábado	1,24	24,0	1,20	20,9	1,21	21,7
Día festivo						
Si*	1					
No	1,64	64,6	1,59	59,4	1,62	62,7
Día feriado						
Si*	1					
No	1,30	30,9	1,30	30,9	1,32	32,3
Rezago de temperatura de 0:15						
Día 0	1,08	8,6	1,08	8,8	1,09	9,1
Día 1	1,00	0,5	1,00	0,7	1,00	0,3
Día 2	0,99	-0,3	0,99	-0,2	0,99	-0,2
Día 3	0,99	-0,1	0,99	-0,1	0,99	-0,1
Día 4	1,00	0,6	1,00	0,5	1,00	0,9
Día 5	1,00	0,4	1,00	0,4	1,00	0,1
Día 6	0,98	-1,1	0,98	-1,1	0,98	-1,2
Día 7	0,99	-0,3	0,99	-0,2	0,99	-0,4
Día 8	1,00	0,2	0,99	-0,0	0,99	-0,0
Día 9	0,99	-0,4	0,99	-0,3	0,99	-0,4
Día 10	0,99	-0,4	0,99	-0,5	0,99	-0,6
Día 11	1,00	0,1	1,00	0,0	1,00	0,0
Día 12	0,99	-0,3	0,99	-0,2	0,99	-0,4
Día 13	0,99	-0,9	0,99	-0,9	0,99	-0,7
Día 14	1,00	0,0	1,00	0,1	0,99	-0,0
Día 15	0,98	-1,3	0,98	-1,2	0,99	-1,5

Modelo explicativo	PM _{2.5}		PM ₁₀		O ₃ **	
	e ^β	%e ^β (IC)	e ^β	%e ^β (IC)	e ^β	%e ^β (IC)
Día (0:15)	1,04	4,9	1,05	5,1	1,04	4,2
R-sq. (adj)	0,327		0,314		0,288	
D. explained	37,0%		35,8%		33,7%	

*Categoría de referencia

** Para el modelo ajustado por la covariable ozono (O₃) el año que se consideró como categoría de referencia fue el 2009, dada la ausencia de datos en las mediciones de µg/m³ de esta covariable para el año 2008.