



UNSAM
UNIVERSIDAD
NACIONAL DE
SAN MARTÍN



INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN
E INGENIERÍA AMBIENTAL

MAESTRÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL

Ambiente y salud

*Impacto de las temperaturas
y la contaminación atmosférica
por monóxido de carbono sobre la mortalidad
en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires
2002-2006*

Lic. Rosana Abrutzky

Directora: Lic. Laura Dawidowski

Co Directora: Dra. Patricia Matus

Este trabajo fue financiado por el Inter American Institute for Global Change
Research (IAI), US National Science Foundation

2010

Contenidos

Resumen.....	4
Introducción	6
Motivación de la investigación y aporte de la misma al conocimiento aplicado.....	6
Estado del arte en el mundo y en Argentina	7
Efectos de las temperaturas y la contaminación atmosférica sobre la salud humana ..	12
Normativa	21
Correlación salud – clima – contaminación: enfoque estadístico	23
Estudios de series temporales	25
Metodología	27
Colección de la información	27
Datos meteorológicos.....	27
Datos de calidad del aire	31
Datos de mortalidad	33
Tratamiento estadístico	37
Estudio de series de mortalidad para Buenos Aires 2002-2006	37
<i>Autocorrelaciones</i>	37
<i>Análisis de tendencias</i>	39
<i>Residuos</i>	44
Modelos de análisis de series temporales	46
Resultados	54
Temperaturas.....	55
Monóxido de carbono	60
Conclusiones	65
Bibliografía	68
Anexo - Resultados estadísticos principales	74

Resumen

La investigación abordó el análisis estadístico de la relación entre variables meteorológicas (temperatura y humedad relativa), contaminación atmosférica y mortalidad, para la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, durante el período 2002-2006. Se utilizó un diseño de series temporales, que permite vincular datos periódicos (diarios, en este caso) a través de ecuaciones de regresión. Como en todo estudio ecológico, se evalúan los efectos promedio del agente sobre la población, ya que las exposiciones de cada individuo difieren según las circunstancias propias de cada uno, su ubicación geográfica, hábitos y tipo de actividad. Se realizó un análisis en etapas, con la población discriminada por grupos de edad y sexo, y se consideró la causa de muerte, según los grupos de causas cardiovasculares y causas respiratorias de la codificación internacional CIE10. Se controló por estación del año, mes, día de la semana, y tendencia de largo plazo. Para el análisis de la correlación entre contaminación del aire y mortalidad se controló también por temperatura y humedad.

Los resultados muestran la presencia de una correlación entre cambios en la temperatura diaria y la mortalidad total (sin considerar las causas externas), así como para las mortalidades por problemas cardiovasculares y respiratorios. Esta correlación es directa durante los meses de verano, con una razón de riesgo de 1.0184 (95%, CI 1.0139, 1.0229) por cada aumento de 1°C en la temperatura mínima para la mortalidad total, con su mayor impacto en la mortalidad por causas cardiovasculares (RR=1.020 95%, CI 1.012, 1.028).

Durante el invierno el aumento de la temperatura tiene un efecto protector sobre la salud, y la correlación es más fuerte en un rezago de tres días, con una razón de riesgo de 0.9894 (95%, CI 0.9864, 0.9924) para la mortalidad total, por aumento de 1°C en la temperatura media, y RR=0.9833 95%, CI 0.9781, 0.9884 para la mortalidad por causas cardiovasculares. Otoño y primavera presentan también una correlación inversa entre temperatura y mortalidad, aunque con pendientes más suaves y menor significancia estadística. La mortalidad por causas respiratorias presenta, en todas las estaciones del año, correlaciones más débiles.

En cuanto a la contaminación atmosférica, se analizó la correlación con el monóxido de carbono, único contaminante para el cual se dispone de datos para una fracción del período (febrero de 2003 a noviembre de 2004). Los resultados muestran

un efecto deletéreo sobre la mortalidad total de RR=1.0369 (95%, CI 1.0206, 1.0534) por cada aumento de 1 ppm de monóxido en la atmósfera, para el día siguiente. Esto quiere decir que por cada incremento en la concentración de monóxido de carbono, se puede predecir un aumento en la mortalidad total de alrededor de un 4%.

Las correlaciones muestran un efecto de las variables independientes más acusado en el grupo de mayores de 64 años, corroborando la mayor vulnerabilidad de este grupo poblacional.

Introducción

Motivación de la investigación y aporte de la misma al conocimiento aplicado

La relación existente entre la contaminación atmosférica, las condiciones climáticas y la mortalidad está bien documentada en la literatura científica reciente, especialmente para áreas urbanas (Hernández-Cadena y col. 2000, Ferreira-Braga y col. 2001b, Díaz Jiménez 2005, El-Zein & Tewtel-Salem 2005, Braga, Zanobetti & Schwartz 2001a). Frente a la amenaza de cambios climáticos provocados por el cambio global, la comprensión de esta relación cobra una importancia aún mayor.

La falta de información respecto a la situación de vulnerabilidad actual y potencial de los diferentes sectores de la población de un país dificulta la planificación tendiente a disminuir esa vulnerabilidad e impide la toma de decisiones adecuadas en tiempo y forma para la solución de problemas presentes o futuros relacionados con las condiciones climáticas (IPCC 2007a, b, OMS 2002).

Es escasa la investigación que aborda esta temática para el caso de Argentina. Se puede observar una gran laguna en cuanto a la descripción de posibles efectos del cambio climático global en la salud de los habitantes del país. Por lo general el tema se aborda desde la ocurrencia de eventos catastróficos (Herzer y col. 2002, Barrenechea y col. 2000, Natenzon 1995). A su vez, los trabajos sobre efectos de la contaminación en la salud se refieren principalmente a situaciones puntuales de contaminación de aguas o suelos (De Pietri 2008, García y Mercer 2003).

Por otro lado, múltiples estudios (IPCC 2007a, 2007b) enfatizan la vulnerabilidad de los habitantes de grandes ciudades. Sin embargo, para la Ciudad de Buenos Aires no existen análisis estadísticos sobre la relación entre temperaturas, contaminación atmosférica y mortalidad. Esta situación cuenta entre sus causas una histórica deficiencia en la disponibilidad de información sistemática, confiable y desagregada espacial, temporal y socio gráficamente sobre mortalidad y sobre calidad del aire. Actualmente el ministerio de Salud de la Nación procesa datos de fallecimiento, conservando la información sobre lugar de residencia, edad, sexo y causa de muerte, por jurisdicción, desde el año 2002. El Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires dispone de una Red de monitoreo ambiental que en los últimos años

produjo información acerca de los niveles de algunos contaminantes y a partir de 2009 mejoró su infraestructura y la calidad de los datos que recaba.

Aunque inicialmente el trabajo se planteó el objetivo de evaluar el efecto de la contaminación sobre la salud de la población, en el momento de la recolección de datos resultó evidente que la información disponible sobre calidad del aire no permitía hasta el momento hacer un análisis muy detallado y robusto de esta relación. Por este motivo la investigación se centró en la correlación entre temperaturas y mortalidad, para la cual se dispone de datos sumamente confiables para un período de cinco años. Adicionalmente, y utilizando la misma metodología, se analizó la información relativa al nivel de monóxido de carbono, único contaminante atmosférico del cual existen datos diarios, solamente para una fracción de ese período.

La realización de un estudio sistemático sobre la relación entre clima, contaminación del aire y mortalidad en la ciudad más densamente poblada de la Argentina cumpliría el doble efecto de generar información original sobre esta relación en el área de estudio y de confirmar ante las agencias gubernamentales la necesidad y utilidad de disponer de datos confiables, que adecuadamente trabajados puede constituir importantes insumos para las políticas públicas. Realizaría un aporte en la dirección establecida en la Ley 1.356 de Preservación del Recurso Aire y Prevención y Control de la Contaminación, que en su artículo N°39 establece la implementación de un sistema de vigilancia epidemiológica ambiental “a los efectos de la evaluación epidemiológica de los riesgos sobre la salud, causados por los agentes contaminantes atmosféricos”.

Estado del arte en el mundo y en Argentina

La epidemiología recurre a los estudios ecológicos para estudiar las variables de salud en un contexto ambiental (Susser 1994). Sus resultados se refieren y por lo tanto se pueden generalizar no a individuos particulares sino a grupos poblacionales. Los estudios a nivel individual y los estudios ecológicos se complementan, en tanto las unidades colectivas tienen propiedades que son diferentes del agregado de las propiedades individuales de sus integrantes.

El interés acerca de la relación entre factores climáticos y mortalidad se origina en la observación del aumento de cantidad de muertes durante o con posterioridad a eventos climáticos extremos (olas de calor, o períodos prolongados de frío agudo, por ejemplo). Sin embargo, variaciones climáticas no tan intensas tienen también su correlato en la evolución de los valores de mortalidad. Este hecho encuentra su explicación biológica en las fallas en la termorregulación orgánica, especialmente en organismos con dificultades de adaptación, como individuos en edades extremas, con patologías crónicas, o cambios metabólicos debido al uso de medicamentos (Basu & Samet 2002; McGeehin & Mirabelli 2001).

Al igual que los estudios de series temporales referidos a los efectos del clima sobre la mortalidad, aquellos que se centran en la contaminación del aire se originan a partir de un episodio muy severo de polución ambiental, como lo fue el de Londres en 1952, durante el cual se produjo un marcado aumento en la cantidad de muertes. Si bien en un principio las concentraciones elevadas de contaminantes atmosféricos se vincularon fácilmente con efectos sobre la salud, durante las últimas décadas ha crecido la cantidad de investigaciones centradas por una parte en los efectos de concentraciones más bajas y por otra en la exposición prolongada a los contaminantes, típica de las grandes ciudades. Así, múltiples estudios refieren impacto sobre la morbilidad y la mortalidad de exposición principalmente a material particulado respirable y ozono, pero también a óxidos nitrosos, monóxido de carbono, plomo y otros metales, elementos todos presentes en mayor o menor grado en la atmósfera urbana. Proyectos multicéntricos como el *Short-term effects of Air Pollution on Health: a European Approach* (APHEA) o el Estudio multicéntrico español sobre la relación entre la contaminación atmosférica y la mortalidad (EMECAM) reportan hallazgos de efectos sobre la salud aún en niveles inferiores a los estándares establecidos como seguros (Ballester Díez 1999).

La mayor parte de los estudios revisados analizan la mortalidad por causas cardiovasculares y respiratorias, sobre la base biológica de que alteraciones en los sistemas circulatorio y respiratorio disminuyen la capacidad fisiológica de las personas de adaptarse a las variaciones térmicas y su tolerancia ante el ingreso de contaminantes al organismo.

Mackenbach y col. (1993) enfatizan la importancia del análisis de los efectos de la temperatura sobre la mortalidad, incluso en el caso en que la relación principal del estudio sea con la contaminación atmosférica.

La literatura refiere dos formas principales de análisis estadístico de los datos, el estudio de series de tiempo (también denominadas series temporales o series cronológicas) y los índices sinópticos temporales (TSI por sus siglas en inglés).

Los estudios de series de tiempo se basan en análisis de regresión entre variables temporales (generalmente contaminación, temperatura, humedad y presión atmosférica) tomadas como independientes y variables de mortalidad y morbilidad como dependientes. Comúnmente se emplean los métodos de mínimos cuadrados para producir la ecuación de predicción, a través de modelos aditivos generalizados, que permiten la incorporación de variables de control. Dependiendo del diseño y la distribución de los datos se pueden emplear otros modelos no lineales o no aditivos (Borja-Aburto 2000).

Las principales ventajas de este tipo de análisis radican en su sencillez, que permite el control de las variables de confusión relacionadas con el tiempo, y su replicación con software estadístico de uso común. Adicionalmente, el método se puede aplicar de forma protocolizada y estandarizada tal que facilita la comparación de resultados y permite la realización de meta-análisis (Saez y col. 1999).

Evidentemente, la mortalidad de un día determinado está afectada no solamente por las características climáticas y de calidad del aire de ese día sino también de los días anteriores, en tanto las condiciones respiratorias y cardiovasculares requieren de un tiempo de desarrollo hasta culminar con el deceso, denominado período de latencia. Por este motivo los análisis hacen las regresiones con retardos de tiempo variables, por lo general de entre 1 y 14 días, que logran capturar ambos tiempos.

La temperatura es una variable que tiene un efecto complejo en la salud, si las temperaturas son bajas un aumento en las mismas tienen un efecto protector sobre la salud, mientras que en condiciones de temperaturas altas, los aumentos provocan también un aumento en la morbi-mortalidad. Así, tanto los estudios que emplean índices sinópticos como los que analizan series de tiempo realizan regresiones discriminadas por estación del año, conformando unidades con cierta homogeneidad en características climáticas, que pueden o no coincidir con las cuatro estaciones habituales.

Los estudios revisados utilizan variables de control a fin de identificar posibles asociaciones espurias entre la mortalidad, la contaminación y las temperaturas. Braga, Zanobetti & Schwartz (2001a, 2002) utilizan la presión barométrica, las tendencias de

largo plazo y el día de la semana como variables de control, estas últimas con el agregado de polución son utilizadas por Kan y col. (2007), y un trabajo de Kalkstein (1991) controla con la velocidad del viento. Un estudio focalizado en los efectos del ozono sobre la mortalidad utiliza también la cubierta nubosa como variable de control (Lacour y col. 2006). Otros estudios, como el de Díaz Jiménez y col. (2007), incorporan el análisis de pautas culturales, disponibilidad de sistemas de acondicionamiento de aire o la planificación urbana como elementos que modifican el impacto de estas variables sobre los valores efectivos de mortalidad.

Existen otras variables de los individuos que influyen en los resultados de mortalidad, pero que se espera que permanezcan relativamente estables a nivel poblacional durante el período de estudio, tales como los hábitos alimentarios, el consumo de tabaco, los patrones de ejercicio y actividad (Ostro, 1998).

Kalkstein (*op.cit.*) señala dos principales falencias del enfoque de análisis de series de tiempo. En primer lugar, el análisis de elementos meteorológicos aislados unos de otros no da cuenta del modo real en que el clima afecta a la salud, ya que estos elementos conforman unidades holísticas en las cuales interactúan, modificando sus efectos individuales. En segundo lugar, subraya la dificultad de analizar el impacto de la contaminación atmosférica con esta metodología., a causa de la relativa colinearidad de las variables climáticas y los niveles de contaminantes. Por su parte, autores como Grass & Cane (2008) señalan la importancia de considerar al clima como potencial modificador de la polución, utilizando métodos más complejos que las regresiones lineales para entender los efectos simultáneos de ambos grupos de variables.

Los índices sinópticos temporales, en cambio, identifican masas de aire que comparten características climáticas homogéneas. Sobre esta base establecen un ranking de acuerdo a la variable dependiente de interés. Estas categorías sinópticas, al reflejar situaciones reales de configuración de elementos climáticos, tienen la particularidad de estar asociadas con rangos específicos de concentración de distintos contaminantes.

Un ejemplo de esta relación puede verse en el estudio de Kalkstein (*op.cit.*), que identifica una categoría sinóptica cálida, con características opresivas de humedad y presión, que presenta valores promedio de mortalidad hasta 52% mayores que las otras categorías. No obstante, los días que presentan esta categoría no son los que tienen mayor concentración de contaminantes. La categoría siguiente en el ranking de

características opresivas presenta valores promedio de mortalidad similares al de las demás categorías, y está mejor relacionada con los niveles de ciertos contaminantes.

Un tercer diseño de análisis, no tan explorado en la literatura sobre el tema, es el denominado *case-only*. Se trata de una variación de un diseño de casos y controles, en el cual cada sujeto funciona como su propio control (Schwartz 2005). Resulta adecuado para entender la forma en que características de los individuos que no varían, o experimentan sólo una muy leve variación en el tiempo, modifican el efecto de aquellas que sí varían en el tiempo, como las condiciones climáticas, restringiendo la muestra solamente a los fallecidos. Se compara la proporción de muertos con determinadas características correspondientes a los días de temperaturas extremas (tanto cálidas como frías) con la proporción para el resto de los días. Si bien este tipo de estudio es utilizado dentro de la ciencia médica, en los trabajos acerca de la relación entre mortalidad y clima se encontraron escasos artículos describiendo estudios *case-only*.

Una cuestión que suscita cierto debate es la importancia de este tipo de análisis en cuanto a la posibilidad de utilizar sus resultados en la práctica. Se aduce que las muertes debidas a variaciones en las temperaturas tienen un efecto “de cosecha” (*harvesting*), adelantando la fecha de muertes que se producirían de todos modos en los días subsiguientes. Braga, Zanobetti & Schwartz (2002) encontraron cierto efecto de cosecha solamente para las temperaturas cálidas. Por otro lado, los mismos autores (2001a) señalan la necesidad de tomar en cuenta el efecto de rezago no solamente como una variable simple sino considerando el efecto acumulado de los rezagos anteriores. Es decir, que la cantidad de muertes acaecida en un día determinado se ve influida no solamente por las variables independientes consideradas, y los rezagos de esas mismas variables, sino también por el efecto acumulado de estos rezagos.

La literatura revisada coincide en que la temperatura constituye un factor importante en la explicación de los valores de mortalidad, inclusive en ciudades templadas a cálidas (El-Zein & Tewtel-Salem 2005). Las temperaturas frías producen un efecto acumulativo importante para las causas de muerte analizadas, y diferido en el tiempo, con un retardo de hasta dos semanas luego del evento climático (Díaz Jiménez y col. 2005) mientras que las temperaturas altas producen un aumento en la mortalidad durante un período muy corto, generalmente limitado al mismo día o al siguiente (El-Zein & Tewtel-Salem 2005, Díaz Jiménez y col. 2005, Braga, Zanobetti & Schwartz 2001a, O’Neill y col. 2003).

Asimismo, la mortalidad por causas respiratorias presenta retardos mayores (entre 3 y 6 días) mientras que las causas cardiovasculares muestran su efecto en períodos menores de tiempo, entre el mismo día y los 2 posteriores (Grass & Cane 2008). Esto se condice con los mecanismos biológicos subyacentes a los decesos.

Los autores revisados (Braga, Zanobetti & Schwartz 2001a) señalan la importancia de considerar las características propias de la región analizada, ya que si bien pueden establecerse ciertas generalizaciones a partir de estudios comparativos (tipificando a las ciudades en cálidas y frías, por ejemplo), las peculiaridades de cada una hacen que las variaciones del clima produzcan efectos diferenciales en la salud y en la mortalidad.

Finalmente, El-Zein & Tewtel-Salem (2005) enfatizan en la complejidad de aspectos que modifican la relación entre temperatura y mortalidad, tales como factores socioeconómicos de la población. Esto es especialmente importante en centros urbanos de países en desarrollo. Es notable que entre la literatura revisada se hayan encontrado escasas piezas que analicen la temática para ciudades latinoamericanas (Gass & Cane 2007, Gouveia 2003). En particular para la Argentina no existen estudios publicados que analicen esta relación con herramientas estadísticas.

Efectos de las temperaturas y la contaminación atmosférica sobre la salud humana

La Organización Mundial de la Salud (1969) determina entre los 20 y 27°C, con una humedad relativa entre 35 y 60%, el rango de temperatura y humedad en el que el cuerpo humano funciona a niveles óptimos. El sistema termorregulador del hombre permite adaptar el organismo a variaciones de la temperatura ambiente, a través de mecanismos fisiológicos. Adicionalmente, el propio organismo genera diferentes niveles de calor según la actividad y el metabolismo de cada individuo. Consecuentemente, la carga térmica total que ha de soportar un cuerpo está determinada por las condiciones ambientales (temperatura, movimiento del aire,

humedad), las adaptaciones particulares (vestimenta) y las reacciones del organismo ante el medio (frecuencia del pulso cardíaco, sudoración, temperatura corporal).

Estas reacciones están reguladas principalmente por dos mecanismos fisiológicos, la función cardiovascular y la sudoración, que modifican la transmisión de calor desde los tejidos internos a los superficiales, modificando la temperatura y humedad de la piel, y facilitando con esto un intercambio de calor con el ambiente que favorezca al funcionamiento del organismo. De esta manera, si la temperatura ambiente es elevada, la piel se irriga intensamente, se calienta y se humedece, facilitando la evaporación y la disipación del calor metabólico, mientras que si la temperatura ambiental es baja los capilares se cierran, la piel se seca, y se dificulta el escape de la temperatura hacia el exterior del organismo. Así, la temperatura y humedad de la piel y la frecuencia cardíaca resultan indicadores del estrés térmico al que está sometido un organismo. La exposición prolongada a un cambio de temperatura desencadena un proceso de aclimatación, que implica cambios en las reacciones orgánicas ante la temperatura del ambiente.

Sin embargo, es preciso que estos sistemas reguladores de la temperatura funcionen adecuadamente para que el cuerpo pueda soportar las variaciones en la temperatura ambiental. Las reacciones de las personas ante la exposición a temperaturas extremas, tanto bajas como altas, es sumamente diferente según su estado fisiológico y de aclimatación, edad, sexo, o constitución corporal.

Como se ha dicho, ante la exposición a un aumento brusco en la temperatura ambiental aumenta la frecuencia cardíaca, la temperatura cutánea y la sudoración, factores que producen una sensación de malestar. Sin embargo, entre los 4 y 6 días de exposición continua o repetida a una nueva temperatura, el organismo reacciona disminuyendo la frecuencia cardíaca y la temperatura de la piel, pero aumentando la sudoración, lo que ayuda a la disipación del calor pero permite el funcionamiento del cuerpo evitando la mencionada sensación de malestar. Si por algún motivo el proceso de adaptación térmica no es exitoso, el organismo sigue funcionando en condiciones de alta exigencia, lo cual puede desencadenar fallas en otros sistemas corporales.

El envejecimiento provoca una reducción de la capacidad cardiovascular, así como de la reactividad de las glándulas sudoríparas. No existe generalmente diferencia entre el sistema de sudoración femenino y masculino, pero, en condiciones normales, la mujer tiene menor capacidad cardiovascular que el hombre, lo que incrementa su vulnerabilidad. El estado de gestación modifica los sistemas

fisiológicos de la mujer, aumentando la tensión fisiológica ante la temperatura ambiental. Es preciso considerar que aunque el sistema de sudoración funcione adecuadamente, el proceso de eliminación de líquidos a través de la transpiración debe estar apoyado con un cuidado del equilibrio hídrico y salino del organismo, a fin de poder sostener este proceso en el tiempo, así como de no perjudicar el funcionamiento de los otros sistemas corporales. Asimismo, si la humedad del ambiente es tal que dificulta o no permite la evaporación del sudor, este mecanismo pierde utilidad, y no contribuye a la mejora de la regulación térmica.

Adicionalmente, otros factores englobados en el concepto de “aptitud física” (OMS 1969) intervienen en la capacidad del cuerpo de regular su temperatura. La calidad de la alimentación, las horas de descanso nocturno, y el estado general de salud de un individuo, entre otros factores, compondrían este concepto. El tipo de vestimenta usual en las diferentes sociedades, o en los individuos en particular, puede influir también notablemente en el éxito del organismo en adaptarse a los cambios en la temperatura ambiente.

Estudios sobre la reacción del organismo humano ante los cambios de temperatura o la exposición a temperaturas extremas en situaciones puntuales, tales como el ambiente laboral en diferentes entornos de actividad (Centro Canadiense de Salud y Seguridad Laboral 2008) constituyen una base sobre la cual evaluar los efectos de las altas temperaturas sobre el cuerpo humano.

La Tabla 1 sintetiza los efectos en el organismo del aumento de la temperatura ambiente, en un contexto laboral.

Tabla 1: Problemas y síntomas producidos por altas temperaturas en el aire ambiente

Rango de temperatura	Efectos	
Entre 20 y 27 °C	Zona de confort	Máxima eficiencia
A medida que aumenta la temperatura...	Disconfort: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Aumento de la irritabilidad ▪ Disminución de la concentración ▪ Disminución en la eficiencia de tareas mentales 	Problemas mentales
	Aumento de errores <ul style="list-style-type: none"> ▪ Disminución en la eficiencia de tareas calificadas ▪ Aumento de accidentes 	Problemas psico fisiológicos
	Pérdida de performance en el trabajo pesado: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Alteración en el equilibrio hidro-electrolítico corporal ▪ Aumento de la Presión arterial sobre el corazón y el sistema circulatorio ▪ Fatiga y riesgo de colapso 	Problemas fisiológicos
35 a 40 °C	Límite de la tolerancia ante altas temperaturas	

Fuente: Centro Canadiense de Salud y Seguridad Laboral (2008). Traducción propia.

La adaptación del organismo al descenso de la temperatura ambiental requiere la puesta en marcha de mecanismos diferentes, principalmente la producción de calor metabólico que permita mantener una temperatura corporal dentro del rango adecuado. La producción de calor corporal está auxiliada por la ingesta alimentaria, las reservas de glicógeno, el balance de fluidos, la actividad física y los temblores o escalofríos, un recurso efectivo pero limitado en el tiempo debido al alto consumo energético que implica. Asimismo, el cuerpo retiene calor a través de la disminución de la circulación sanguínea cutánea, y de la vestimenta que retiene el calor corporal en contacto con la piel.

También en las respuestas frente a las bajas temperaturas existen diferencias entre grupos de individuos. La temperatura interna de las mujeres disminuye más lentamente que la de los varones, sin embargo éstas tienen menor capacidad de creación de calor interno a través del temblor, y la velocidad de enfriamiento de las extremidades suele ser mayor. Los niños y ancianos, y personas con el sistema circulatorio funcionando en condiciones deficientes presentan un riesgo mayor ante las bajas temperaturas. Igualmente, la fatiga y la mala alimentación constituyen factores importantes de la respuesta individual ante el estrés térmico al frío.

La aclimatación a las temperaturas bajas es más lenta y más dificultosa que a las altas temperaturas.

La Tabla 2 presenta los efectos sobre el organismo de la exposición a temperaturas bajas.

Tabla 2: Problemas y síntomas producidos por bajas temperaturas, medidas en términos de la temperatura corporal interna

Etapa	Temperatura interna	Signos y síntomas
Hipotermia leve	37,2 a 36,1 °C	Normal, puede comenzar el escalofrío
	36,1 a 35 °C	Sensación de frío, dificultad de realizar tareas manuales complejas, escalofríos importantes
Hipotermia moderada	35 a 33,9 °C	Temblores violentos, descoordinación muscular, lentificación de movimientos, confusión leve.
	33,9 a 32,2 °C	Temblores violentos, dificultad en el habla y el razonamiento, imposibilidad de utilizar las manos
Hipotermia severa	32,2 a 30 °C	Cesa el escalofrío, la piel expuesta se torna azulada, pobre coordinación muscular, confusión, incapacidad de caminar.
	30 a 27,8 °C	Rigidez muscular, semi inconciencia, disminución del ritmo respiratorio y circulatorio, posible fibrilación cardíaca
	27,8 a 25,6 °C	Pérdida de la conciencia, respiración y pulso erráticos, puede no distinguirse el pulso.
	25,6 a 23,9 °C	Edema pulmonar, falla respiratoria y cardíaca, muerte.

Fuente: Elaboración propia en base a Centro Canadiense de Salud y Seguridad Laboral (2008)

En lo referente a la contaminación atmosférica, existe gran cantidad de estudios sobre los mecanismos biológicos que desencadena. Este trabajo se centrará en los efectos del ingreso de monóxido de carbono al organismo humano, al tratarse de la partícula para la cual hay disponibilidad de datos.

El monóxido de carbono (CO) es un gas incoloro e inodoro, compuesto por un átomo de carbono y uno de oxígeno. Su presencia en la atmósfera se debe primordialmente a la combustión incompleta de material de origen orgánico. En particular en las ciudades las altas concentraciones de CO se deben a la emisión vehicular, aunque también la actividad doméstica (cocina y calefacción) e industrial y los incendios generan emisiones de este gas a la atmósfera (Vallejo y col. 2003, Téllez 2006). El monóxido de carbono es ligeramente más denso que el aire, lo que lo mantiene cerca de la superficie terrestre, dificultando su dispersión en los casos de emisiones vehiculares.

El monóxido de carbono ingresa al organismo a través de los pulmones, y se incorpora al torrente sanguíneo compitiendo con el oxígeno en la combinación con la hemoglobina (WHO 1999). Este es el mecanismo principal de intoxicación por monóxido de carbono: la alta eficacia del gas en su combinación con la hemoglobina, formando carboxihemoglobina, sustituye a la formación de oxihemoglobina, disminuyendo por lo tanto el volumen de oxígeno que la sangre transporta y distribuye por el cuerpo. Esto genera hipoxia (falta de oxígeno) a nivel celular, produciendo la muerte celular de tejidos. El nivel fisiológico normal de carboxihemoglobina en individuos no fumadores se estima entre el 0,3 y el 0,7%, mientras que en los fumadores varía entre el 3 y el 8%. En condiciones de exigencia física, para individuos adultos jóvenes sanos, los efectos de la falta de oxígeno producto de la inhalación de monóxido de carbono se observan en concentraciones tan bajas como 2,3% (WHO 1999, p 443). No obstante, para la población en general, la intoxicación aguda se relaciona con niveles de carboxihemoglobina del 10% o más. La American Conference Governmental Industrial Hygienist (2002) fija el valor biológico tolerable para carboxihemoglobina en sangre en 3,5 %.

Adicionalmente, el monóxido de carbono puede combinarse a nivel intracelular. Esto produciría otro tipo de daño orgánico, bien documentado en condiciones experimentales, aunque permanece incierto el grado de daño que esta combinación produce en los órganos tanto en forma aguda como crónica (WHO 1999, p.7). El efecto inmediato a nivel de tejidos es que las células no pueden

utilizar el oxígeno que efectivamente llega a ellas transportado por la sangre, al alterarse la cadena respiratoria mitocondrial.

Téllez (2006, pp.111-114) reporta que también otros efectos, como la peroxidación lipídica cerebral (que origina daños en la mielina del sistema nervioso central), la formación de grupos sulfatidos en el cerebro (tóxicos para las neuronas) o las alteraciones cardiovasculares (facilitando el proceso arteriosclerótico, la hipertensión y aumentando las probabilidades de trombosis) se producen con niveles relativamente bajos de concentración de carboxihemoglobina, ante exposiciones sostenidas en el tiempo.

En el tejido pulmonar, no existe evidencia firme de que la inhalación de monóxido de carbono en los niveles ordinarios para la atmósfera urbana tenga un efecto directo. A su vez, la exposición a niveles muy elevados del contaminante en general se da asociada con otros productos de combustión, por lo cual es difícil identificar los efectos específicos del CO.

A nivel sintomático, los efectos principales de la inhalación de CO son cefalea, alteraciones en la percepción y las funciones cerebrales, disminución de los reflejos osteo-musculares, mareo, inconsciencia y muerte. Bajo circunstancias normales, el sistema nervioso puede incrementar hasta cierto punto la afluencia de sangre o la extracción de oxígeno por parte de los tejidos, para compensar la hipoxia. Aquellos individuos con la función cardíaca disminuida son particularmente vulnerables, en tanto les resulta más difícil compensar la falta de oxígeno con un aumento del flujo sanguíneo al organismo (Vallejo y col. 2003). Del mismo modo, el envejecimiento compromete a los distintos sistemas involucrados. Finalmente, las diferencias individuales producen resultados distintos ante la misma exposición, ya sea a causa de una sensibilidad diferencial ante la carboxihemoglobina como de funcionamiento particular de los distintos mecanismos compensatorios.

El proceso de formación de carboxihemoglobina es reversible, con un período de eliminación del monóxido de entre 2 y 6,5 horas (WHO 1999, p.440)

En cuanto a grupos de riesgo de intoxicación con monóxido de carbono en los niveles presentes en la atmósfera urbana moderna, la Organización Mundial de la Salud (1999) indica que podrían definirse en función del género, edad (fetos, niños pequeños, ancianos), de variaciones genéticas como anormalidades en la hemoglobina, por enfermedades preexistentes, ya sean conocidas o no, por el uso de medicación cuyos componentes interactúan con el CO, o por alteraciones ambientales

como la exposición a otros contaminantes o ubicaciones muy por sobre el nivel del mar, en las cuales la disponibilidad de oxígeno es más dificultosa.

Existe solamente evidencia indirecta acerca de la adaptación a exposición crónica al CO. Experimentos con animales muestran aumento del flujo sanguíneo coronario, cerebral, aumento de la hemoglobina por hematopoyesis y aumento del consumo de oxígeno muscular. El mecanismo teórico por el cual podría darse una adaptación en organismos humanos expuestos en forma crónica, como los tabáquicos, sería el aumento de la cantidad de hemoglobina vía hematopoyesis, el cual no está demostrado que suceda como producto de la exposición a niveles bajos de CO (WHO 1999), como ocurre en las grandes ciudades.

La exposición individual al monóxido de carbono difiere entre individuos, en función de sus actividades y localización, y se diferencia de las concentraciones medidas con equipos de monitoreo, habitualmente fijos en algún sitio. Al igual que lo señalado anteriormente para el análisis de variables climatológicas, para la aplicación de la metodología de estudios de series de tiempo es preciso asumir la correspondencia entre los valores medidos por los monitores y los presentes en el área de estudio (en este caso el área de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires). La Organización Mundial de la Salud (WHO 1999) hace referencia a estudios que comparan ambas exposiciones haciendo uso de monitores personales que permiten evaluar la exposición real. Estos estudios no muestran correlación directa entre una y otra medida. La movilidad de la gente, así como la variabilidad temporal y espacial de las concentraciones de monóxido de carbono, llevan a que los monitores fijos arrojen valores diferentes a aquellos portados por individuos en su actividad cotidiana, durante la cual permanecen en micro ambientes tales como el interior de vehículos, lugares de trabajo o sus mismos hogares. Sin embargo estudios de amplia escala muestran que las exposiciones personales tomadas en forma agregada son menores durante los días en que los monitores fijos registran valores más bajos, y mayores en aquellos en los que se registran mayores niveles ambientales del contaminante. Es decir que si bien los valores registrados por los monitores fijos no reflejan exactamente la exposición a la que están sometidos los individuos, sí se correlacionan con la exposición total de la población, y por lo tanto resultan útiles para evaluar el impacto sobre la misma que tienen las variaciones en la presencia del gas en la atmósfera.

Adicionalmente, la relación entre el monóxido de carbono en la atmósfera y las concentraciones en la sangre de los individuos están mediadas por la duración de la exposición y las funciones cardiorrespiratoria y hematopoyética del individuo.

Normativa

A nivel normativo, existen dos cuerpos de documentos referidos a la calidad del aire. Las Guías para la calidad del aire consisten en recomendaciones, derivadas de estudios epidemiológicos o toxicológicos, y tienen entre sus principales objetivos la salud pública. Establecen valores a partir de los cuales los diferentes contaminantes producen efectos sobre la salud. Generalmente son elaboradas por organismos de salud internacionales. Las más reconocidas son las de la Organización Mundial de la Salud, que actualiza periódicamente sus Guías.

Los estándares, en cambio, están promulgados como leyes de los países o niveles inferiores de gobierno. Su proceso de promulgación puede y debería implicar la consideración de las características particulares de la región, tanto a nivel geográfico como de tipo de actividad predominante, así como la disponibilidad tecnológica, los aspectos económicos, las posibilidades de control y penalización, etc. La Organización Mundial de la Salud (2005, p.9) enfatiza la importancia de estudiar las condiciones locales propias de cada país o jurisdicción antes de adoptar las guías directamente como normas de validez jurídica.

Aunque estudios posteriores han documentado efectos nocivos cardiovasculares y neuropsicológicos en presencia de concentraciones de monóxido de carbono en aire inferiores a 25 partes por millón/ppm (Téllez 2006: 108), la OMS en su documento sobre monóxido de carbono (1999) proporciona una tabla de valores guía establecidos con el objetivo de que la concentración de carboxihemoglobina en sangre, en individuos sanos, no supere el 2,5%.

87 ppm durante 15 minutos

52 ppm durante 30 minutos

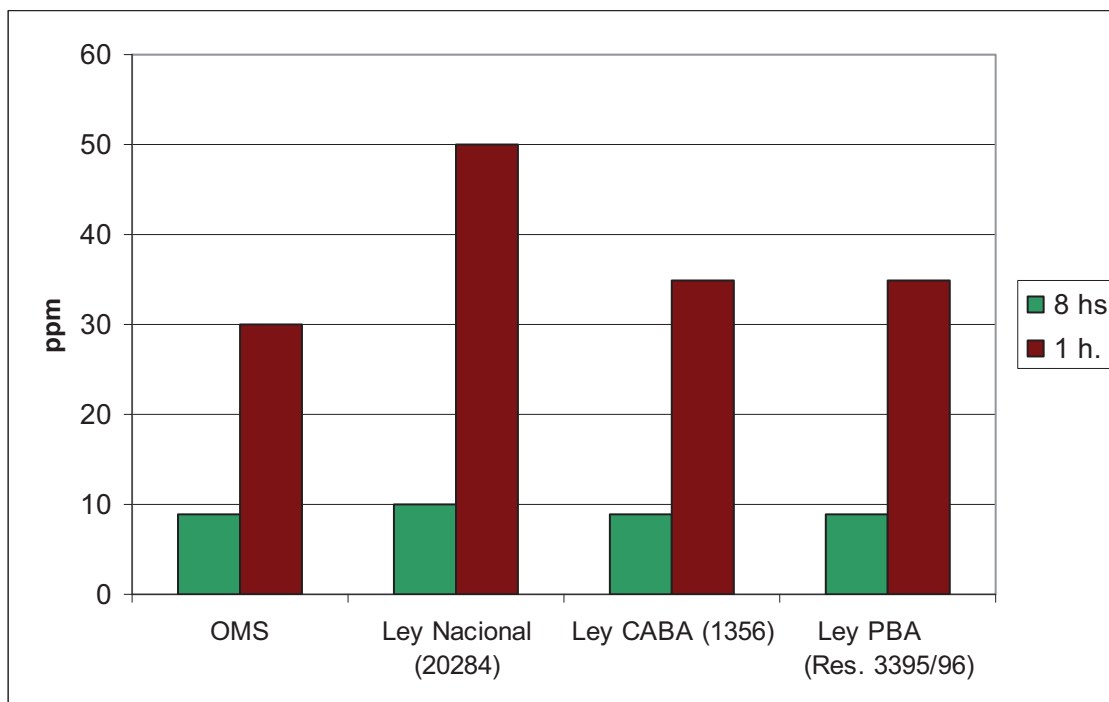
30 ppm durante una hora

9 ppm durante 8 horas.

En Argentina existe un cuerpo de leyes especiales, leyes de Presupuestos Mínimos, que establecen presupuestos acordes a los cuales los diferentes estados deben dictar su normativa. En el caso del monóxido de carbono producto de la quema de combustibles fósiles, corresponde la aplicación de la normativa referida a Gestión integral de residuos industriales y de actividades de servicios del año 2002, Ley N°25.612. No obstante, esta Ley no está aún reglamentada, por lo que en la práctica continúa en vigencia la Ley 20.287 del año 1973, que establece, además de la norma de calidad del aire, valores de alerta, alarma y emergencia.

La Ciudad de Buenos Aires en particular ha dictado una norma específica, la Ley N° 1.356 de Preservación del Recurso Aire y la Prevención y Control de la Contaminación Atmosférica, de 2004, fijando los mismos valores que el distrito que regula la misma cuenca atmosférica, la Provincia de Buenos Aires. Ésta establece, en el Anexo I de su Decreto 3.395/97, un estándar para el monóxido de carbono de 35 ppm para un promedio de una hora y de 9 ppm para un promedio de 8 horas (Gráfico 1). Ambas legislaciones replican los valores propuestos por la Environmental Protection Agency en los Estándares Nacionales de Calidad de Aire Ambiental en los Estados Unidos (NAAQS, por siglas en inglés) para el aire exterior (EPA 2000).

Gráfico 1 – Valores para concentración máxima de monóxido de carbono en los distintos estándares y guías.



Fuente: elaboración propia

Los datos obtenidos en diversas campañas de medición de contaminantes muestran que durante los últimos años los niveles se encuentran por debajo de los estándares para los promedios de una hora, pero llegan a doblar el valor máximo permitido en los promedios de 8 horas (GCBA, información disponible en su página web

http://www.buenosaires.gov.ar/areas/med_ambiente/proteccion_ambiental/control/laboratorio/aire.php?menu_id=31807 para los años 2002 a 2009))

Correlación salud – clima – contaminación: enfoque estadístico

El objetivo del presente trabajo es analizar la relación existente entre variaciones en la temperatura urbana, de concentración de CO y valores de mortalidad. Para este análisis se utilizó un diseño de tipo descriptivo, ecológico, con un enfoque estadístico de series temporales. Es descriptivo en tanto aspira a mostrar una correlación entre variables, asumiendo en principio que algunas de ellas actúan como variables independientes, y que las variaciones de sus valores afectan a los

valores de las consideradas variables dependientes. Sin embargo, y aunque estudios a nivel orgánico o biológico realizados sobre individuos lo especifiquen, este trabajo no puede establecer una relación causal o de explicación entre las variaciones de las diferentes series.

Los estudios ecológicos realizan inferencias acerca de una población, tomada como unidad de análisis. Esto permite incorporar en forma implícita variables contextuales y relacionales propias del grupo, invisibles a nivel individual. Es preciso por lo tanto subrayar que los resultados se aplican solamente al grupo analizado, y no son extrapolables a los individuos que lo integran, en tanto el nivel grupal tiene propiedades colectivas que son diferentes que la suma de las propiedades de sus miembros individuales.

Evidentemente existen múltiples variables que afectan la evolución de la mortalidad, que deben ser tenidas en cuenta a fin de no atribuir efectos que son causados por otros factores a los cambios en la temperatura o en el nivel de CO.

Como se dijo previamente, los análisis de tipo ecológicos como el que realizamos presentan una ventaja sobre los análisis de casos individuales. Al tomar a una población como unidad de análisis disminuye la probabilidad de que aparezcan cambios que podrían ser determinantes a nivel de individuo, pero que pierden importancia en el conjunto, al equilibrarse entre individuos (por ejemplo, cambios en hábitos tales como sedentarismo, tabaquismo, y otros que a nivel individual tienen enorme peso). Es poco probable que ocurran cambios de esta clase a nivel agregado en magnitudes tales que afecten al estudio. Un conocimiento preciso de la población analizada permitiría incorporar estas variables, si existiesen. Por ejemplo, en la Ciudad de Buenos Aires se puso en vigencia en Ley de Control Antitabaco, N° 1.7990, sancionada por la Legislatura de la Ciudad el 29 de septiembre de 2005, que prohíbe fumar en espacios públicos. Es posible que la implementación de este tipo de controles produzca un efecto en el mediano plazo en los valores de morbi mortalidad respiratoria, que será necesario evaluar en estudios que incorporen el período anterior, la transición y el período posterior a la generalización de las nuevas pautas.

Las diferencias individuales, tanto en exposición al factor de interés (temperatura o contaminación) como en susceptibilidad a los mismos, son consideradas en este estudio solamente a nivel agregado, agrupando por edad y sexo. Por una parte, asumimos idéntica exposición para todos los habitantes del área, y por

otra no contamos con información desagregada referida a factores como nivel educativo, estrato socioeconómico, hábitos o condiciones de salud previas a la muerte, que podrían mediar entre la exposición y el desencadenamiento del deceso. Zeka y col. (2006) señalan la importancia de profundizar en este tipo de estudios con el objeto de comprender mejor los mecanismos que median entre la exposición y la mortalidad, así como de posibilitar un mejor ajuste de las políticas sanitarias de prevención y atención a grupos vulnerables.

Por otra parte existen variables a nivel poblacional que presentan cambios incluso en períodos cortos. Siguiendo a la literatura especializada, las variables confundentes más utilizadas para el control son:

- la tendencia de largo plazo, asociada a una baja o aumento subyacente en los valores de mortalidad, atribuido a la tendencia poblacional o a cambios en la cantidad de población total,
- la estacionalidad, que incorpora factores más complejos que las simples temperaturas, como son las enfermedades estacionales (neumonías y gripes en invierno, diarreas en verano), o los cambios entre períodos laborales y escolares y períodos vacacionales,
- el mes, y
- el día de la semana.

En este estudio se consideran todas estas variables, las cuales han sido estudiadas en profundidad y correlacionadas con los valores de mortalidad. Incorporando estas variables al análisis de la correlación entre contaminación, temperatura y mortalidad se elimina o atenúa el impacto que los factores mencionados anteriormente puedan tener sobre la mortalidad, resaltándose el efecto de nuestras variables de interés.

Estudios de series temporales

Se denomina serie temporal o serie de tiempo a una secuencia cronológicamente ordenada de valores. Estos valores son el resultado de mediciones sobre las variables de interés, y corresponden a intervalos homogéneos de tiempo. La serie temporal supone que los valores adoptados por la variable no son puramente aleatorios sino que responden a cierta regularidad. Es decir que existe correlación

entre sus valores. Aguirre Jaime (1994) señala la importancia de que los métodos de medición se mantengan constantes a través del tiempo, para la validez de la serie. Esta constancia en la forma de medición es, para este tipo de análisis, más importante aún que la precisión en cuanto a la magnitud de los datos. Dicho de otra forma, aunque el método de observación esté sesgado, si se mantiene invariable en el tiempo permite la construcción de una serie temporal válida y consistente.

En epidemiología se utiliza el estudio de estas series para conocer el patrón de comportamiento de la variable de interés, así como para predecir valores futuros. Por lo general se intenta con este tipo de estudios relevar y cuantificar una asociación supuesta entre dos series: una con datos referidos a exposición y otra con datos referidos a resultados. La verificación de una asociación entre ambas series, si se realiza con los debidos controles de posibles variables confundentes, constituiría un primer paso en la demostración de la existencia de un efecto del factor considerado de exposición sobre la salud de la población.

Los intervalos en los que agrupamos los valores de las variables de interés dependen del tipo de dato que utilicemos, así como del objetivo del análisis. Es posible analizar series temporales horarias o mensuales, o incluso anuales si se cuenta con suficiente cantidad de datos. Por el tipo de estudio que se desarrolla en este trabajo corresponde utilizar valores diarios para todas las variables analizadas (Medina-Ramón y col. 2006, El-Zein & Tewtel-Salem 2005, Braga y col. 2001a, 2001b, 2002, entre otros).

El análisis clásico se basa en la búsqueda de la función que vinculan los factores analizados a través del tiempo, considerando o no otras variables (Aguirre Jaime 1994:28). Las variaciones en los valores de la variable de interés que no correspondan a esa función son consideradas “ruido” o “residuos”.

En tanto el presente estudio pretende observar la relación entre tres variables que, si bien presentan distintos valores a lo largo del tiempo no están referidas a procesos temporales, éstos tienen que ser “eliminados” del análisis a fin de conservar solamente las variables de interés. De esta manera, la Tendencia (T_1 , movimiento general de la variable en períodos prolongados de tiempo, que se suele expresar como una función del tiempo de tipo polinómico o logarítmico), la Estacionalidad (E_1 , fluctuaciones regulares en períodos relativamente breves) y el Ciclo (C_1 , fluctuaciones en períodos muy largos) de la variable mortalidad tendrán que determinarse previamente a la comparación entre esta serie y las de temperatura y CO. Integrando

estos resultados con las correlaciones que presenten las series con el mes y el día de la semana, obtendremos los residuos, valores “aleatorios” de la variable mortalidad, que hasta el momento son aquellos que no se explican por las regularidades mencionadas anteriormente.

Del análisis de la correlación entre temperatura, CO y mortalidad también quedarán valores que no se explican por las variables independientes (temperatura y CO), que bien podrían estar influidos por otras variables con patrones temporales diferentes, no consideradas en el estudio (por ejemplo concentración de material particulado) o constituir una componente efectivamente aleatoria, gobernada por las particularidades de la muerte de cada individuo. El análisis de los residuos de la correlación permite conocer si la variable conserva un comportamiento temporal definido, que indicaría la existencia de variables no incorporadas en el modelo de análisis, o si los valores de los residuos tienen un comportamiento aleatorio, en este último caso el modelo utilizado estaría dando cuenta de la totalidad de las variables temporales que afectan la mortalidad.

Metodología

Colección de la información

Datos meteorológicos

El Servicio Meteorológico Nacional recoge e informa datos de superficie, en forma horaria, para 4 estaciones ubicadas dentro del Área Metropolitana de Buenos Aires. Estas bases de datos incluyen las siguientes variables: temperatura, temperatura de rocío, visibilidad, cubierta nubosa, presión atmosférica, y velocidad y dirección del viento.

Se recopilaron datos para el período 2002-2006. Se realizó un análisis de los valores, y en función de la ubicación geográfica de las estaciones de medición se decidió utilizar los datos de la estación Villa Ortúzar (Observatorio Central Buenos Aires).

Para la aplicación de la metodología de análisis de series cronológicas se debe asumir que existe una correspondencia entre los valores medidos por la estación meteorológica escogida y los que se presentan en el resto del área de estudio. Si bien

los valores evidentemente variarán en las diferentes áreas geográficas, se asume que básicamente aumentan y disminuyen proporcionalmente a los valores medidos. Aunque los datos utilizados se refieren a medición de valores meteorológicos, y no de exposición, sí proporcionan una línea que finalmente está de manera directa relacionada con la exposición de la población.

Para este trabajo se han utilizado los datos de temperatura y construido valores de humedad relativa a partir de la temperatura de rocío (Iribarne & Godson 1981), utilizando la expresión:

$$HR = \frac{\text{presión de vapor}}{\text{temperatura en bulbo seco}} * 100$$

siendo

$$\text{presión de vapor} = Esat (th) - 0.000799 * pmb * (ts - th)$$

Esat= presión de saturación

th=temperatura de bulbo húmedo

ts= temperatura de bulbo seco

pmb=presión atmosférica en milibares

Las temperaturas registradas por el Servicio Meteorológico Nacional en la Ciudad de Buenos Aires están en un rango de entre -0,1 y 37,5 °C durante el período de análisis, con una amplitud diaria promedio de 8,5 °C.

El clima de la CABA muestra variaciones estacionales claras. Para el presente trabajo hemos utilizado la división elaborada por el Servicio Meteorológico Nacional para la Ciudad de Buenos Aires. En su página web smn.gov.ar, documentos sobre el clima en la Ciudad de Buenos Aires refieren que los análisis climáticos del Servicio no siguen el calendario astronómico para la división del año en estaciones, sino que se basan en la división en períodos de tres meses delimitados por la frecuente presencia de condiciones climáticas de cada una de las estaciones. De esta manera, el invierno comprende los meses de junio, julio y agosto, la primavera los de septiembre, octubre y noviembre, el verano está conformado por los meses de diciembre, enero y febrero, y el período otoñal integra los meses de marzo, abril y mayo. La amplitud térmica diaria promedio es de 9,2 °C durante los meses de verano, 8,3 °C durante el otoño,

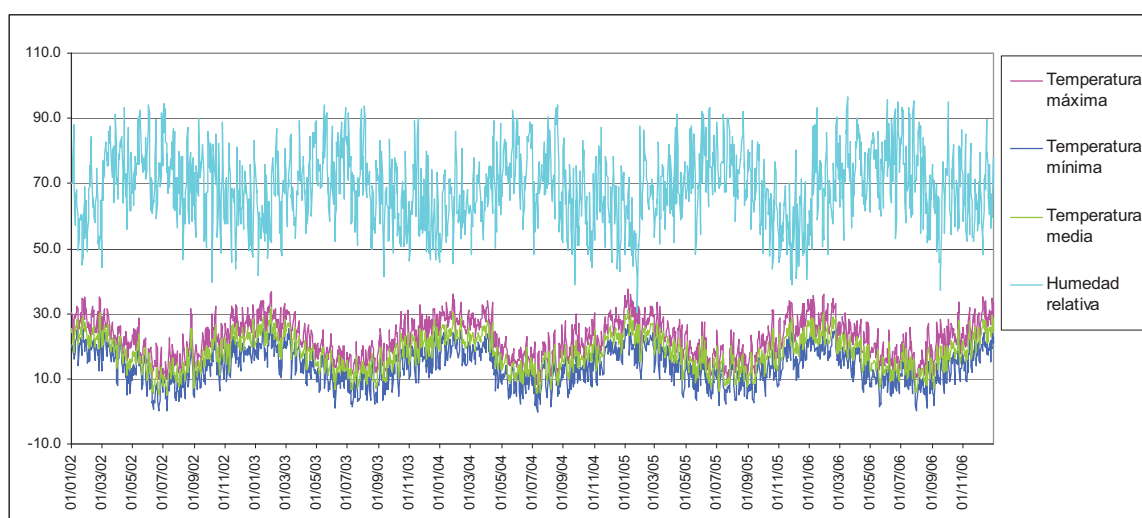
7,5°C en el invierno y 9,1 °C durante la primavera. Con relación a las precipitaciones, el verano es la estación más lluviosa, situación que puede extenderse durante la primera parte del otoño. Los meses de invierno presentan una alta humedad relativa promedio, pero registran los valores más bajos en cuanto a precipitaciones.

Tabla 3 – Estadística descriptiva de las variables meteorológicas para Buenos Aires.
2002-2006

		Mínimo	Media	Máximo	Desvío estándar
Todo el año	T. Mínima	-0.10	13.95	27.60	5.49
	T. Media	4.99	17.96	32.04	5.47
	T. Máxima	8.50	22.46	37.50	5.89
	Humedad relativa	30.28	68.67	96.63	11.26
Verano	T. Mínima	9.50	19.24	27.60	3.24
	T. Media	15.29	23.65	32.04	2.92
	T. Máxima	17.70	28.42	37.50	3.41
	Humedad relativa	30.28	63.06	93.21	10.20
Otoño	T. Mínima	1.40	14.11	25.40	4.71
	T. Media	7.20	17.98	27.76	4.32
	T. Máxima	12.70	22.43	33.80	4.50
	Humedad relativa	44.27	72.46	96.63	9.27
Invierno	T. Mínima	-0.10	8.98	21.30	4.04
	T. Media	4.99	12.43	25.35	3.48
	T. Máxima	8.50	16.48	31.50	3.76
	Humedad relativa	46.73	74.29	95.67	10.46
Primavera	T. Mínima	2.00	13.58	24.10	4.34
	T. Media	7.02	17.92	28.73	4.19
	T. Máxima	10.60	22.63	33.80	4.66
	Humedad relativa	37.21	64.69	94.75	10.75

Fuente: elaboración propia en base a datos del Servicio Meteorológico Nacional

Gráfico 2 – Evolución de las variables meteorológicas durante el período 2002-2006



Fuente: elaboración propia en base a datos del Servicio Meteorológico Nacional

Correlación entre variables meteorológicas

Las temperaturas anuales presentan una marcada correlación entre sí, y una correlación negativa suave con la humedad relativa (Tabla 4). Un análisis por estaciones muestra que la temperatura mínima correlaciona positivamente con la humedad relativa, correlación que es más fuerte en invierno y prácticamente desaparece en primavera y verano. Las temperaturas máximas, por su parte, mantienen la correlación negativa incluso discriminando por estaciones, presentando las correlaciones más fuertes durante los meses de verano y primavera. La temperatura media correlaciona positivamente durante el invierno y negativamente durante el resto del año.

Tabla 4 – Correlación entre las diferentes variables meteorológicas durante todo el año y por estaciones. 2002-2006

		Temperatura Mínima	Temperatura Media	Temperatura Máxima	Humedad Relativa
Todo el año	Temperatura Mínima	1.00	0.96	0.87	-0.13
	Temperatura Media	0.96	1.00	0.96	-0.30
	Temperatura Máxima	0.87	0.96	1.00	-0.40
	Humedad Relativa	-0.13	-0.30	-0.40	1.00
Verano	Temperatura Mínima	1.00	0.89	0.70	0.08
	Temperatura Media	0.89	1.00	0.92	-0.17
	Temperatura Máxima	0.70	0.92	1.00	-0.31
	Humedad Relativa	0.08	-0.17	-0.31	1.00
Otoño	Temperatura Mínima	1.00	0.95	0.79	0.11
	Temperatura Media	0.95	1.00	0.93	-0.07
	Temperatura Máxima	0.79	0.93	1.00	-0.23
	Humedad Relativa	0.11	-0.07	-0.23	1.00
Invierno	Temperatura Mínima	1.00	0.94	0.70	0.32
	Temperatura Media	0.94	1.00	0.89	0.15
	Temperatura Máxima	0.70	0.89	1.00	-0.10
	Humedad Relativa	0.32	0.15	-0.10	1.00
Primavera	Temperatura Mínima	1.00	0.93	0.80	0.03
	Temperatura Media	0.93	1.00	0.95	-0.18
	Temperatura Máxima	0.80	0.95	1.00	-0.30
	Humedad Relativa	0.03	-0.18	-0.30	1.00

Fuente: elaboración propia en base a datos del Servicio Meteorológico Nacional

Datos de calidad del aire

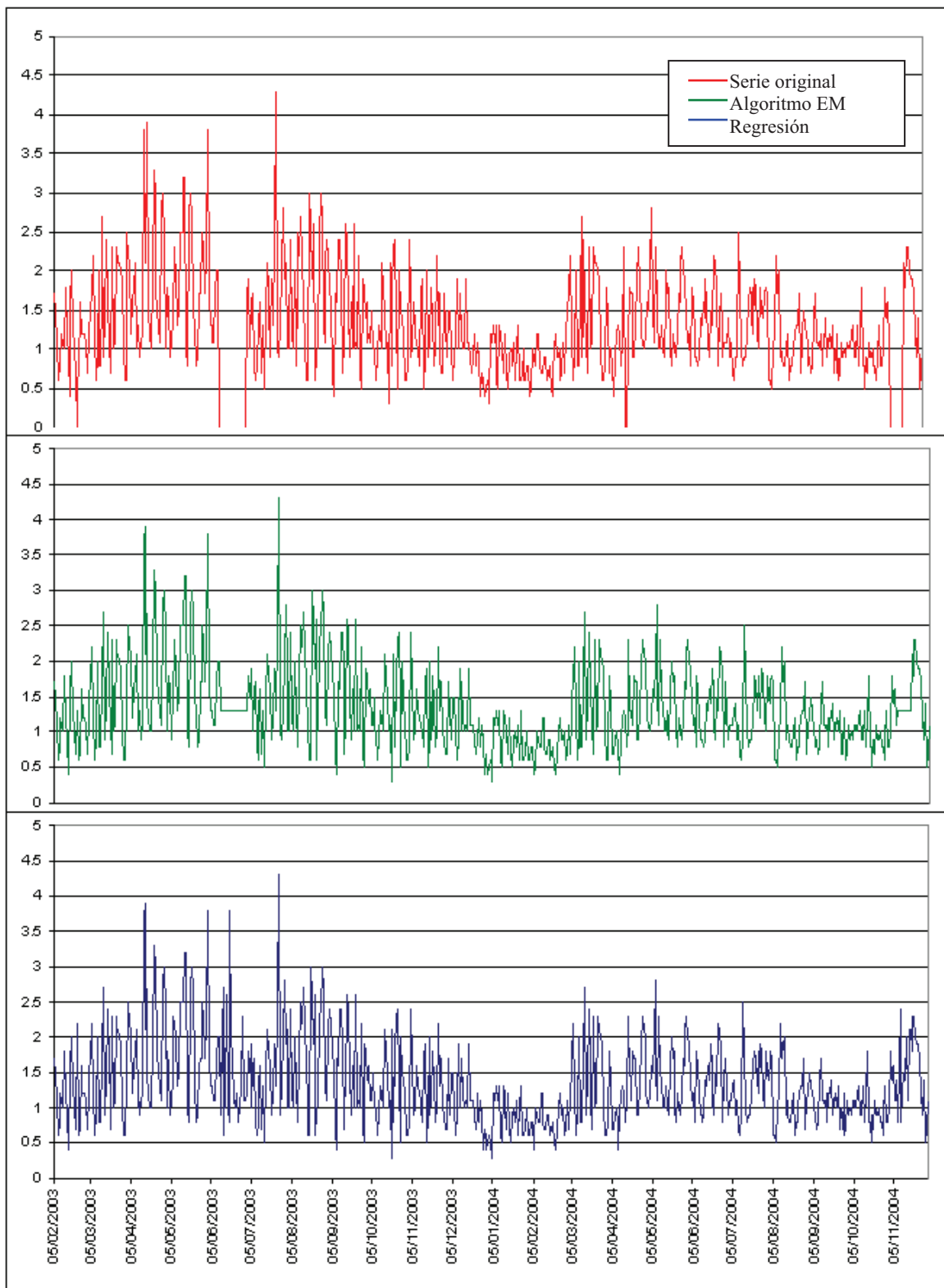
Las series de datos sobre calidad del aire son escasas para el área de estudio. Existe una sola estación de monitoreo que tiene dos décadas de funcionamiento, y recientemente se han instalado tres nuevas estaciones en la Ciudad. No obstante, otros datos recogidos por el sector científico (Smichowski y col. 2004, Bogo 1999 y 2001, Gidhagen y col. 1999, Fundación Ciudad 1999, Romero y col. 1995, Ozafrán y col. 1993, Mazzola y col. 1991) permiten extraer las siguientes conclusiones:

- Los niveles de CO, SO₂ y PM₁₀ presentan por lo general valores inferiores a los estándares;
- Los niveles de NO_x presentan algunas situaciones de excedencias;
- No existe suficiente información acerca de los valores de PM_{2.5}, pero a partir de algunas campañas es posible establecer que hay pocos casos en los que los valores superan los límites; y
- No existen suficientes mediciones de O₃ para realizar un diagnóstico.

Para este trabajo se ha utilizado una serie de un año y medio de valores de promedios diarios CO medidos por el Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires en la estación Palermo ubicada en la Av. Las Heras y Ortiz de Ocampo, un sitio de alto tránsito vehicular. El período de datos considerado comprende mediciones realizadas entre febrero de 2003 y noviembre de 2004. La serie presenta un 5.26% de datos faltantes, distribuidos en dos períodos relativamente prolongados y algunos datos aislados. Específicamente la serie presenta faltantes de 21 valores continuos correspondientes al mes de junio de 2003, y otro período más breve, de 11 días, hacia el final de la serie.

Habitualmente se emplean dos procedimientos estadísticos para completar los datos faltantes: (1) mediante una ecuación de regresión y (2) utilizando el algoritmo EM (Esperanza, Maximización). En el Gráfico 3 se presenta la serie original y la evolución de los valores obtenidos utilizando cada uno de los procedimientos. El algoritmo EM generó para cada uno de estos períodos un conjunto de valores iguales, mientras que el método de regresión proveyó una serie de valores con un comportamiento más similar al de la serie original. Por esta razón en este trabajo se consideró más apropiada utilizar la técnica de regresión, para obtener una serie de 665 valores, correspondientes al período 05-02-2003 al 30-11-2004.

Gráfico 3 – Serie de datos original de CO y métodos de llenado de datos faltantes



Fuente: elaboración propia en base a datos del Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires

Datos de mortalidad

Según datos del Censo Nacional de 2001 (INDEC 2001), la población de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires asciende a 2.776.138 habitantes, casi el 7% de la población total del país. Se trata de población totalmente urbana, y sus características demográficas difieren en algunos aspectos de las del total de la población del país. Una diferencia fundamental, muy importante para la salud pública, es su composición etárea, en tanto ya sea para la población total como discriminando por sexo el grupo de edad de mayores de 65 años tiene un peso mucho mayor, mientras que el grupo de 0 a 14 años es considerablemente menor en proporción al del resto del país. Los ancianos constituyen el 17 % de la población de la Ciudad (mientras que no llegan al 10% en la población total del país), y los niños alcanzan solamente el 17% (siendo casi el 30% en el total del país). Estos datos indican envejecimiento poblacional, en el que cobran mayor importancia algunos factores que afectan la salud del grupo de adultos mayores como son los ambientales.

Estas diferencias con los totales del país se mantienen al interior de los sexos, acentuándose levemente en el caso de las mujeres, que además constituyen una población más envejecida (15% de niñas frente a 20% de ancianas, para los hombres estos valores son del 19% frente al 14% respectivamente). El grupo de edad intermedia se mantiene en alrededor del 63% tanto para Buenos Aires como para el total del país, lo mismo entre mujeres que entre varones.

La composición por género no difiere demasiado de la del total del país, mostrando un ligero predominio de mujeres (55%).

La información sobre mortalidad en Buenos Aires proviene del Ministerio de Salud de la Nación, y está organizada según la clasificación Internacional de Enfermedades CIE10. Esta información se encuentra relativamente completa y es confiable. Obtuvimos datos correspondientes a las muertes acaecidas en la ciudad para el período 2002-2006, con definición diaria, a nivel de distritos escolares.

Los registros con datos faltantes se eliminaron del análisis. La tabla 5 presenta la distribución y porcentajes de datos faltantes para los distintos años del período. En la Tabla 6 se presentan los promedios de muertes por causa y la distribución porcentual para los diferentes años del análisis.

Tabla 5 – Distribución por causa y año de datos perdidos para el análisis estadístico

	TOTAL			Cardíacas			Respiratorias		
	Casos	Casos eliminados	% pérdida	Casos	Casos eliminados	% pérdida	Casos	Casos eliminados	% pérdida
2002	4873	160	3.28	1667	96	5.76	3212	64	1.99
2003	4983	275	5.52	1313	136	10.36	3670	139	3.79
2004	5240	264	5.04	1235	125	10.12	4005	139	3.47
2005	6350	225	3.54	2197	99	4.51	4153	126	3.03
2006	6166	268	4.35	2224	121	5.44	3942	147	3.73

Fuente: elaboración propia en base a datos del Ministerio de Salud de la Nación

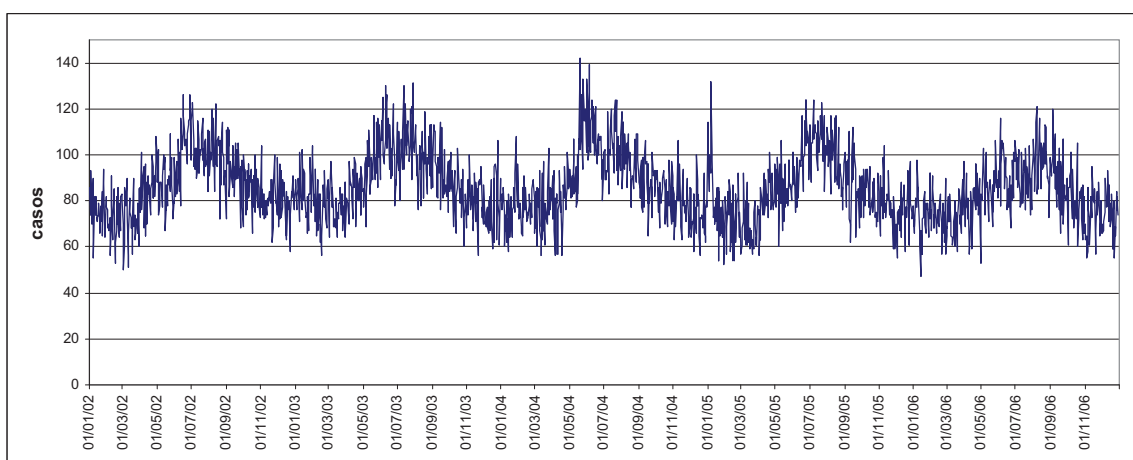
Tabla 6 - Promedios de muertes por causa y distribución porcentual. 2002-2006

	Promedio de muertes totales diarias (desvío estándar)	Promedio de muertes cardiovasculares diarias (desvío estándar)	Mortalidad cardiovascular (% sobre el total de muertes)	Promedio de muertes respiratorias diarias (desvío estándar)	Mortalidad respiratoria (% sobre el total de muertes)
2002	86.49 (14.65)	30.64 (8.16)	35,47 %	19.00 (6.47)	21.98
2003	88.82 (14.62)	27.48 (6.54)	30.94 %	20.41 (6.46)	22.97
2004	86.87 (15.75)	26.48 (6.70)	30.49 %	20.97 (7.12)	24.14 %
2005	84.56 (15.37)	28.67 (7.94)	33.91 %	20.23 (6.96)	23.92 %
2006	81.84 (13.06)	28.27 (6.53)	34.64 %	17.54 (5.51)	21.49 %
Total período	85.73 (14.88)	28,33 (7.19)	33,04 %	19,64 (6.62)	22,91 %

Fuente: elaboración propia en base a datos del Ministerio de Salud de la Nación

A su vez, existen variaciones temporales al interior de cada año en cuanto a los valores de la mortalidad. El gráfico 4 muestra la evolución de los valores de mortalidad para el período analizado y en la Tabla 7 se presenta la estadística descriptiva para mortalidad según estaciones del año. En ellos se puede observar el componente cíclico característico, con incrementos invernales, de la mortalidad.

Gráfico 4 – Evolución de la mortalidad total, excepto causas externas. 2002 - 2006



Fuente: elaboración propia en base a datos del Ministerio de Salud de la Nación

Tabla 7 - Estadística descriptiva para mortalidad total y por causas, por estación del año

		Mínimo	Media	Máximo	Desvío estándar
Todo el año	Mortalidad total	47.00	85.73	142.00	14.88
	Mortalidad cardiovascular	10.00	28.33	56.00	7.19
	Mortalidad respiratoria	4.00	19.64	44.00	6.62
Verano	Mortalidad total	47.00	76.59	132.00	10.94
	Mortalidad cardiovascular	10.00	25.02	51.00	6.04
	Mortalidad respiratoria	4.00	15.33	34.00	4.66
Otoño	Mortalidad total	50.00	82.11	142.00	13.48
	Mortalidad cardiovascular	10.00	26.45	44.00	6.33
	Mortalidad respiratoria	6.00	18.34	39.00	5.50
Invierno	Mortalidad total	68.00	100.03	139.00	12.22
	Mortalidad cardiovascular	12.00	33.65	56.00	7.17
	Mortalidad respiratoria	11.00	25.97	44.00	5.97
Primavera	Mortalidad total	55.00	83.97	120.00	11.41
	Mortalidad cardiovascular	14.00	28.12	52.00	6.00
	Mortalidad respiratoria	4.00	18.82	37.00	5.18

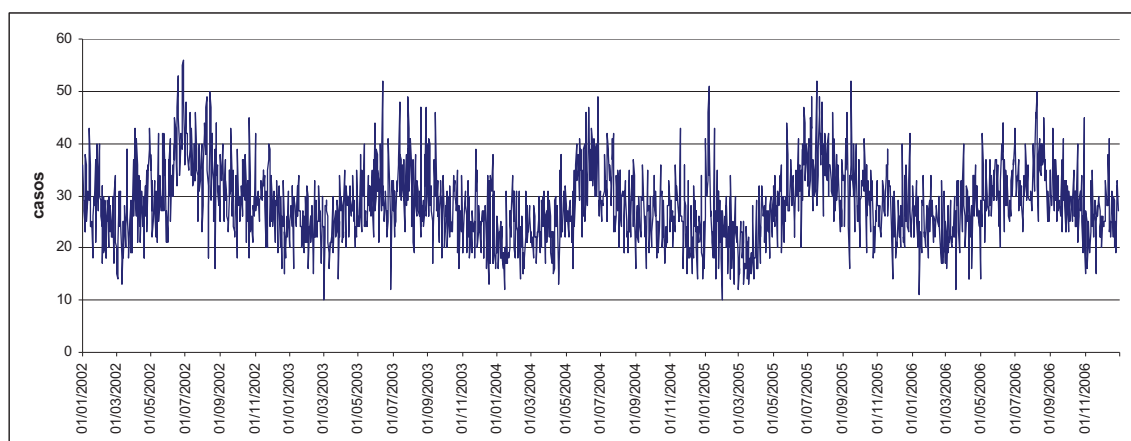
Fuente: elaboración propia en base a datos del Ministerio de Salud de la Nación

Mortalidad por causas cardiovasculares

La mortalidad por causas cardiovasculares muestra un patrón estacional, con una curva que alcanzan sus valores más altos durante los meses de invierno, disminuyendo progresivamente hasta el comienzo del otoño, en que comienza a ascender nuevamente (Gráfico 5).

Durante el período analizado hubo un promedio de 28 muertes diarias por causas cardiovasculares, constituyendo aproximadamente el 33 % de las muertes totales, exceptuando las debidas a accidentes.

Gráfico 5 – Evolución de la mortalidad por causas cardiovasculares – 2002-2006

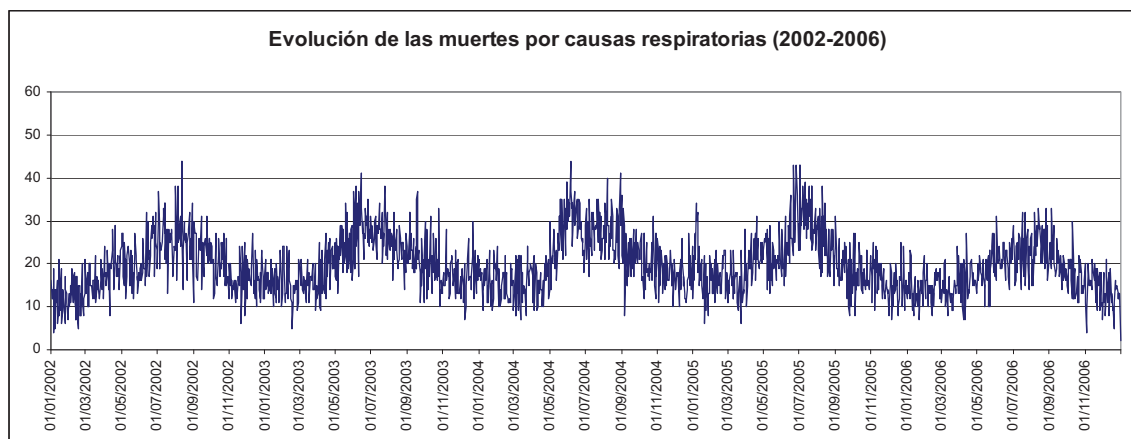


Fuente: elaboración propia en base a datos del Ministerio de Salud de la Nación

Mortalidad por causas respiratorias

La mortalidad por causas respiratorias también sigue un patrón estacional con curva asimétrica, alcanzando sus valores pico al principio o mediados del invierno y luego disminuyendo progresivamente hasta alcanzar sus valores más bajos a fines del verano o principios del otoño (Gráfico 6). Las muertes por causas respiratorias constituyen aproximadamente el 23% de las muertes totales –exceptuando accidentes– con una cantidad promedio diaria de 17,6.

Gráfico 6 – Evolución de la mortalidad por causas respiratorias – 2002-2006



Fuente: elaboración propia en base a datos del Ministerio de Salud de la Nación

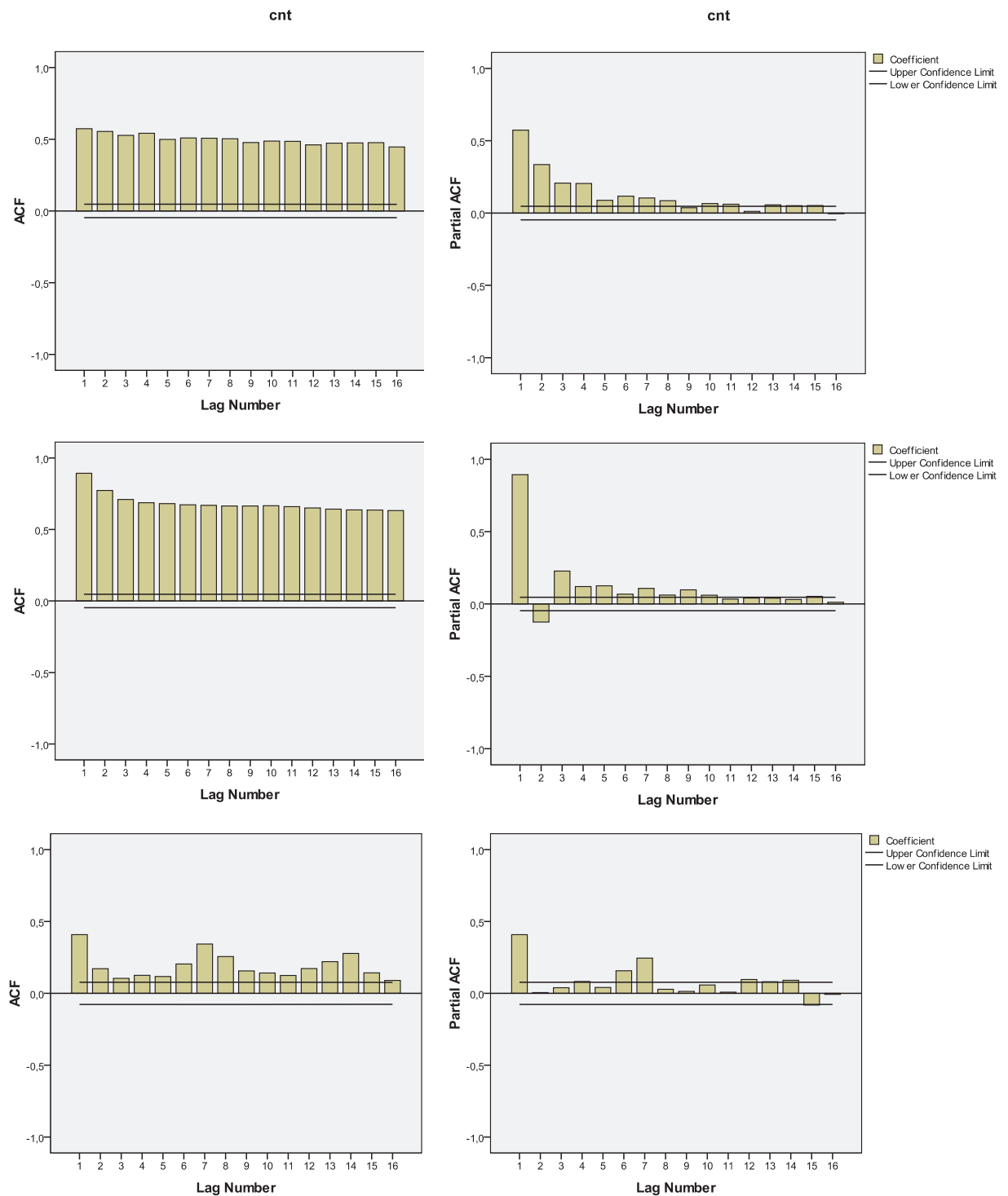
Tratamiento estadístico

Estudio de series de mortalidad para Buenos Aires 2002-2006

Autocorrelaciones

El primer paso en este estudio implica la determinación del carácter de serie de los datos a analizar. La prueba de autocorrelación ayuda a determinar si una secuencia de datos conforma una serie. Esta prueba mide, para cada retardo de tiempo indicado, el tipo y grado de correlación que los valores de la serie separados por un período igual a ese retardo presentan entre sí. Asumimos que si existe un grado alto de correlación en los retardos menores, un valor determinado “depende”, de algún modo, de los valores inmediatamente anteriores.

Gráfico 7 – Autocorrelaciones y autocorrelaciones parciales para mortalidad, temperatura media (2002-2006) y nivel de CO en la atmósfera (02/2003 – 11/2004)



Fuente: elaboración propia en base a datos del Ministerio de Salud de la Nación, el Servicio Meteorológico Nacional y el Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires

El gráfico muestra los valores de autocorrelaciones totales y parciales para las variables de mortalidad, temperatura media y monóxido de carbono. Todas las variables analizadas muestran autocorrelaciones totales significativas para períodos de 15 días, mostrando su condición de series temporales. El análisis de las autocorrelaciones parciales muestra que los valores de mortalidad siguen un patrón temporal regular para los intervalos de 1 a 8 días y para 10 y 11 días. Por su parte, las autocorrelaciones parciales de los valores de temperatura son significativas hasta los 10 días. Los niveles de monóxido de carbono en la atmósfera muestran autocorrelaciones parciales significativas para los intervalos 1, 4, 6, 7, 12 y 14 días.

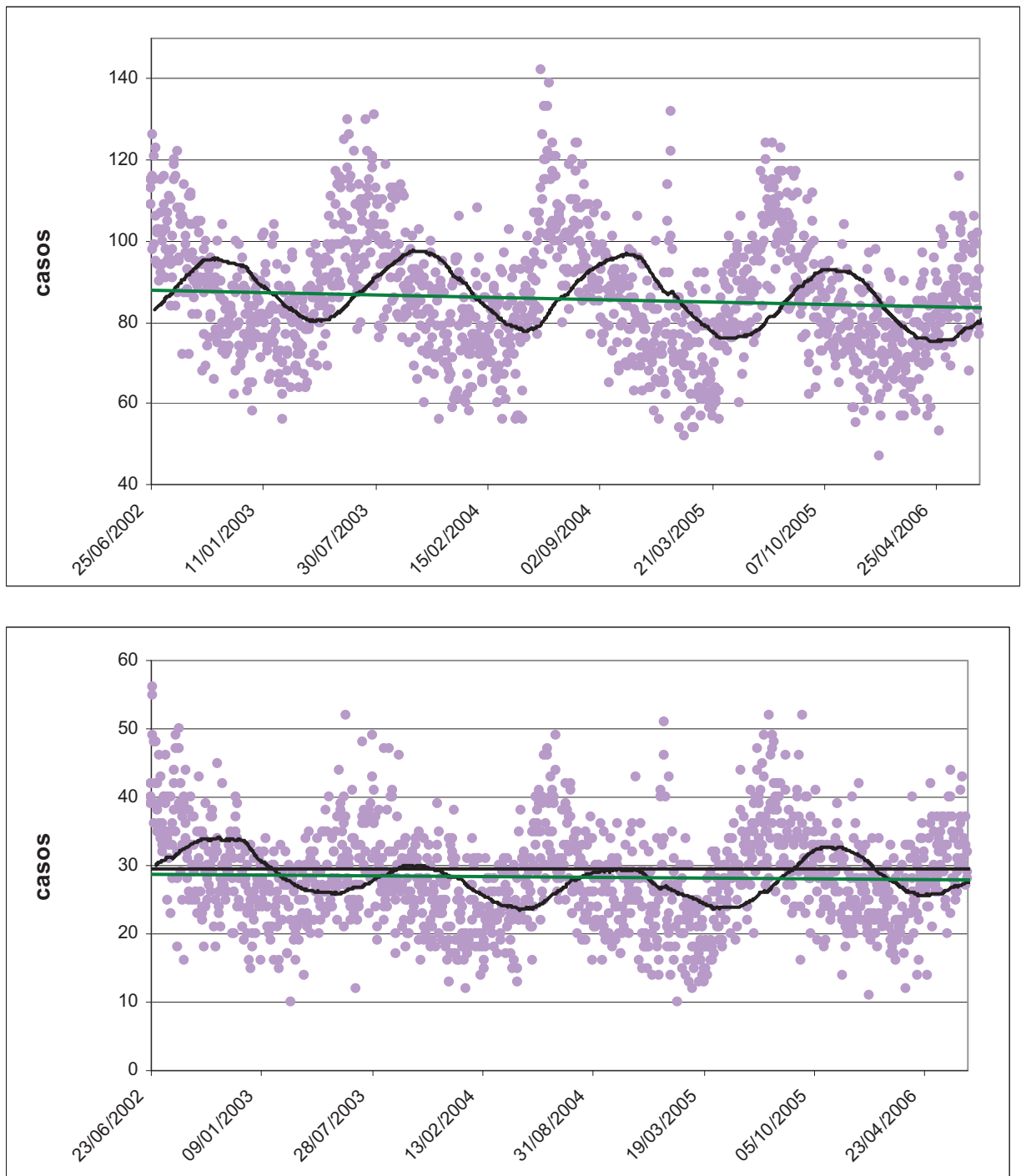
Análisis de tendencias

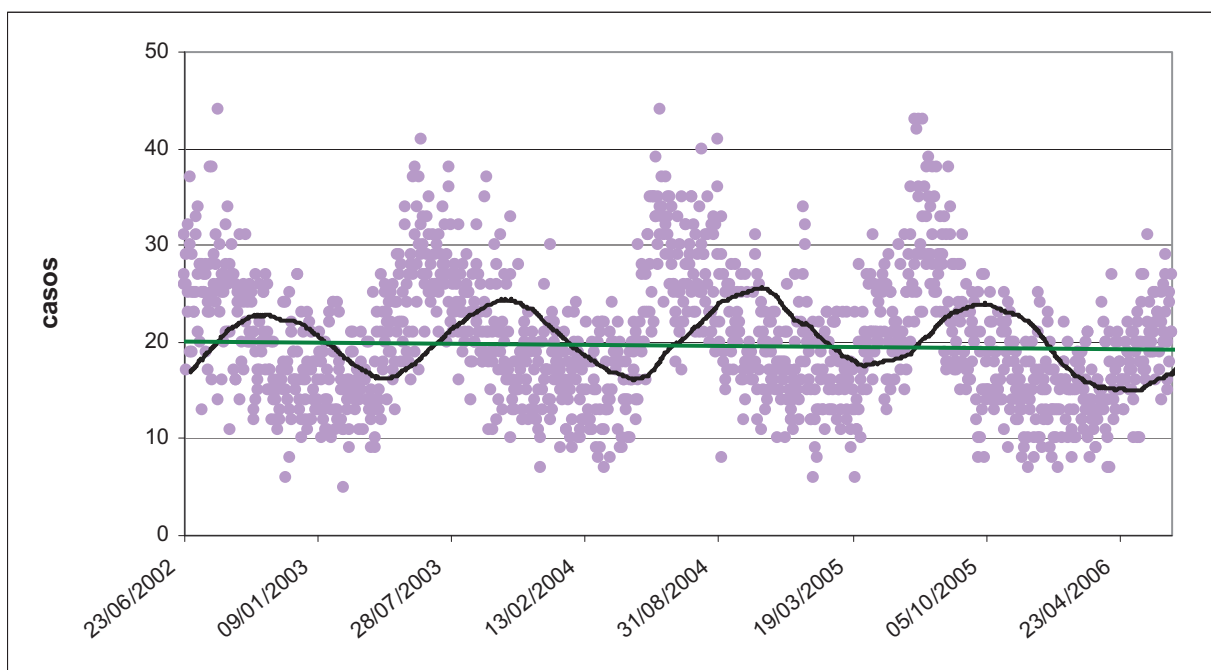
Para construir la función que nos permita extraer los residuos, que constituirán la materia prima del análisis de correlación entre temperatura, CO y mortalidad, se buscan los patrones de comportamiento temporal de la serie: tendencia, estacionalidad, ciclo, mes y día de la semana. Esto se realiza tanto para las variables dependientes (mortalidad total, respiratoria y cardiovascular) como para las independientes (temperatura, humedad y concentración de CO) con el objetivo de construir el modelo final que mejor represente el vínculo entre los respectivos residuos. A modo de ejemplo se presenta a continuación la decomposición de la serie de mortalidad para tendencia de largo plazo y estacionalidad, aunque en el modelo final incorporarán estos procedimientos para la totalidad de las variables, incluyendo el análisis por mes y día de la semana. La identificación de la posible influencia de los ciclos requiere contar con datos para períodos más extensos de tiempo, que los disponibles en este estudio. En tanto se trata de oscilaciones de muy largo plazo, si los datos no abarcan períodos en los que el ciclo pueda manifestarse por completo, la presencia de un ciclo puede enmascarar o acentuar el peso de la tendencia, si por ejemplo el período analizado se encontrase en la fase del ciclo con el mismo signo de la tendencia. En nuestro caso, los datos analizados corresponden a un período relativamente corto de tiempo, motivo por el cual no podemos determinar la presencia o ausencia de ciclos en sus valores.

Tendencia de largo plazo

Para detectar la tendencia de una serie se aplican “filtros”, uno de los más utilizados son las medias móviles (Molinero 2004), que permiten construir curvas suaves y eliminar las irregularidades que enmascaran la tendencia.

Gráfico 8 - Medias móviles anuales de mortalidad total, por causas cardiovasculares y por causas respiratorias. 2002-2006



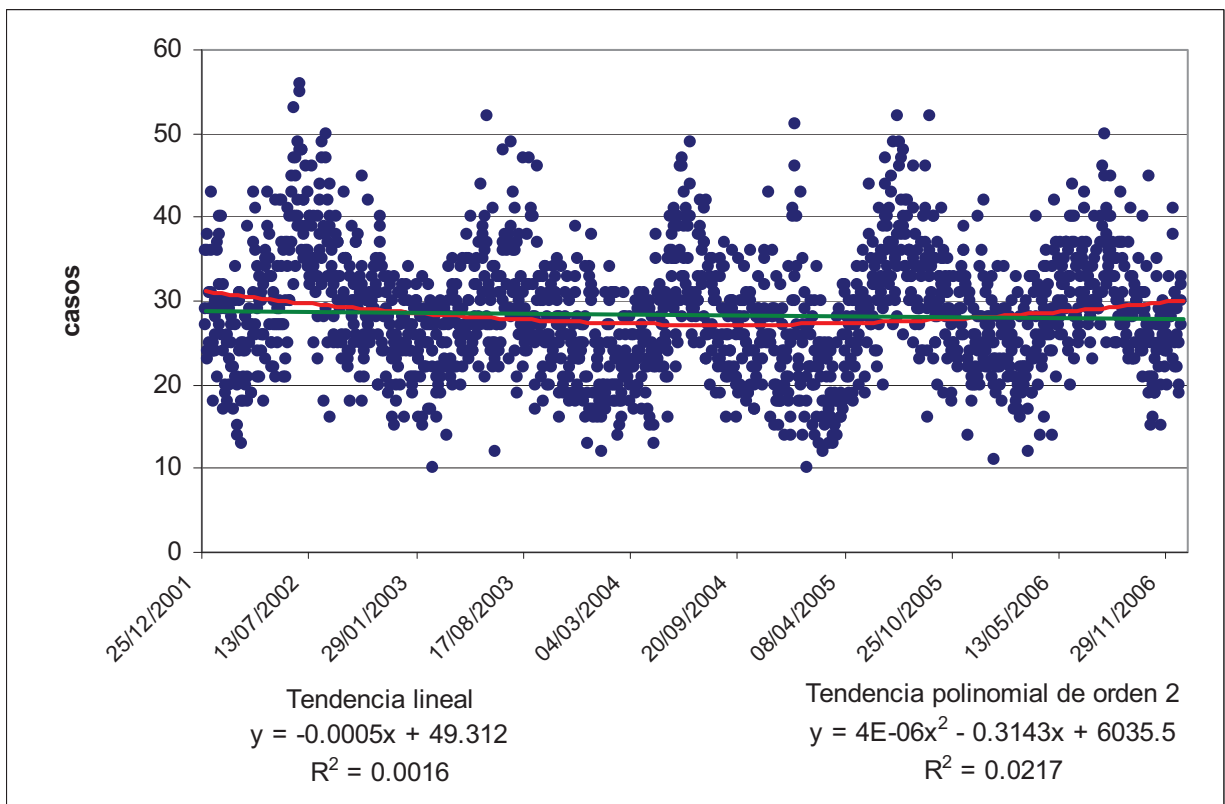
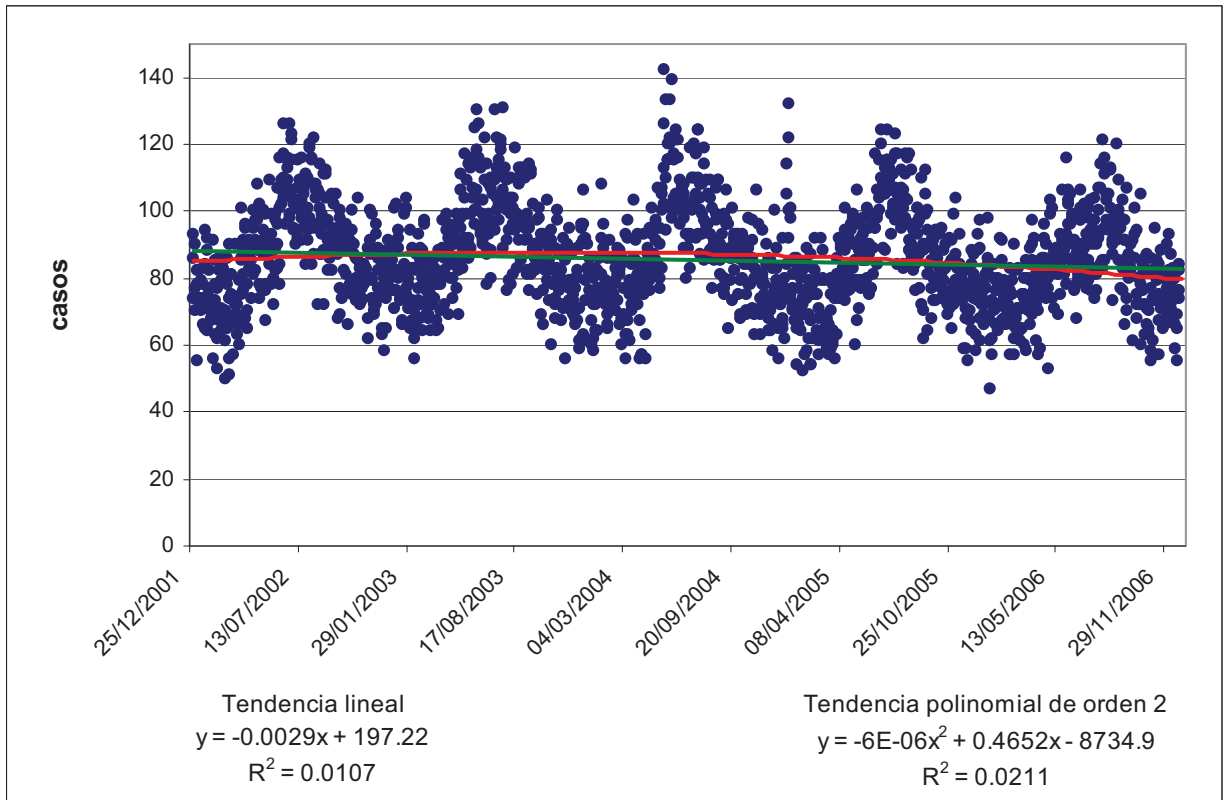


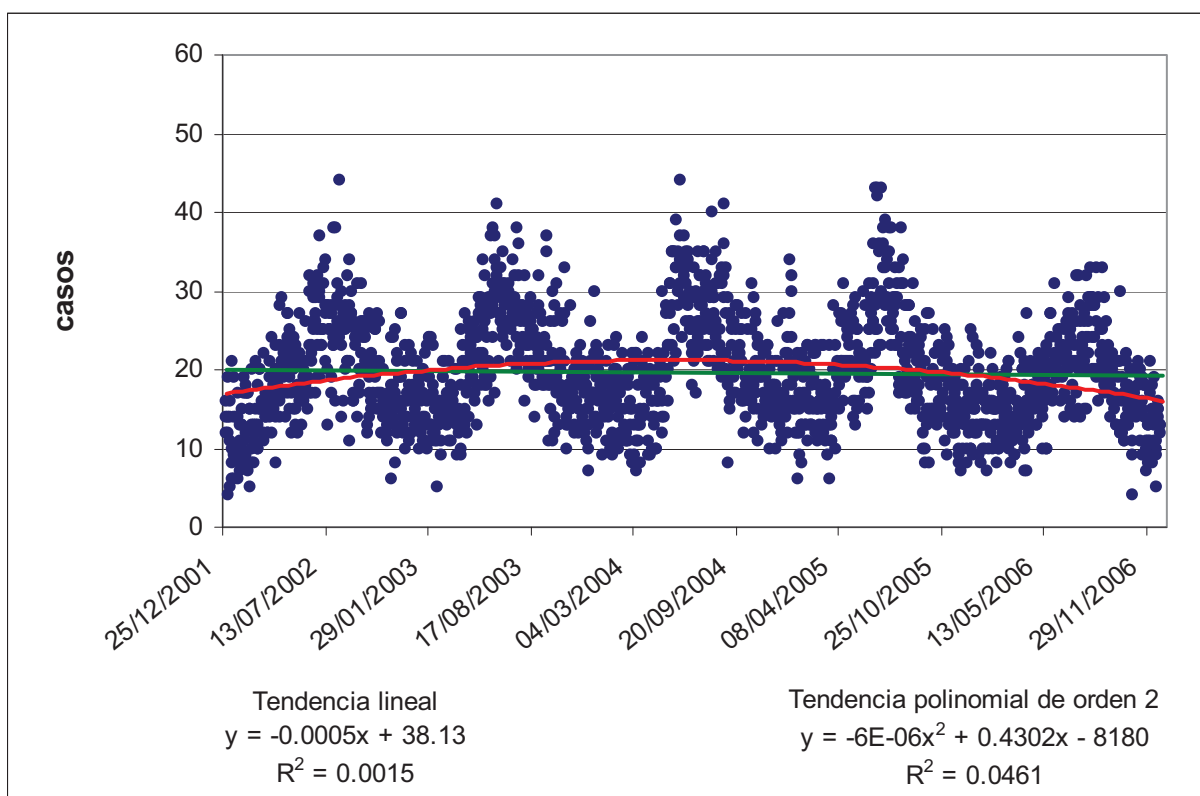
Fuente: elaboración propia en base a datos del Ministerio de Salud de la Nación

Como se ve en el Gráfico 8, los valores de mortalidad, tanto total como discriminada por causas cardiovasculares o respiratorias, tienen una tendencia suavemente decreciente a lo largo del período estudiado.

Sin embargo la tendencia de largo plazo de las curvas de mortalidad no necesariamente presenta un comportamiento lineal. En este caso, esto se observa a simple vista en los gráficos de medias móviles para cardiovasculares y respiratorias. Un suavizamiento polinomial de grado 2 proporciona un mejor ajuste a los datos analizados en este estudio que una relación de tipo lineal (Gráfico 9). Por esta razón se utilizará una ecuación no lineal en el modelo estadístico a desarrollar, para considerar la influencia de la tendencia de largo plazo.

Gráfico 9 – Ecuaciones de tendencia lineal y polinomial para mortalidad total, por causas cardiovasculares y respiratorias. 2002-2006





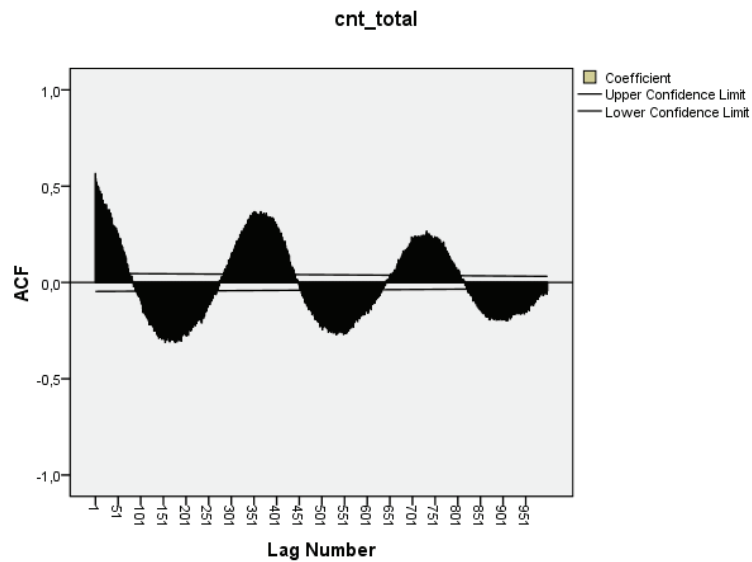
Fuente: elaboración propia en base a datos del Ministerio de Salud de la Nación

1. Estacionalidad

La estacionalidad de la serie implica que los valores separados en el tiempo por lapsos iguales, están correlacionados de alguna forma, presentando patrones identificables de comportamiento. En el caso de nuestros datos esto es evidente con la sola observación de la evolución de los valores, en cualquiera de los gráficos de mortalidad presentados (Gráficos 4 a 6, 9 y 10). Tanto la mortalidad por causas cardiovasculares como respiratorias alcanza sus valores máximos durante el período invernal, decreciendo hacia el verano.

Un análisis de autocorrelación de los datos para la Ciudad de Buenos Aires muestra una configuración en abanico típica donde cada valor presenta, para determinados retardos, una autocorrelación muy alta que disminuye paulatinamente hasta desaparecer, y luego comienza a anticorrelacionar hasta alcanzar un pico inverso (Gráfico 10). A partir de allí se repite este patrón, con valores de correlaciones y anticorrelaciones cada vez menores.

Gráfico 10 – Autocorrelaciones totales de la mortalidad total para un retardo de 999 días



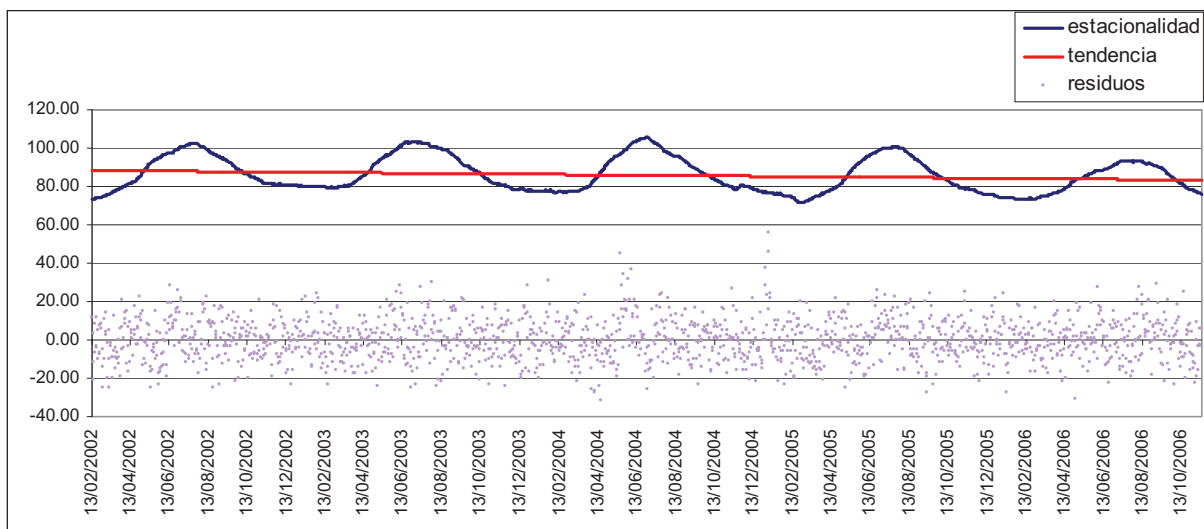
Fuente: elaboración propia en base a datos del Ministerio de Salud de la Nación

Residuos

Una vez establecida la condición de serie temporal de las distintas variables e identificados los efectos de la tendencia de largo plazo y la estacionalidad, se obtienen las series de los residuos a analizar con el modelo estadístico que mejor represente el vínculo entre ellas.

El Gráfico 11 presenta para la mortalidad total la representación de la tendencia lineal, la estacionalidad y los residuos resultantes si se eliminan dos componentes de la serie.

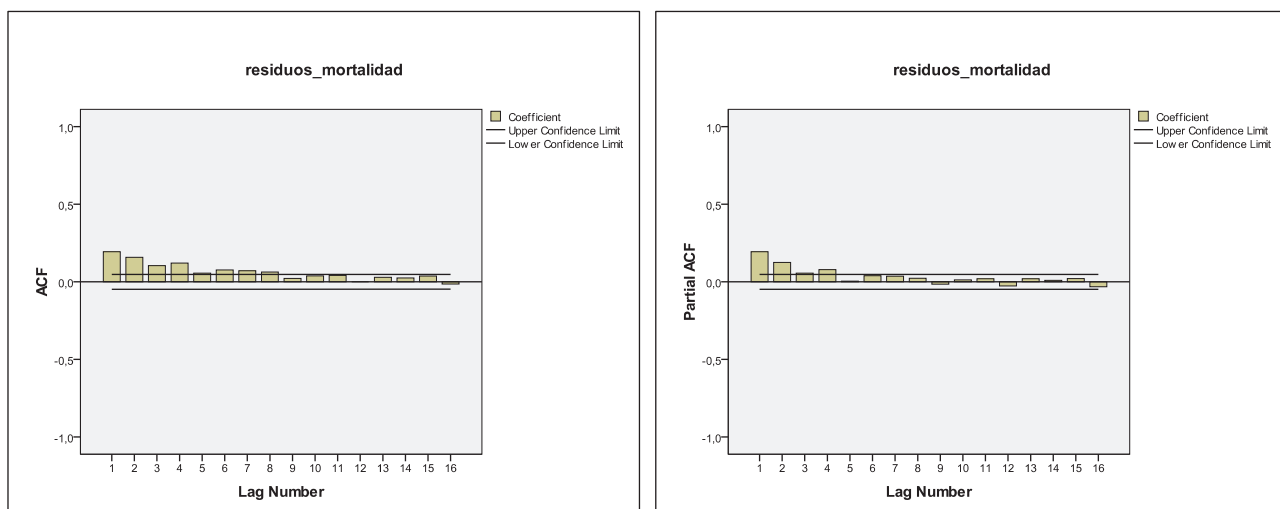
Gráfico 11 – Decomposición de la serie de mortalidad total – 2002-2006



Fuente: elaboración propia en base a datos del Ministerio de Salud de la Nación

Resta determinar si los residuos obtenidos de la extracción a los valores de la serie de la estacionalidad y la tendencia siguen todavía un patrón temporal definido, o su comportamiento es totalmente aleatorio. Para esto utilizaremos la autocorrelación de los residuos, cuya gráfica (Gráfico 12) nos muestra que esta serie conserva una autocorrelación significativa durante los primeros rezagos, hasta el cuarto día inclusive. Esto indica que existen una o más variables temporales que afectan los valores de mortalidad, independientemente de la estación del año y la tendencia. El hecho de que la correlación sea significativa hasta el cuarto día proporciona un parámetro acerca de la cantidad de rezagos a considerar en el modelo que vincule la mortalidad con la temperatura y la contaminación.

Gráfico 12 – Autocorrelación de los residuos de mortalidad total, eliminando tendencia y estacionalidad – 2002-2006



Fuente: elaboración propia en base a datos del Ministerio de Salud de la Nación

Modelos de análisis de series temporales

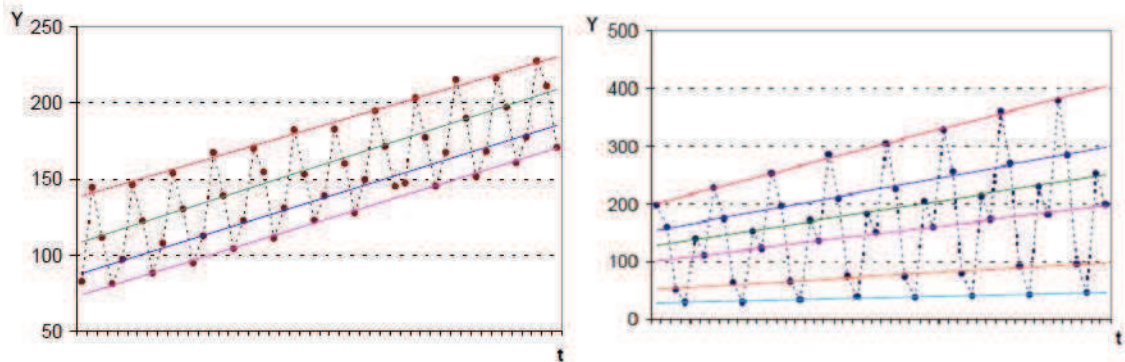
1) Tipo de modelos

Existen dos tipos de modelos para representar series temporales, que son (1) el multiplicativo ($Y=T \cdot E \cdot C \cdot R$) y (2) el aditivo ($Y=T+E+C+R$), donde T1 es la tendencia de largo plazo, E la estacionalidad, C los ciclos y R los residuos.

Cuando el patrón estacional mantiene una amplitud constante corresponde utilizar un modelo aditivo. Siguiendo a Pepió Viñals (2001) podemos afirmar que “un modelo aditivo se puede interpretar como aquel en que la estacionalidad actúa modificando la ordenada en el origen de la tendencia”. Cada una de las estaciones tiene un valor diferente en la ordenada en el origen, pero sigue una curva similar en cuanto a la tendencia. Las rectas asociadas a los valores de cada estación son paralelas entre sí.

Por el contrario, el modelo multiplicativo se utiliza cuando la amplitud de las curvas estacionales varía con el tiempo. Es diferente no sólo el valor de la ordenada en el origen sino también la pendiente de la tendencia de cada una de las estaciones.

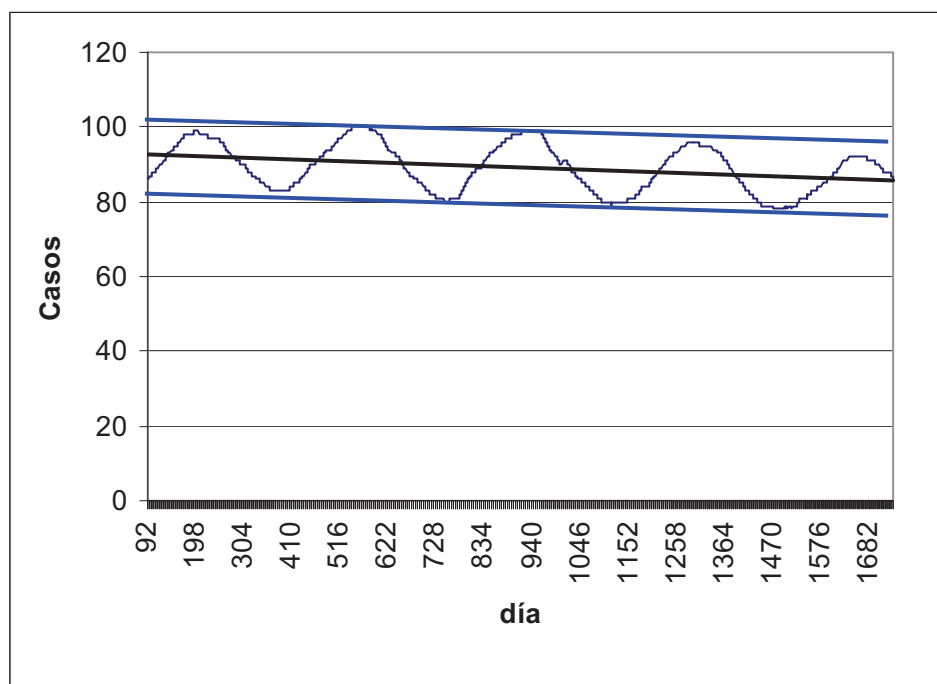
Gráfico 12 - Ejemplos de valores para modelo aditivo y multiplicativo.

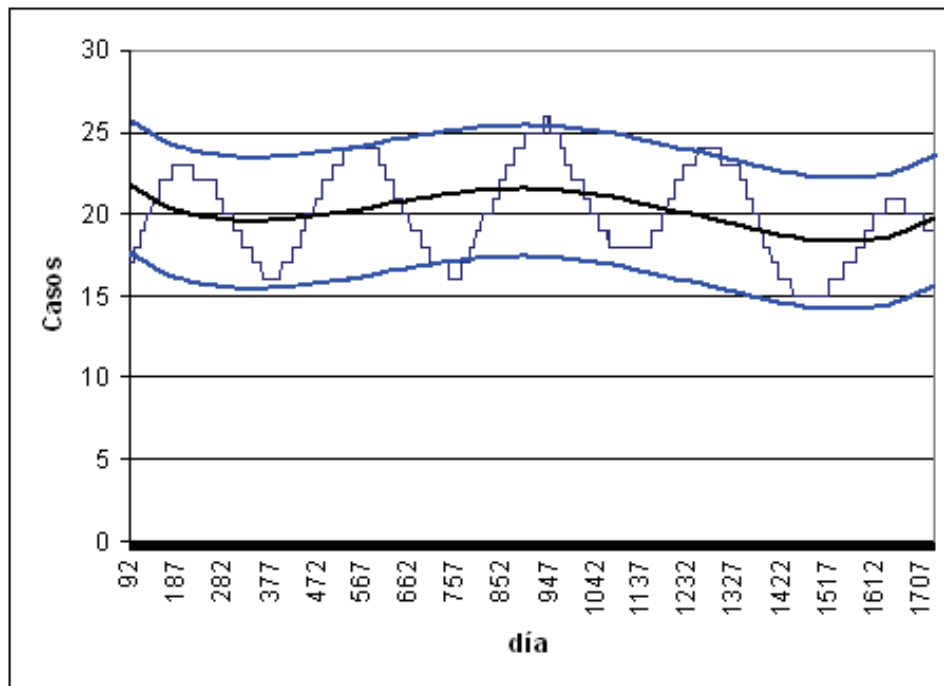
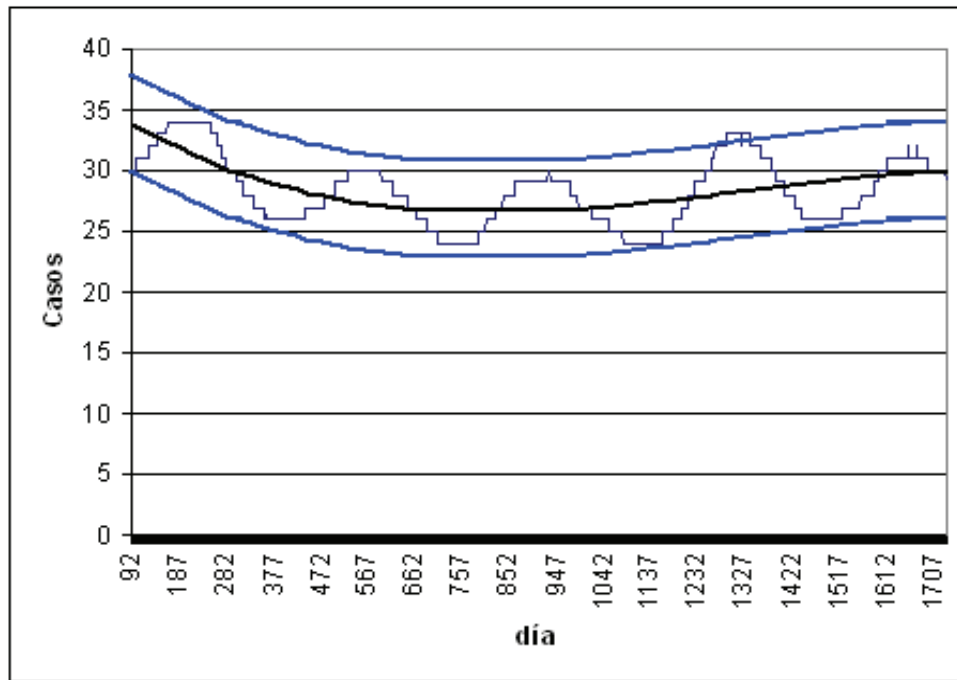


Fuente: Pepió Viñals 2001, Pp. 17-18

En el caso de los datos de mortalidad para la Ciudad de Buenos Aires en el período estudiado se puede observar (Gráfico 13) que, independientemente de la curva que adopte, la amplitud de la estacionalidad de la mortalidad es constante, por lo tanto corresponde utilizar un modelo aditivo para el análisis de la serie.

Gráfico 13 – Amplitud de la estacionalidad para mortalidad total y por causas cardiovasculares y respiratorias. Medias móviles anuales. 2002-2006





Fuente: elaboración propia en base a datos del ministerio de Salud de la Nación

Como se señaló anteriormente, hay consenso en la influencia de otras variables temporales sobre la mortalidad, tales como el día de la semana, o el mes. Estas deben incluirse en el análisis. No obstante, cualquiera sea la cantidad de

variables temporales incluidas, siempre serán los residuos los que muestren si la variable dependiente guarda una correlación con otra variable de interés, en este caso, la temperatura y los contaminantes atmosféricos.

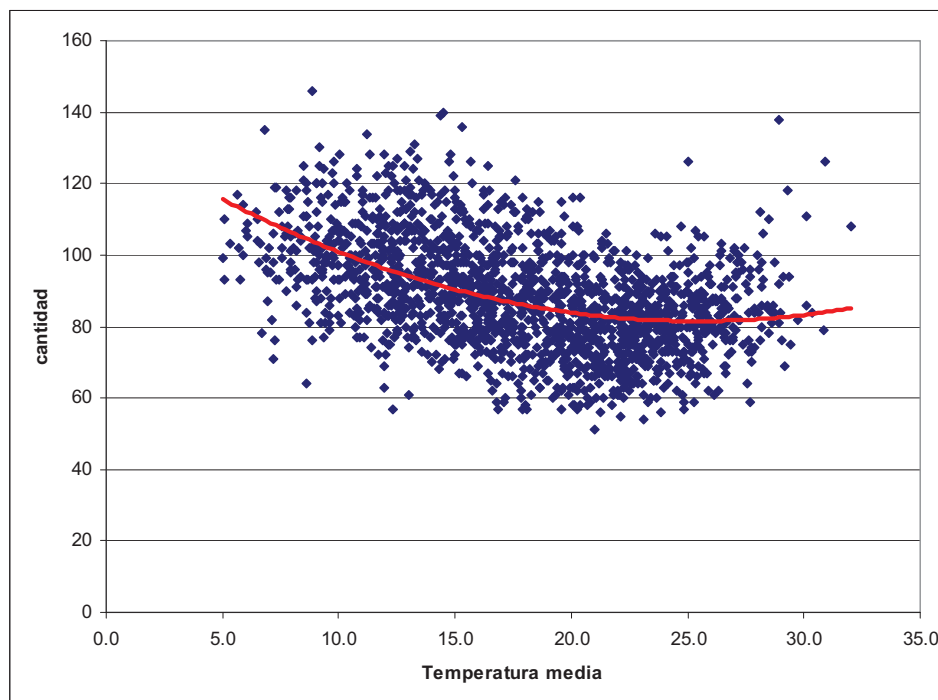
Del mismo modo, al finalizar el análisis que incorpore a estas variables de interés, el análisis de los residuos resultantes indicará si el modelo explica satisfactoriamente el comportamiento de la variable en su aspecto temporal, o aún se mantienen regularidades no explicadas por las variables utilizadas.

2) Modelos aditivos

Como se ha dicho, para el análisis de las correlaciones entre variables, en los estudios de series de tiempo pueden utilizarse diferentes modelos, según las características de los datos.

Para el análisis de la relación entre contaminación y mortalidad o morbilidad se asume que esta relación será lineal, es decir, que a un aumento de la contaminación corresponderá una modificación lineal (presumiblemente un aumento) en la morbi mortalidad. Sin embargo, otras variables no mantienen una relación lineal con la salud. Es típico el caso de la temperatura, ya que si es muy baja tanto como si aumenta por encima de ciertos límites, produce efectos perjudiciales en la salud (en el caso de los contaminantes, la no presencia o los valores por debajo de cierto límite son protectores, mientras que su aumento siempre redundará en un perjuicio para la salud). Así, la relación entre temperatura y mortalidad tiene una forma típica de U, que varía según los rangos de temperatura propios de la localidad analizada.

Gráfico 14 - Correlación entre temperaturas medias y mortalidad – 2002-2006



Fuente: elaboración propia en base a datos del Ministerio de Salud de la Nación y el Servicio Meteorológico Nacional

Como se ha determinado anteriormente, corresponde utilizar un modelo aditivo para el análisis de la correlación entre estas series temporales.

Los modelos aditivos representan una generalización de la regresión múltiple. En esta última, se calculan los mínimos cuadrados para un conjunto de valores de la variable independiente, lo cual permite predecir valores para la variable dependiente. La fórmula utilizada es del tipo

$$Y = b_0 + b_1 * X_1 + \dots + b_m * X_m$$

El valor a predecir (Y) se conforma a partir de los coeficientes calculados a través de la regresión múltiple (b_0 a b_m) de los valores de X (X_1 a X_m).

Este modelo de regresión múltiple puede generalizarse si se reemplaza el coeficiente b por una función no paramétrica de X. En lugar de utilizar el cálculo de un coeficiente simple para cada término del modelo o variable dependiente, se calcula la mejor predicción para los valores de Y a través de una función no especificada. Se

obtiene entonces un modelo lineal generalizado (GLM por sus siglas en inglés), que se caracteriza por permitir una distribución no normal de los valores de la variable dependiente, y posibilitar el cálculo para variables binomiales, y por otro lado por conectar los valores de ambas variables a través de una función de enlace (continua y diferenciable). La función a través de la cual se calculan los valores a predecir se especifica entre una serie de casos de funciones exponenciales (Poisson, Quasi poisson, gamma, binomial, etc.), dependiendo de la distribución observada de la variable dependiente.

Como se ha visto, en el presente análisis hay comportamientos de la variable dependiente (mortalidad) que guardan relaciones no lineales con otras de las variables a analizar (por ejemplo el efecto de largo plazo, o tendencia, o la temperatura cuando la correlación de interés es la existente entre contaminación atmosférica y mortalidad).

Los modelos aditivos generalizados (Generalized Additive Models, o GAM) son modelos lineales generalizados en los cuales una parte del predictor lineal se especifica como la suma de funciones de suavizamiento de la o las variables independientes. Es decir que posibilitan suavizamientos no paramétricos, en adición a las formas paramétricas. Los modelos pueden contener solamente términos suavizados o una combinación de cálculos lineales y variables suavizadas.

Es decir, el modelo lineal (GLM) asume una relación lineal entre todas las variables. El GAM permite incorporar relaciones no lineales en la fórmula. Puede combinar relaciones lineales con no lineales (suavizamientos).

Así, el uso del GAM nos permite establecer la correlación lineal entre dos variables de interés controlando el comportamiento de variables confundentes con las cuales la variable dependiente no mantiene una relación lineal.

3) Modelos de distribución

Para el análisis de la relación entre variables meteorológicas, contaminación y morbi mortalidad, la literatura especializada reporta el uso de modelos Poisson principalmente. Estos modelos calculan valores para la variable dependiente tales que estos son enteros no negativos, que la frecuencia de un evento en un intervalo de tiempo es independiente de otros, y asumen una distribución normal de los mismos.

Fórmula para regresión de Poisson:

$$f(x) = (\lambda^x * e^{-\lambda})/x!$$

para $x = 0, 1, 2, \dots$, $0 < \lambda$

donde

λ (lambda) es el valor esperado de x (la media)

e es la base del logaritmo natural

La distribución de Poisson asume que la varianza de los valores es igual a la media de los mismos. Si bien esta distribución es frecuente en muchos contextos biológicos, en algunas situaciones no ocurre, en casos en que suceden variaciones aleatorias o en que los datos observados tienden a formar clusters.

Al revisar los datos utilizados para este trabajo, surge la necesidad de sustituir el modelo de Poisson por uno que contemple la amplia sobredispersión que tienen los valores de estas series. En estos casos es posible utilizar modelos de regresión Quasi-Poisson o binomial negativa. Hoef & Boveng (2007) afirman que ambos modelos frecuentemente arrojan resultados similares, aunque puede haber grandes diferencias en la estimación del efecto de la covariables. En modelo Quasi-Poisson asume una distribución en la cual la varianza es una función lineal de la media de los valores, mientras que el binomial negativo utiliza una función cuadrática de la media.

De esta manera se optó por un modelo denominado Quasi poisson, que resulta adecuado para analizar series en las que se desconoce el parámetro de dispersión, o en las que la varianza de los valores más que duplica la media de los mismos, cual es el caso del presente corpus de datos.

Tabla 8 – Media y varianza para las series de mortalidad total y por causas cardiovasculares y respiratorias – 2002-2006

	Media	Varianza
Mortalidad total	85.73	221.46
Mortalidad cardiovascular	28.33	51.69
Mortalidad respiratoria	19.64	43.87

Fuente: elaboración propia en base a datos del Ministerio de Salud de la Nación

Se subdividieron las bases de datos en cuatro a fin de realizar los análisis en grupos homogéneos en cuanto a estación del año. Si bien para el análisis de la correlación entre contaminación y morbi mortalidad (que se asume como positiva independientemente de las estaciones) la estacionalidad puede constituir una variable más de control, no es correcto estudiar el efecto de las variables meteorológicas sobre la salud en los mismos términos, al menos en una zona geográfica templada como es el área de Buenos Aires. En cuanto a la influencia de la estación del año en el efecto de los niveles de CO sobre la mortalidad, es probable que esta exista más allá de las temperaturas, relacionada con otros factores meteorológicos no considerados, así como con las diferencias de exposición vinculadas al tiempo de permanencia en ambientes interiores o modificaciones en los patrones de actividad a nivel de los individuos.

El análisis de los datos se basó en la metodología propuesta por el proyecto APHEA (Katsouyanni y col. 1996) y retomada y adaptada por el proyecto EMECAM (Pérez-Hoyos y col. 1999), de análisis en etapas.

En la primera etapa se construyó un modelo basal para cada una de las causas de muerte y grupos (edad y sexo) estudiados. Se establecieron para cada una de estas variables de efecto (mortalidad total, mortalidad total de mujeres, mortalidad total de varones, mortalidad total de 0 a 14 años, mortalidad cardiovascular, etc.) las variables de mes y día de la semana que guardaban significación estadística, a partir del cálculo de la correlación con cada uno de los meses y días establecidos como variables dicotómicas. Se realizó en esta etapa también un suavizamiento por tendencia de largo plazo.

En una segunda etapa, conservando en el modelo las variables que tuvieron una correlación estadísticamente significativa con cada una de las variables dependientes, se agregó el cálculo de la correlación lineal con la temperatura y la humedad.

La tercera etapa se utilizó para el análisis de la relación entre contaminación y mortalidad, incorporando al modelo obtenido en las etapas anteriores el cálculo de la relación entre nivel de CO y mortalidad, pero tomando la relación de la mortalidad con la temperatura y la humedad como no lineal.

Para la segunda y tercera etapa se modelaron también rezagos de hasta 4 días, pues los efectos tanto del clima como de la contaminación sobre la salud no siempre se manifiestan de inmediato. Schwartz y col. (1996) plantean la posibilidad de

encontrar asociaciones espúreas entre los términos al introducir rezagos más extensos que 5 días. Considerando los mecanismos biológicos subyacentes a los fallecimientos relacionados con los factores de exposición estudiados, no parece conveniente introducir retardos mayores a 4 días.

En los modelos construidos se diagnosticó la posible autocorrelación de los residuos, de modo de determinar el grado de ajuste del modelo seleccionado.

Resultados

Para la comunicación de los resultados se utilizará el concepto de Razón de Riesgo, entendido como la diferencia en la cantidad de casos que presentan el efecto (en este caso, la muerte) entre quienes son expuestos al factor de riesgo (el aumento o disminución de la temperatura) y entre quienes no son expuestos a dicho factor de riesgo.

La razón de riesgo expresa cuántas veces más frecuente es la muerte en una población expuesta a aumento o disminución de la temperatura o contaminación que aquella que no lo está. En este caso, al no tratarse de un estudio de casos y controles o de cohorte sino de un diseño de tipo ecológico, no se comparan diferentes grupos de individuos sino a la población consigo misma. Por lo que el indicador de riesgo que se calcula es la razón de riesgo entre poblaciones, y no el riesgo relativo o el *odds ratio* tradicionalmente calculados en los diseños antes mencionados.

La ecuación utilizada para el cálculo de la razón de riesgo es:

$$RR = \exp(\beta_i)$$

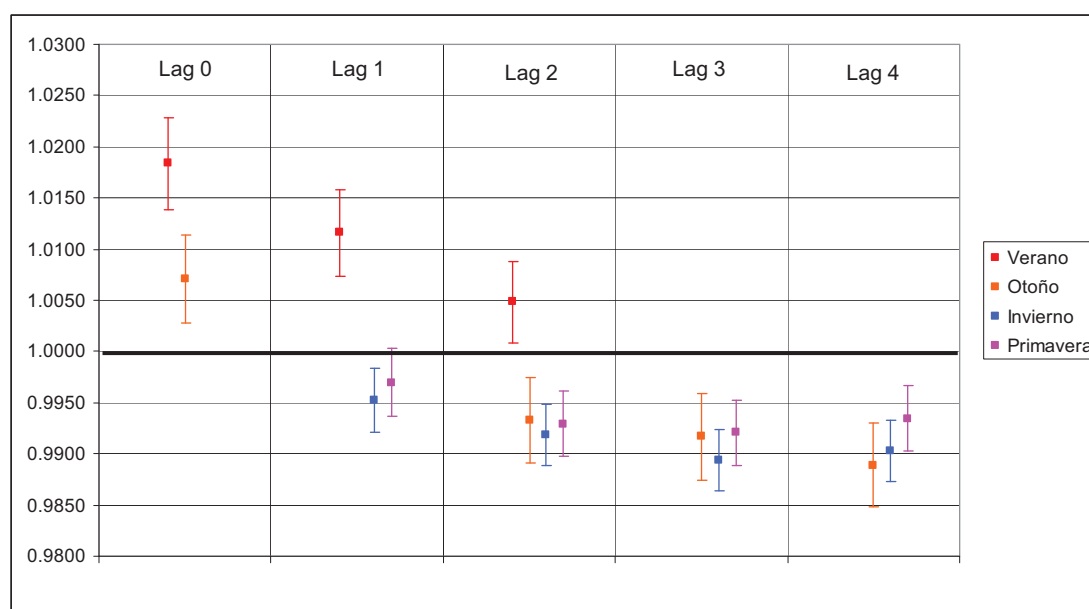
siendo β_i el coeficiente de regresión asociado a una unidad de incremento de la variable explicativa (pendiente). Se interpreta de la siguiente manera. Una $RR > 1$ es indicativa de efecto negativo en la salud, es decir el factor se comporta como una factor de riesgo. Una $RR < 1$, indica que el factor se comporta protectoramente, disminuyendo la enfermedad o muerte. Una RR con intervalo de confianza que comprende el 1, indica ausencia de asociación.

Temperaturas

El análisis de los datos muestra una relación consistente entre la temperatura y la mortalidad, para todos los grupos de población analizados. Esta relación es más fuerte y significativa durante el verano y el invierno, y más débil para los meses de otoño y primavera. Aún así hay grupos que sufren los efectos de los cambios en la temperatura diaria durante estos meses también (Anexo, Tablas 9 a 12).

Prácticamente para todos los rezagos en todas las estaciones la temperatura media muestra mayor influencia que la mínima y máxima, por este motivo se informarán los resultados en función de este valor. En cuanto a la humedad relativa, en general guarda una baja correlación con la mortalidad, solamente destacable para el rezago de dos días del invierno y el verano. Durante ambas estaciones la correlación con la mortalidad es negativa, es decir que un aumento en la humedad relativa se corresponde con una disminución en la mortalidad, tanto total como discriminada por causas (Anexo, Tablas 9 y 11).

Gráfico 15 – Razón de riesgo para la mortalidad total según aumento de 1°C en la temperatura media



El gráfico muestra solamente los valores estadísticamente significativos ($p < 0,5$)

Fuente: elaboración propia.

Durante los meses de verano, la temperatura y la humedad correlacionan con la mortalidad de forma directa e inversamente respectivamente (los valores se presentan en el Anexo, Tabla 9). Un aumento en la temperatura (tanto media como mínima o máxima) diaria produce un aumento en la mortalidad. En cambio, el aumento en la humedad relativa correlaciona con una disminución en los valores de mortalidad. Esto se condice con el tipo de relación existente entre humedad relativa y temperatura, que es inversa (Tabla 4).

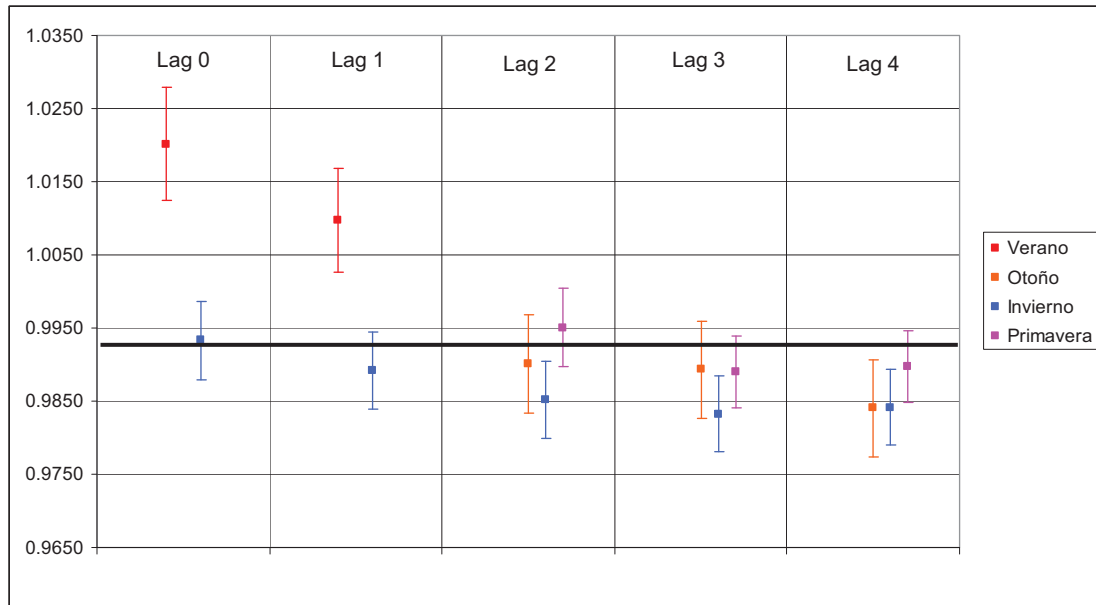
Durante el verano se observa una relación consistente entre el aumento de la temperatura y el aumento de los valores de mortalidad, durante los tres primeros días (temperatura del mismo día, y de los dos anteriores). La temperatura del mismo día muestra el impacto más fuerte, de mayor pendiente y mejor significancia estadística, impacto que se va perdiendo con el correr de los días hasta desaparecer completamente a los tres días (Gráfico 15). Esto es consistente con los hallazgos de otros estudios (Díaz Jiménez y col. 2005, El-Zein & Tewtel-Salem 2005, Braga, Zanobetti & Schwartz 2001) y con la explicación biológica de los mecanismos que llevan a la muerte por aumento de la temperatura.

Durante el verano, la cantidad de muertes acaecidas durante un día determinado muestra una correlación con la temperatura mínima del día anterior (lag 1 día) ligeramente más importante que la que tiene con la temperatura media.

Para la mortalidad total, un aumento de 1°C en la temperatura mínima del día se vincula con una razón de riesgo de 1,0184 (95%, CI 1.0139, 1.0229). En otras palabras se puede predecir que con el aumento de 1 grado en la temperatura se incrementará en 1,8% (1,3 a 2,3%) las muertes totales, Este impacto es mayor para las mujeres que para los varones (RR=1.0216, 95%, CI 1.0156, 1.027552 y RR=1.0135, 95%, CI 1.0076, 1.0195 respectivamente). Gran impacto recibe también el grupo de mayores de 64 años, (RR=1.0209 95%, CI 1.0160, 1.0259).

La mortalidad por causas cardiovasculares es responsable de gran parte de esta correlación (Gráfico 16), con una razón de riesgo de 1.020 (95%, CI 1.012, 1.028, compuesta principalmente por el impacto sobre las mujeres (RR=1.027 95%, CI 1.017, 1.037) y los ancianos (RR=1.022 95%, CI 1.013, 1.030).

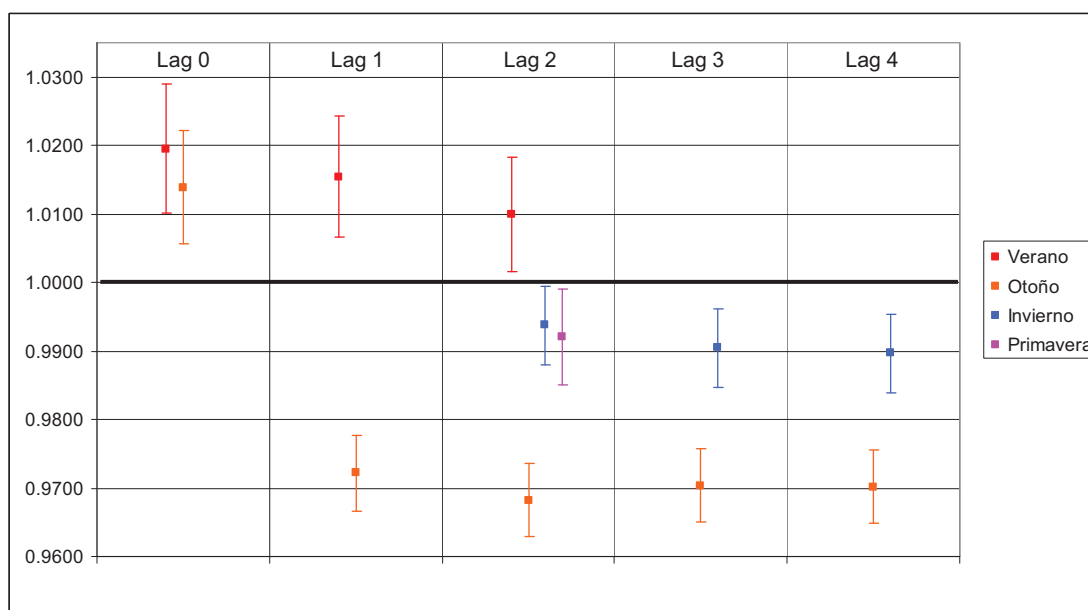
Gráfico 16 – Razón de riesgo para la mortalidad por causas cardiovasculares según aumento de 1°C en la temperatura media



El gráfico muestra solamente los valores estadísticamente significativos ($p < 0,5$)

La mortalidad por causas respiratorias no presenta correlaciones tan fuertes estadísticamente con la temperatura, en los meses de verano, pero sí lo suficiente como para ser consideradas (Gráfico 17). Son consistentes a través de los días, y también muestran un impacto mayor para el grupo de las mujeres y para el de mayores de 64 años ($RR=1.020$ 95%, CI 1.007, 1.032 y $RR=1.021$ 95%, CI 1.011, 1.031 respectivamente). Si bien la pendiente disminuye ligeramente, la fuerza de la correlación aumenta para el día posterior al cambio de la temperatura, debilitándose nuevamente en el lag 2.

Gráfico 17 – Razón de riesgo para la mortalidad por causas respiratorias según aumento de 1°C en la temperatura media



El gráfico muestra solamente los valores estadísticamente significativos ($p < 0,5$)

Durante los meses de invierno, el aumento de la temperatura tiene un efecto protector sobre la salud humana (Anexo, Tabla 11 y Gráfico 17). Un aumento en la temperatura diaria reduce los valores de mortalidad. En la época fría, la temperatura del día no produce un efecto importante en los valores de mortalidad de ese mismo día. Este efecto se va incrementando y fortaleciendo con el paso de los días. Es decir que transcurre algún tiempo entre la exposición y el efecto sobre las muertes. El mayor impacto protector de la temperatura se observa en el lag de 3 y 4 días, esto significa que mientras que los valores de mortalidad del mismo día del aumento de la temperatura son prácticamente independientes de este aumento, los valores de 3 días después son considerablemente menores que de no haber existido ese aumento. Dicho de otro modo, una disminución de la temperatura media no se reflejará en un aumento de las muertes de ese mismo día, pero sí en las de los días posteriores, con su pico en el tercer día (Gráfico 15). Nuevamente las causas cardiovasculares son las principales responsables de la fuerza de la correlación entre mortalidad y temperatura, para esta estación del año. Presentan correlaciones fuertes y pendientes pronunciadas.

Para la mortalidad total, el aumento de 1°C en la temperatura media presenta un efecto protector con una razón de riesgo de 0.9894 (95%, CI 0.9864, 0.9924) a los

tres días, siendo en este caso los varones y los ancianos los grupos más protegidos (RR=0.9899 95%, CI 0.9857, 0.9941 y RR=0.9881 95%, CI 0.9848, 0.9914). Para las mujeres el impacto es de 0.9889 (95%, CI 0.9850, 0.9928).

La misma tendencia se observa analizando las causas cardiovasculares: RR=0.9833 95%, CI 0.9781, 0.9884; RR=0.9815 95%, CI 0.9743, 0.9887; RR=0.9845 95%, CI 0.9774, 0.9916 y RR=0.9831 95%, CI 0.9776, 0.9887 para cardiovascular total, varones, mujeres y ancianos. La disminución de la mortalidad cardiovascular relacionada con el aumento de la temperatura invernal afecta también al grupo de adultos de 15 a 64 años (razón de riesgo 0.9831, 95%, CI 0.9706, 0.9957)

La relación de la temperatura con la mortalidad por causas respiratorias es un poco más débil estadísticamente, pero aún consistente, y se fortalece en el lag 4 días (Gráfico 17). El aumento de 1°C en la temperatura media correlaciona con la disminución de la mortalidad respiratoria total, y del grupo de mayores de 64 años (RR=0.9896, 95%, CI 0.9839, 0.9954, RR 0.9892 95%, CI 0.9831, 0.9954 respectivamente) pero también con varones y mujeres, siendo los primeros más vulnerables (RR 0.9861 95%, CI 0.9772, 0.9950 y RR 0.9921 95%, CI 0.9851, 0.9992).

Otoño y primavera son meses de transición en cuanto a temperatura y humedad, en la Ciudad de Buenos Aires, con lo cual es esperable que la relación entre las variables meteorológicas y la mortalidad pierda fuerza. Respecto a los factores de interés para este estudio, ambas estaciones presentan características similares a las de los meses invernales, ya que por un lado, excepto en el lag 0 para el otoño, la mortalidad se relaciona inversamente con la temperatura (el aumento de la temperatura tiene un efecto protector sobre la salud), y por otro los efectos se observan mejor con un rezago mayor que lo que sucede durante el verano (Gráfico 15).

Para el otoño (Anexo, tabla 10), un aumento de la temperatura se asocia a un incremento de la mortalidad por enfermedades respiratorias RR 1,0136 (95% CI 1,0059-1,0123), particularmente en los mayores de 65 años (RR 1,0139 95% CI 1,0055-1,0224), el mismo día de la exposición. En la primavera, como hemos mencionado anteriormente, el aumento de la temperatura tiene un efecto levemente protector, es decir que la mortalidad disminuye en cuanto aumenta la temperatura (Anexo, Tabla 12). El efecto más importante se observa a los 3 días, para la mortalidad total y la por causas cardiovasculares, mientras que las muertes por causas

respiratorias correlacionan mejor con la temperatura de 2 días previos (Gráficos 15, 16 y 17).

La correlación entre temperatura y mortalidad total arroja un valor de $RR=0.9921$ (95%, CI 0.9889, 0.9952) a los tres días, valor influido principalmente por el grupo de mayores de 64 años ($RR=0.9917$ 95%, CI 0.9883, 0.9952), mientras que tanto varones como mujeres muestran una mejor correlación a los dos días ($RR=0.9907$ 95% CI 0.9862, 0.9952 y 0.9947 95% CI 0.9906, 0.9988 respectivamente). Los valores de muerte por causas cardiovasculares correlacionan mejor a los 3 días para todos los grupos, siendo los varones el grupo más beneficiado por el efecto ($RR=0.9857$ 95%, CI 0.9794, 0.9920).

Finalmente, la humedad relativa se comporta como factor de riesgo de mortalidad por enfermedad respiratoria en el grupo de menores de 14 años, a los tres días ($RR 1,0247$ 95% CI 1,0079-1,0419) lo que podría estar indicando una relación con la situación viral que no se midió en este trabajo.

Monóxido de carbono

El análisis de la relación entre niveles de CO en la atmósfera y mortalidad se presenta en primer término para todo el año, en tanto el modelo GAM utilizado para el procesamiento de los datos incorpora el suavizamiento por variables temporales y meteorológicas. Por otra parte, el análisis del período completo es más robusto, al incorporar una cantidad mayor de datos, mientras que esa misma base dividida en cuatro estaciones proporciona números que si bien resultan posibles de utilizar, son relativamente pequeños para el análisis estadístico.

En la Tabla 13 (Anexo) se observa una asociación positiva fuerte entre el nivel de monóxido de carbono y la mortalidad total del mismo día y del día posterior. Un aumento de 1 ppm de CO muestra una razón de riesgo de 1.01868 (95%, CI 1.0021, 1.0355 y $RR= 1.0369$ (95%, CI 1.0206, 1.0534) respectivamente, siendo además esta relación más fuerte estadísticamente en el día posterior ($p<0.001$).

El aumento de la mortalidad total del mismo día se da principalmente por la muerte de varones ($RR=1.0265$ 95%, CI 1.0040, 1.0495), mientras que para el día siguiente y el posterior (lag 2) existe una relación estadísticamente significativa para la mortalidad femenina ($RR=1.0299$ 95%, CI 1.0081, 1.0522 y $RR=1.0267$ 95%,

CI 1.0058, 1.0479). En el día posterior al aumento del nivel de CO, si bien la significancia estadística es más fuerte para las mujeres ($p=0.001$, vs. $p=0.01$ para los varones) la razón de riesgo es prácticamente la misma para varones y mujeres (RR=1.029 95%, CI 1.00 1.05).

En cuanto a los grupos etareos, los más afectados son los adultos (entre 15 y 64 años) durante el mismo día y el posterior, mientras que los ancianos (mayores de 65 años) sufren las consecuencias del empeoramiento de la calidad del aire al día siguiente y posteriores (lags 1, 2 y 3), con una RR de 1.0355 95% (CI 1.0173, 1.0541), RR=1.0162 95% (CI 0.9984, 1.0343) y RR=1.0162 95% (CI 0.9985, 1.0342) respectivamente.

La mortalidad por causas cardiovasculares correlaciona débilmente con el aumento en el nivel de CO para los lags 1 y 2, con RR=1.0247 95%, CI 0.9966, 1.0536 y RR=1.0238 95%, CI 0.9962, 1.0523. El aumento se justifica a partir de la mortalidad femenina, con una RR consistente de 1.0341 95%, CI 0.9966, 1.0729 y RR=1.0645 95%, CI 1.0283, 1.1021, con una fortísima significación estadística para este último valor ($p<0.001$). La asociación se pierde en el lag 3, pero reaparece en el lag 4 con una pendiente relativamente alta, RR=1.0552 95%, CI 1.0195, 1.0921 y $p=0.01$. De similar modo se comporta el grupo de 64 años y más, pero con asociación ligeramente más débil y pendientes menos pronunciadas (RR=1.0291 95%, CI 0.9985, 1.0606; RR=1.0314 95% CI 1.0011, 1.0627 y RR=1.0278 95%, CI 0.9976, 1.0590 para los lags 1, 2 y 4). Es posible que este comportamiento de la asociación se explique a partir de la copresencia de otros contaminantes, en tanto el efecto del monóxido de carbono sobre el sistema cardiovascular es más inmediato, provocando la muerte en lapsos más cercanos a la exposición. A su vez, la mortalidad masculina por causas cardiovasculares solamente correlaciona con el nivel de CO durante el mismo día (RR=1.0386 95%, CI 0.9984, 1.0804).

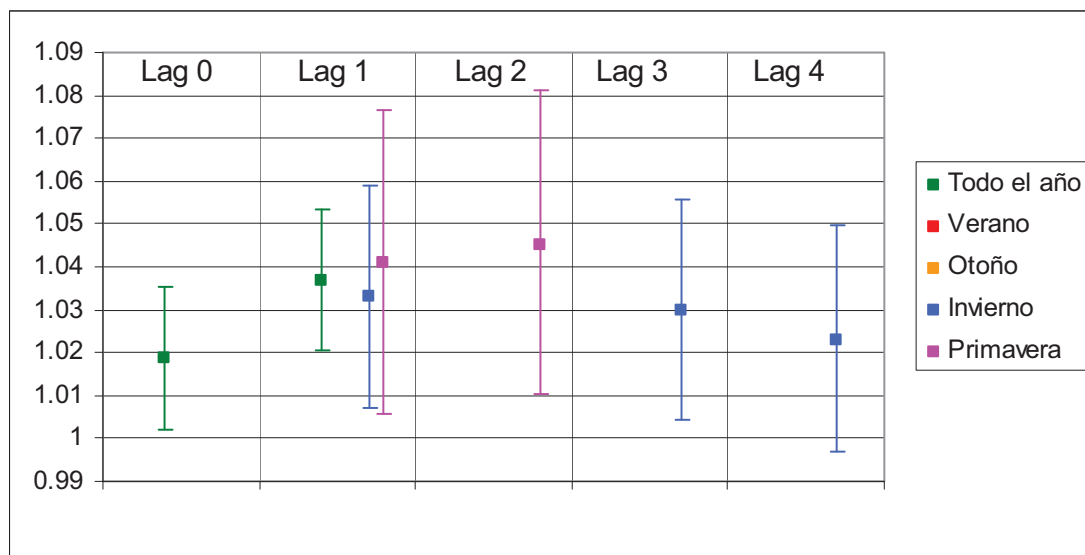
Finalmente, no encontramos asociación entre el aumento del nivel de CO y la mortalidad por causas respiratorias.

El análisis estacional muestra que la relación más fuerte entre presencia de monóxido de carbono en la atmósfera y mortalidad se encuentra en Buenos Aires durante los meses de invierno particularmente, y primavera en menor medida. Durante el verano y el otoño no se observa una relación consistente entre estas dos variables durante el período analizado (Anexo, Tablas 14 a 17).

Los valores arrojados por los modelos para el grupo de edad de 0 a 14 años no son concluyentes a causa de la baja frecuencia de casos en este grupo.

El Gráfico 18 muestra la asociación entre la mortalidad total y la presencia de CO en la atmósfera, para los diferentes rezagos. Como se puede observar, existen diferencias entre los valores adoptados por la correlación según se trate del total de los datos o separados por estaciones. Para los datos del año completo, se obtienen valores significativos para la correlación entre CO y mortalidad durante el mismo día y el día siguiente, significancia que se desplaza a los lag 1 y 2 durante la primavera, y se corresponde con los lag 1, 3 y 4 para los meses de invierno.

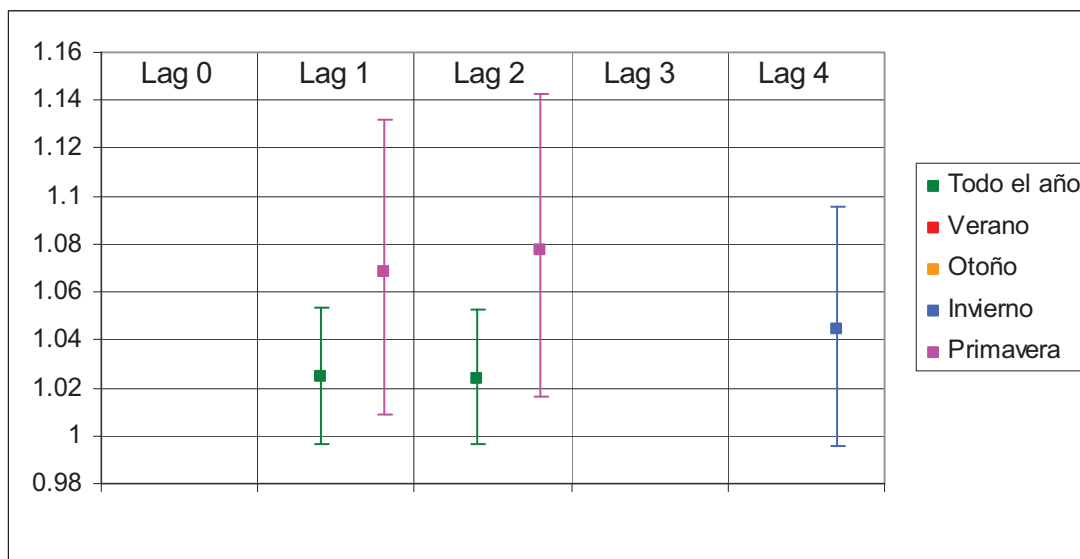
Gráfico 18 – Razón de riesgo para mortalidad total por incremento de 1 ppm de CO



El gráfico muestra solamente los valores estadísticamente significativos ($p < 0,5$)

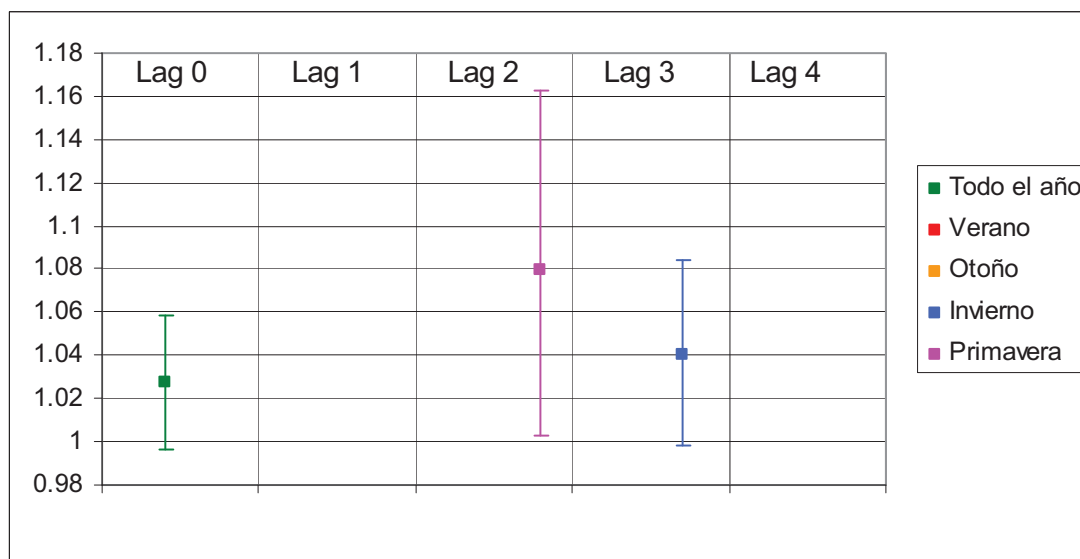
El gráfico 19 muestra un comportamiento similar de la correlación para la mortalidad por causas cardiovasculares, siendo aquella para todo el año, junto con la de los meses de primavera, la que obtiene valores significativos para los lags 1 y 2. Con un intervalo de confianza del 95%, los márgenes de error son mayores que para la mortalidad total. Lo mismo sucede con la mortalidad por causas respiratorias, los márgenes de error son grandes y durante la primavera y el invierno se presenta correlación solamente en el lag 2 (Gráfico 20).

Gráfico 19 – Razón de riesgo para mortalidad por causas cardiovasculares por incremento de 1 ppm de CO



El gráfico muestra solamente los valores estadísticamente significativos ($p < 0,5$)

Gráfico 20 – Razón de riesgo para mortalidad por causas respiratorias por incremento de 1 ppm de CO



El gráfico muestra solamente los valores estadísticamente significativos ($p < 0,5$)

Para los meses de invierno (Anexo, Tabla 16), se observa una relación positiva entre monóxido de carbono y mortalidad total, al día siguiente del aumento en la concentración de CO (RR=1.0328 95%, CI 1.0073, 1.0590). Es el grupo de los varones el más afectado (RR=1.0404 95%, CI 1.0047, 1.0774), así como el de personas de 64 años y mayores (RR=1.0303 95%, CI 1.0013, 1.0601). La asociación

entre las variables se pierde en el lag de 2 días, pero reaparece a los 3 días para los mismos grupos, prácticamente con la misma pendiente y la misma fuerza estadística.

A los 4 días del aumento en la concentración, la asociación con la mortalidad total disminuye en fuerza y pendiente, pero permanece, aunque desaparece para los grupos de varones y ancianos. A su vez, se observa una correlación marginal entre el nivel de CO y la mortalidad cardiovascular total y cardiovascular de varones (RR=1.0443 95%, CI 0.9956, 1.0954 y RR=1.0557 95%, CI 0.9907, 1.1250 respectivamente).

Los meses de primavera (Anexo, Tabla 17) presentan las asociaciones más plausibles desde el punto de vista biológico entre los niveles de monóxido de carbono en la atmósfera y la mortalidad. Los valores se correlacionan para los días más próximos al aumento en el nivel de CO y para la mortalidad por causas cardiovasculares.

Durante el mismo día del aumento en la concentración de CO se observa un aumento en la mortalidad por causas cardiovasculares y respiratorias del grupo de las mujeres (RR=1.0885 95% CI 1.0065, 1.1771 y RR=1.0864 95% CI 0.9972, 1.1836 respectivamente), así como de causas respiratorias para el grupo de adultos, entre 15 y 64 años (RR=1.3310 95% CI 1.0796, 1.6409).

Los lag 1 y 2 días del aumento en el nivel de CO muestran resultados consistentes, ligeramente más fuertes en el lag 2, con la mortalidad total y por causas cardiovasculares, y en ambos casos los grupos afectados son las mujeres y los ancianos. Asimismo, en el lag 1 se observa un aumento en la mortalidad por causas respiratorias del grupo de adultos (RR=1.2502 95% CI 1.0137, 1.5419), que se traslada al grupo de ancianos en el lag 2 (RR=1.1095 95% CI 1.0296, 1.1955). Los días subsiguientes (lag 3 y 4) no muestran correlación con ninguna de las causas de muerte.

Conclusiones

El aporte principal de este trabajo consiste en proveer información procesada con metodologías aceptadas en el mundo científico para el tratamiento de este tipo de datos, que arroja resultados válidos localmente y coherentes con los obtenidos para poblaciones de características similares.

Esto permite afirmar que a pesar de las restricciones planteadas respecto a la cantidad o calidad de la información, los datos disponibles permiten extraer conclusiones para el ámbito de la Ciudad de Buenos Aires, que no se contradicen con el estado del arte. Se encontraron correlaciones entre cambios en la temperatura y la mortalidad, que son complejas y de signo opuesto según la estación del año, y se demostró una correlación positiva entre la contaminación atmosférica y la mortalidad.

Los resultados muestran la presencia de una correlación entre cambios en la temperatura diaria y la mortalidad total (menos las causas externas), así como para las mortalidades por problemas cardiovasculares y respiratorios. Esta correlación es directa durante los meses de verano, con una razón de riesgo de 1.0184 (95%, CI 1.0139, 1.0229) por cada aumento de 1°C en la temperatura mínima para la mortalidad total, con su mayor impacto en la mortalidad por causas cardiovasculares (RR=1.020 95%, CI 1.012, 1.028).

Durante el invierno el aumento de la temperatura tiene un efecto protector sobre la mortalidad, y la correlación es más fuerte en un rezago de tres días, con una razón de riesgo de 0.9894 (95%, CI 0.9864, 0.9924) para la mortalidad total, por aumento de 1°C en la temperatura media, y RR=0.9833 95%, CI 0.9781, 0.9884 para la mortalidad por causas cardiovasculares. Otoño y primavera presentan también una correlación inversa entre temperatura y mortalidad, aunque con pendientes más suaves y menor significancia estadística. La mortalidad por causas respiratorias presenta, en todas las estaciones del año, correlaciones más débiles.

En cuanto a la contaminación atmosférica, se analizó la correlación con el monóxido de carbono, único contaminante para el cual se dispone de datos para una fracción del período (febrero de 2003 a noviembre de 2004). Los resultados muestran un efecto deletéreo sobre la mortalidad total de RR=1.0369 (95%, CI 1.0206, 1.0534) por cada aumento de 1 ppm de monóxido en la atmósfera, para el día siguiente. Esto quiere decir que por cada incremento en la concentración de monóxido de carbono, se puede predecir un aumento en la mortalidad total de alrededor de un 4%.

Las correlaciones muestran un efecto de las variables independientes más acusado en el grupo de mayores de 64 años, corroborando la mayor vulnerabilidad de este grupo poblacional.

Si bien como estudio de series temporales la presente investigación cubre un período aceptable para el análisis estadístico, no se puede dejar de señalar la necesidad de precaución a la hora de generalizar los resultados a otros períodos de tiempo. Los patrones meteorológicos presentan variaciones en períodos decadales o mayores, por lo cual un estudio que abarca cinco años de datos puede dejar afuera elementos importantes.

Asimismo, se realizaron las regresiones a partir de mediciones de temperatura en la estación meteorológica y de calidad del aire en el sitio de monitoreo ambiental. Se asumió que aunque los valores no sean idénticos existe una relación entre esta temperatura y calidad del aire y la que existirá en el resto del área analizada. No obstante, la exposición de los distintos individuos es muy variable, dependiendo del área específica de la ciudad en la que pase su tiempo, de sus posibilidades de acceso a acondicionamiento de aire, el tipo de actividad que realiza, etc. Además, como se señaló anteriormente, el impacto tanto de la temperatura como de la contaminación atmosférica en el resultado sanitario, a nivel de los individuos, está mediado por múltiples factores, entre los que se cuentan el estado nutricional, el tipo de actividad que realizan, y otros factores socioeconómicos y culturales que en este tipo de estudio no son tomados en cuenta. Las susceptibilidades particulares de los individuos deberían ser estudiadas con atención a fin de identificar grupos de individuos en situación de vulnerabilidad, conocimiento que posibilitaría la construcción de mejores herramientas para las políticas sanitarias.

Consistentemente con otros estudios revisados (Basu, Dominici & Samet 2005: 65, Curriero y col. 2002), se encontró un efecto muy inmediato entre la exposición a las altas temperaturas y la mortalidad. Esto tiene como consecuencia una dificultad en la implementación de acciones preventivas de la muerte posteriores al aumento de la temperatura, reforzándose la importancia del estudio de condiciones subyacentes que permitan una intervención preventiva anticipada. Basu y col. (2005) sugieren la necesidad de identificar factores de susceptibilidad y una profundización en la comprensión de los mecanismos fisiológicos involucrados en la mortalidad por causas de temperatura.

En Buenos Aires no existen políticas de prevención en cuanto a la exposición a altas temperaturas en ancianos y niños, otras que campañas publicitarias con recomendaciones referidas a medidas individuales a adoptar en períodos estivales.

En función de los resultados obtenidos en el presente trabajo, cobran relevancias las recomendaciones del IPCC (2007), que entre las medidas de adaptación al cambio climático, en lo referido al sector salud, específicamente en lo que hace a los cambios de temperatura, sugiere sistemas de vigilancia de las temperaturas extremas integrados en la vigilancia en salud pública, así como vigilancia de las condiciones ambientales de los centros sociosanitarios en los que se institucionaliza a la población en riesgo frente a las temperaturas extremas.

En cuanto a la contaminación atmosférica, las dificultades de avanzar en el análisis de su relación con la morbi-mortalidad se deben principalmente a la falta de datos confiables respecto a los contaminantes presentes en la atmósfera de la ciudad. El único contaminante analizado fue el monóxido de carbono, a nivel de hipótesis puede plantearse la posibilidad de que alguna de las correlaciones entre CO y mortalidad refleje en realidad el efecto de otro u otros contaminantes atmosféricos. Sería particularmente interesante poder analizar datos sobre material particulado respirable. En tanto el PM_{2,5} produce efectos importantes en la salud, y presenta altos niveles de permanencia en la atmósfera, un estudio acerca de su correlación con la mortalidad y morbilidad constituiría un aporte útil para la definición de políticas sanitarias al respecto (y un insumo para fortalecer las acciones tendientes a acentuar el grado de cumplimiento de la normativa vigente).

La Ciudad de Buenos Aires tiene una población relativamente envejecida, lo cual de por sí representa un desafío para el sistema sanitario. La atención de la salud de las personas mayores demanda mayor cantidad de recursos que la del resto de la población, con diferencias según se trate de hombres o mujeres. Los resultados del presente trabajo corroboran que tanto ante los cambios en la temperatura ambiente como ante la presencia de contaminantes atmosféricos, el grupo de mayores de 64 años es altamente vulnerable.

Considerando que la muerte es una situación extrema, muchas veces precedida por estados de morbilidad, y que estos generalmente no desembocan en la muerte, aparece como muy importante el estudio de los efectos de la temperatura y la contaminación del aire sobre la morbilidad, a través del análisis de la correlación entre estas variables y la cantidad de internaciones o de consultas de urgencia.

Bibliografía

AGUIRRE JAIME Armando (1994) **Introducción al tratamiento de series temporales: aplicación a las ciencias de la salud**. Editorial Díaz de Santos.

AMERICAN CONFERENCE GOVERNMENTAL INDUSTRIAL HYGIENIST. 2002. TLVs and BEIs. Cincinnati, Ohio.

BALLESTER DIEZ Ferrán, TENÍAS José María, PÉREZ-HOYOS Santiago (1999) **Efectos de la contaminación atmosférica sobre la salud: una introducción**. *Revista Española de Salud Pública* Vol 73 N°2 Marzo-abril: 109-121.

BARRENECHEA Julieta, GENTILE Elvira, GONZÁLEZ Silvia, NATENZON Claudia (2000) **Una propuesta metodológica para el estudio de la vulnerabilidad social en el marco de la teoría social del riesgo**. Ponencia presentada en las IV Jornadas de Sociología, Facultad de Ciencias Sociales, UBA. Buenos Aires, 6 al 10 de noviembre de 2000.

BASU Rupa & SAMET Jonathan M. (2002) **Relation between elevated ambient temperature and mortality: a review of the epidemiologic evidence**. *Epidemiological Review*; 24(2): 190-202.

BASU Rupa; DOMINICI Francesca; SAMET Jonathan M. (2005) **Temperature and Mortality Among the Elderly in the United States. A Comparison of Epidemiologic Methods**. *Epidemiology* Vol.16, N°1, January 2005: 58-66.

BORJA-ABURTO, Víctor Hugo (2000) **Estudios ecológicos**. *Salud pública Méx* vol.42 no.6 Cuernavaca Nov./Dec. 2000.

BOGO Horacio, NEGRI Martín y SAN ROMÁN, E. (1999). **Continuos measurement of gaseous pollutants in Buenos Aires city**, *Atmospheric Environment*: 33, 2587.

BOGO Horacio, NEGRI Martín y SAN ROMÁN E., (2001). **Background pollution in an extended green area of Buenos Aires city**, *Atmospheric Environment*.

BOGO Horacio, OTERO Marcelo; CASTRO Pablo, OZAFRÁN M.J. KREINER Andrés, CALVO Ernesto & NEGRI Martín. (2002). **Study of atmospheric particulate matter in Buenos Aires**. *Atmospheric Environment* 37:1135-1147.

BRAGA Alfésio Luís Ferreira; ZANOBETTI Antonella; SCHWARTZ Joel (2001a) **The Time Course of Weather-Related Deaths**. *Epidemiology*, November 2001, Vol. 12 N°6: 662-667.

BRAGA Alfésio Luís Ferreira; ZANOBETTI Antonella; SCHWARTZ Joel (2001b) **The Lag Structure Between Particulate Air Pollution and Respiratory and Cardiovascular Deaths in 10 US Cities** *JOEM* November 2001. Vol. 43 N°11: 662-667.

BRAGA Alfésio L. F.; ZANOBETTI Antonella; SCHWARTZ Joel (2002) **The Effect of Weather on Respiratory and Cardiovascular Deaths in 12 U.S. Cities.** Environmental Health Perspectives September 2002. Vol. 110, N° 9.

CARIDI A., A.J. KREINER, J. DAVIDSON, M. DAVIDSON, H. DEBRAY, D. HOJMAN Y D. SANTOS D, (1989). **Determination of atmospheric lead pollution of automotive origin,** Atmospheric Environment 23: 2855-2856.

CENTRO CANADIENSE DE SALUD Y SEGURIDAD LABORAL (2008) Material disponible en su página web www.ccooh.ca citado en enero 2009.

CURRIERO FC, HEINER KS, SAMET JM, y col. **Temperature and mortality in eleven cities of the eastern United States.** American Journal of Epidemiology 2002; 155: 80–87.

DE PIETRI Elba; GARCÍA Susana, RICO Osvaldo (2008). **Modelos geo-espaciales para la vigilancia local de la salud.** Revista Panamericana de Salud Pública, Vol. 23 N°6: 394–402.

DÍAZ JIMÉNEZ, Julio; LINARES GIL, Cristina; GARCÍA HERRERA, Ricardo (2005) **Impacto de las temperaturas extremas en la salud pública: futuras actuaciones.** Revista Española de Salud Pública. Madrid, Mar./Apr. 2005. Vol.79, N°2.

EL-ZEIN, Abbas; TEWTEL-SALEM, Mylene (2005) **On the association between high temperature and mortality in warm climates.** Science of the Total Environment 343:273– 275.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA) (2000). **Air Quality Criteria for Carbon Monoxide.**

FUNDACIÓN CIUDAD (1999). **Aire y Ruido en Buenos Aires: Guía de trabajo,** Fundación Ciudad, Buenos Aires.

GARCÍA, Susana; MERCER, Raúl (2003) **Salud infantil y plomo en Argentina.** Salud Pública de México Vol.45 Supl.2: 252-278.

GIDHAGEN, L., E. SAN ROMÁN, D.R. GÓMEZ, D. VON BAER Y M FERM (1997). **The Air Quality Situation in the Gran Buenos Aires Area – A Diagnostic Study Including Recommendations on Future Air Quality Monitoring,** Final report, World Bank Project ARG96/019/B/01/99, Pollution Managment Project, Secretaría de Recursos Naturales y Desarrollo Sustentable, Buenos Aires.

GÓMEZ Darío; GINÉ María Fernanda, BELLATO Ana Claudia & SMICHOWSKI Patricia. 2005. **Antimony: a traffic-related element in the atmosphere of Buenos Aires, Argentina.** J. Environ. Monit., 7: 1162-1168.

GOUVEIA Nelson, HAJAT Shakoor & ARMSTRONG Ben (2003) **Socioeconomic differentials in the temperature-mortality relationship in São Paulo, Brazil** International Journal of Epidemiology, 2003;32:390-397.

GOBIERNO DE LA CIUDAD DE BUENOS AIRES. Material disponible en su página web <http://www.buenosaires.gov.ar>.

GRASS, David & CANE, Mark. (2008) **The effects of weather and air pollution on cardiovascular and respiratory mortality in Santiago, Chile, during the winters of 1988–1996**. *International Journal of Climatology*, 28: 1113–1126.

HÉRNÁNDEZ-CADENA Leticia, TÉLLEZ-ROJO Martha, SANIN-AGUIRRE Luz H., LACASAÑA-NAVARRO Marina, CAMPOS Armando, ROMIEU Isabelle (2000) **Relación entre consultas a urgencias por enfermedad respiratoria y contaminación atmosférica en Ciudad Juárez, Chihuahua**. *Salud Pública Mex.* Vol. 42 N° 4, julio/agosto: 288-297.

HERZER Hilda, RODRÍGUEZ Carla, CELIS Alejandra, BARTOLOMÉ Mara, CAPUTO Graciela (2002) **Convivir con el riesgo o la gestión del riesgo**. Disponible en la World Wide Web en <http://www.cesam.org.ar/PDF/Convivir%20con%20el%20riesgo%20o%20la%20gesti%C3%B3n%20del%20riesgo%20%282002%29.pdf>. Citado el 15-01-2010.

INDEC, Instituto nacional de Estadísticas y Censos (2001), **Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2001**.

IPCC (2007) **Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático**. Ginebra, Suiza.

IRIBARNE Julio Víctor y GODSON Warren L. (1981) **Atmospheric Thermodynamics**, segunda edición, Reidle Publishing Company.

JAMASON, Paul F.; KALKSTEIN, Laurence S. & GERGEN, Peter J. (1997) **A Synoptic Evaluation of Asthma Hospital Admissions in New York City**. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, Vol.156: 781-1788

KALKSTEIN, Laurence S. 1991. **A new approach to evaluate the impact of climate upon human mortality**. *Environmental Health Perspectives* 96: 145-50.

KAN Haidong,; LONDON Stephanie, CHEN Honglei, SONG Guixiang, CHEN Guohai, JIANG Lili, ZHAO Naiqing, ZHANG Yunhui &, CHEN Bingheng. (2007). **Diurnal temperature range and daily mortality in Shanghai, China**. *Environmental Research* 103: 424–431.

KATSOUYANNI K, SCHWARTZ Joel, SPIX C, TOULOUMI G, ZMIROU D, ZANOBETTI A, WOJTYNIAK B, VONK J M, TOBIAS Aurelio, PÖNKÄ A, MEDINA S, BACHÁROVÁ L, & ANDERSON H. R. (1996) **Short-term effects of air pollution on health: a European approach using epidemiological time-series data. The APHEA protocol**. *J Epidemiol Comm Health* 1996; 50 (Sup I):S12-S18.

LACOUR, Sandrine A; DE MONTE, Michèle; DIOT, Patrice; BROCCA, Jérôme; VERON, Nadège; COLIN, Patrice & LEBLOND, Valérie (2006) **Relationship**

between ozone and temperature during the 2003 heat wave in France: consequences for health data analysis. BMC Public Health, 6:261.

MACKENBACH J.P., LOOMAN C.W.N., KUNST A.E. (1993) **Air pollution, lagged effects of temperature and mortality: The Netherlands 1979-87.** Journal of Epidemiology and Community Health N°47: 121-126.

MAZZOLA M.D., M.C. GAVAROTTO Y T. PETCHENESHKY, 1991. Calidad del aire en el área metropolitana de la ciudad de Buenos Aires, Ministerio de Salud Pública de la Nación, Buenos Aires.

MCGEEHIN, Michael A. & MIRABELLI, Maria (2001) **The Potential Impacts of Climate Variability and Change on Temperature-Related Morbidity and Mortality in the United States.** Environ Health Perspectives 109 (suppl 2):185–189.

MEDINA-RAMÓN, Mercedes; ZANOBETTI, Antonella; CAVANAGH, David Paul & SCHWARTZ, Joel (2006) **Extreme Temperatures and Mortality: Assessing Effect Modification by Personal Characteristics and Specific Cause of Death in a Multi-City Case-Only Analysis.** Environmental Health Perspectives, Vol 114, N° 9.

MOLINERO Luis M (2004) **Análisis de series temporales.** Asociación de la Sociedad Española de Hipertensión. Documento disponible en <http://www.seh-lilha.org/pdf/tseries.pdf>. Citado en marzo 2010.

NATENZON Claudia (1995) **Catástrofes naturales, riesgo e incertidumbre.** Serie Documentos e Informes de Investigación, N 197. Buenos Aires: FLACSO.

O'NEILL Marie S. ZANOBETTI Antonella & SCHWARTZ Joel (2003) **Modifiers of the Temperature and Mortality Association in Seven US Cities** *American Journal of Epidemiology* 2003; 157:1074-1082.

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD (1969) **Problemas de salud relacionados con el trabajo en condiciones de sobrecarga térmica.** Serie de Informes Técnicos, N° 412. Ginebra.

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD (2005) **Guías de calidad del aire de la OMS relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre. Actualización mundial 2005.** Ginebra.

ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD (1982) **Informe Final 1967-1980.** Red Panamericana de Muestreo de la Contaminación del Aire (REDPANAIRE), OPS, publicación CEPIS 23, Lima.

OSTRO, Bart D. (1998) **Cómo estimar los efectos de la contaminación atmosférica en la salud.** Estudios Públicos, 69 (verano 1998).

OZAFRÁN, M.J., M.E. VÁZQUEZ, A. BURLÓN, M. BUHLER, M.A. CARDONA, M.E. DEBRAY, D. HOJMAN, J.M. KESQUE, A.J. KREINER, G. LEVINTON, J.J. MENÉNDEZ, F. NAAB, P. STOLIAR, M. DAVIDSON Y J. DAVIDSON, 1999.

PIXE analysis of atmospheric aerosols in the city of Buenos Aires, Int. J. PIXE 9 (1&2): 21-28.

PEPIÓ VIÑALS Montserrat (2001) **Series temporales**. Edicions de la Universitat Politecnica de Catalunya. Barcelona.

PÉREZ-HOYOS Santiago, SÁEZ ZAFRA Marc, BARCELÓ M^a Antonia, CAMBRA Coldo, FIGUEIRAS GUZMÁN Adolfo, ORDÓÑEZ José M^a, GUILLÉN GRIMA Francisco, OCAÑA Ricardo, BELLIDO Juan, CIRERA SUÁREZ Lluís, ALONSO LÓPEZ Andrés, RODRÍGUEZ Valentín, ALCALÁ NALVAIZ Tomás, BALLESTER DÍEZ Ferran (1999) **Protocolo EMECAM: análisis del efecto a corto plazo de la contaminación atmosférica sobre la mortalidad**. Revista Española de Salud Publica 73(2): 177-185.

PLÁ, R.R., G. CUSTO Y V. V. TAFURI (1994). **Study of air pollution in Buenos Aires city using neutron activation analysis and x-ray fluorescence**. Research Contract ARG 7251. First Research Co-ordination Meeting of the Co-ordinated Research Programme: Applied research on air pollution using nuclear related analytical techniques (Vienna, Austria, 30 mar.-2 april, 1993). NAHRES – 19: 25-31, IAEA, Vienna.

ROCKLÖV, Joacim (2008) **The effect of temperature on mortality in Stockholm 1998—2003: A study of lag structures and heatwave effects**. Scandinavian Journal of Public Health, Vol. 36, No. 5, 516-523.

ROCKLÖV, Joacim (2007) **A Study of Heat and Heatwave Effects on Mortality in Sweden**. Epidemiology, Vol.18, Issue 5: S28-S29.

ROMERO, C.A, C. RICKERT, A. LEDESMA, L.E. DAWIDOWSKI (1995). **Medición de concentraciones de material particulado, NO_x y SO₂ en el área de influencia de centrales térmicas. Centrales Puerto y Costanera**. CNEA. Informe final para el Ente Nacional Regulador de la Electricidad, Buenos Aires.

ROSALES-CASTILLO José Alberto, TORRES-MEZA Víctor M., OLAIZ-FERNÁNDEZ Gustavo, BORJA-ARBUTO Víctor (2001) **Acute effects of air pollution on health: evidence from epidemiological studies**. Salud Pública Méx., Cuernavaca Nov./Dec. 2001, Vol.43 N°6 : 544-555.

SAEZ Marc, PÉREZ-HOYOS Santiago, TOBIAS Aurelio, SAURINA Carmen, BARCELÓ M^a Antònia & BALLESTER Ferran (1999) **Métodos de series temporales en los estudios epidemiológicos sobre contaminación atmosférica**. Rev. Esp. Salud Publica Madrid Mar./Apr. 1999, vol.73 N°2.

SERVICIO METEOROLÓGICO NACIONAL, Secretaría de Planeamiento, Ministerio de Defensa. (2009) **Características Climáticas de la Ciudad de Buenos Aires**. Disponible en la World Wide Web en msn.gov.ar. Citado en septiembre de 2009.

SCHWARTZ Joel, SPIX C, TOULOUMI G, BACHAROVA L, BARUMAMDZDEH T, LE TERTRE A, PIEKARKSI T, PONCE DE LEON A, PÖNKÄ A, ROSSI G,

SAEZ M, SCHOUTEN JP (1996) **Methodological issues in studies of air pollution and daily counts of deaths and hospital admissions.** J Epidemiol Community Health 1996; 50 (Sup I):S3-S11.

SCHWARTZ, Joel (2005) **Who is Sensitive to Extremes of Temperature? A Case-Only Analysis.** Epidemiology, January 2005, Vol.16, N°1.

SMICHOWSKI Patricia, GÓMEZ Darío, DAWIDOWSKI Laura, GINÉ, A.C. SÁNCHEZ BELLATO y REICH Silvia (2004). **Monitoring trace metals in urban aerosols from Buenos Aires city. Determination by plasma-based techniques,** J. Environmental Monitoring 6: 286-294.

SUSSER Mervyn (1994) **The Logic in Ecological: I. The Logia of Análisis.** American Journal of Public Health Vol 84 N°5: 825-829.

TÉLLEZ Jairo, RODRÍGUEZ Alba, FAJARDO Álvaro (2006) **Contaminación por Monóxido de Carbono: un Problema de Salud Ambiental.** Revista de Salud Pública. Vol.8 N°1: 108-117

VALLEJO Maite, JÁUREGUI-RENAUD Kathrine, HERMOSILLO Antonio, MÁRQUEZ Manlio, CÁRDENAS Manul (2003) **Efectos de la contaminación atmosférica en la salud y su importancia en la Ciudad de México.** Gaceta Médica de México, Vol 139, N°1, enero-febrero: 57-63.

VER HOEF Jay & BOVENG Peter (2007) **Quasi-Poisson vs. negative binomial regression: how should we model overdispersed count data?** Ecology, 2007-Nov; vol 88, issue 11: pp 2766-72.

WORLD BANK (2007) Latin America and Caribbean Region, Sustainable Development Department **Visualizing Future Climate in Latin America: Results from the application of the Earth Simulator.** Working Paper 30. November 2007.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (1999) Environmental Health Criteria 213. Carbon Monoxide (Second Edition). Geneva.

ZEKA Ariana, ZANOBETTI Antonella & SCHARTZ Joel (2006) **Individual-Level modifiers of te Effects of Particulate Matter on Daily Mortality.** American Journal of Epidemiology March 2006, Vol. 163 N°9.

Anexo

Resultados estadísticos principales