



DECLARACIÓN

Sinopsis del Informe de Investigación 171

HEALTH
EFFECTS
INSTITUTE

Estudio de Salud y Contaminación del Aire en Latinoamérica (Estudio ESCALA)

ANTECEDENTES

Por casi dos décadas, los científicos que han tratado de entender el papel que juega la contaminación atmosférica en los efectos de la salud poblacional, se han basado en gran medida en estudios epidemiológicos conocidos como estudios de serie de tiempo. Dichos estudios, utilizan información sobre cambios diarios en la concentración de contaminantes en el aire y conteos diarios de mortalidad y morbilidad. Aunque inicialmente estos estudio se condujeron a nivel de ciudades individuales, los análisis coordinados entre muchas ciudades han surgido recientemente como la herramienta de elección para desarrollar estimaciones más fiables y comparables de los efectos a corto plazo de la contaminación atmosférica sobre la salud en regiones alrededor del mundo. Health Effects Institute (HEI) ha tenido un largo interés en estos análisis coordinados; y ha financiado estudios tales como: *National Morbidity, Mortality, and Air Pollution Study* (el Estudio Nacional de Morbilidad, Mortalidad y Contaminación Atmosférica); *Air Pollution and Health: A European and North American Approach* (Contaminación Atmosférica y Salud: Un enfoque Europeo y Norteamericano); y *Public Health and Air Pollution in Asia* (Salud Pública y Contaminación Atmosférica en Asia).

El presente estudio, que será referido de ahora en adelante como ESCALA por sus siglas en español (Estudio de Salud y Contaminación del Aire en Latinoamérica), se inicio para abordar los datos subyacentes y las limitaciones metodológicas en la literatura epidemiológica sobre los efectos a la salud de la contaminación atmosférica en América Latina, mismos que han sido identificados en un estudio del 2005 conducido por *Pan American Health Organization* (la Organización

Panamericana de la Salud). La *William and Flora Hewlett Foundation*, quien tiene un gran interés en comprender la contaminación atmosférica y la salud en América Latina, proporcionó al HEI un apoyo suplementario para llenar lagunas en la evidencia necesaria para informar decisiones regulatorias, y en el proceso de construir una red de expertos en salud capaces de desarrollar investigaciones sobre contaminación atmosférica en un futuro. El estudio multicéntrico fue dirigido por la Dra. Isabelle Romieu, en aquel entonces, en el Instituto Nacional de Salud Pública en México, en colaboración con el Dr. Nelson Gouveia en Brasil y el Dr. Luis Cifuentes en Chile.

ENFOQUE

El objetivo principal del estudio ESCALA fue estimar el efecto de exposiciones diarias a PM₁₀ (partículas $\leq 10 \mu\text{m}$ en diámetro aerodinámico) y a ozono en la mortalidad diaria por diversas causas (todas las causas naturales, enfermedades cardiopulmonares, enfermedades respiratorias, enfermedades cardiovasculares, accidentes cerebrovasculares, y enfermedad pulmonar obstructiva crónica) y por varios grupos de edad (todas las edades, ≥ 65 años, < 1 año, 1–4 años, 1–14 años) en nueve ciudades de América Latina, y para la región en su totalidad, usando un marco analítico común. Las nueve ciudades fueron: Monterrey, Toluca y Ciudad de México en México; Rio de Janeiro, São Paulo y Porto Alegre en Brasil; y Santiago, Concepción y Temuco en Chile. De estas, tres ciudades (Porto Alegre, Concepción y Temuco) fueron excluidas del análisis de ozono debido a la falta de datos de monitoreo de ozono adecuados.

En la primer fase del análisis, los investigadores estimaron el porcentaje de cambio en el riesgo de

mortalidad por incrementos de $10\text{-}\mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM_{10} u ozono para cada combinación de grupo de edad y causa de muerte por ciudades individuales en cada país. Siguieron un protocolo común para ajustar los ampliamente utilizados modelos de regresión Poisson para las series de tiempo de contaminación atmosférica y mortalidad en cada ciudad, ajustados por otros factores que también podrían explicar los patrones temporales de la mortalidad (por ejemplo: temperatura, humedad, estación del año, día de la semana, días feriados). Los investigadores también realizaron análisis para examinar la sensibilidad de los resultados a varios detalles de los modelos. Finalmente, los modelos finales usados en las ciudades individuales fueron seleccionados para ajustar patrones específicos de mortalidad en esas ciudades.

Con los datos individuales de cada ciudad, los investigadores también exploraron modelos con dos contaminantes, en los cuales los resultados de PM_{10} fueron controlados por la presencia de ozono y viceversa; si la asociación del ozono con la mortalidad difería entre temporadas cálidas y frías; y si el estatus socioeconómico bajo podría incrementar la susceptibilidad de diferentes grupos de edad a los efectos de la contaminación atmosférica.

En la segunda fase del análisis, los investigadores usaron dos técnicas estadísticas de meta-análisis para analizar más a fondo el efecto de las estimaciones de cada ciudad. Primero, el meta-análisis se utilizó para combinar los resultados de las ciudades individuales, proporcionando un efecto promedio ponderado de PM_{10} y ozono sobre las distintas categorías de mortalidad en la región. Estos análisis se realizaron para el grupo de todas las edades y el ≥ 65 años cuando había suficientes datos disponibles. Después, la meta-regresión fue utilizada para explorar si las variables que representan diferentes aspectos geográficos de la ciudad, densidad de la red de monitoreo, clima, estructura de edades, hábitos tabáquicos y estado de salud pudieran explicar los efectos variables de PM_{10} en las categorías individuales de mortalidad que fueron observados entre las nueve ciudades. No se realizó análisis de meta-regresión para ozono porque los datos estaban disponibles solo para seis de las nueve ciudades.

RESULTADOS E INTERPRETACION

En los análisis individuales de cada ciudad, los investigadores de ESCALA encontraron que el aumento diario en PM_{10} está asociado con un pequeño porcentaje de incremento en la mortalidad diaria por causas naturales, enfermedades cardiopulmonares,

enfermedades respiratorias, enfermedades cardiovasculares, accidentes cerebrovasculares y enfermedad pulmonar obstructiva crónica en la mayoría de las ciudades investigadas; aunque la fuerza de las asociaciones varió entre ciudades. En los modelos con dos contaminantes, en los que el ozono fue incluido como segundo contaminante, el promedio de los efectos de PM_{10} en la mortalidad diaria no fue significativamente diferente a los observados únicamente con PM_{10} . En algunas ciudades (por ejemplo, en Santiago) los efectos aparecieron ligeramente reforzados, mientras en otros fueron ligeramente más débiles (por ejemplo en la Ciudad de México).

Los investigadores observaron un patrón de pequeñas, pero positivas, asociaciones entre el incremento diario de ozono y el aumento en la mortalidad cardiopulmonar y cardiovascular en casi todas las ciudades, excepto en Toluca. Asociaciones significativas fueron menos observadas para enfermedades respiratorias (solo en São Paulo y Ciudad de México), accidentes cerebrovasculares (solo en São Paulo) y enfermedad pulmonar obstructiva crónica (solo en la Ciudad de México). Las asociaciones fueron generalmente más débiles y más variables entre ciudades que aquellas para PM_{10} , pero fueron más consistentes en las tres ciudades más grandes — São Paulo, Rio de Janeiro y Ciudad de México. Cuando en los modelos de dos contaminantes se ajustaron para PM_{10} , los efectos estimados de ozono fueron más débiles y dejaron de ser significativos en la mayoría de las ciudades, para la mayoría de las causas de muerte (excepto en Santiago donde aparecieron más fuertes en varios casos) que en los modelos únicamente de ozono. Los investigadores reportaron efectos estacionales de ozono en la mortalidad, los efectos fueron generalmente más fuertes en la temporada cálida en São Paulo, Rio de Janeiro y Monterrey pero más fuertes en la temporada fría en la Ciudad de México.

Cuando los análisis se limitaron a la población de 65 años o más en cada ciudad, los efectos de ambos PM_{10} y ozono en mortalidad fueron en promedio, ligeramente más fuertes que cuando todas las edades fueron incluidas. Estos resultados son consistentes con los de otros estudios; sin embargo, las diferencias entre los grupos de edades no mostraron ser estadísticamente significativas en ESCALA.

Los investigadores también estudiaron específicamente los efectos de PM_{10} y ozono en la mortalidad respiratoria y en una subcategoría de mortalidad respiratoria, infección de las vías respiratorias bajas, entre infantes y niños de las tres ciudades más grandes —

São Paulo, Santiago y Ciudad de México. Los resultados variaron considerablemente entre ciudades. Con la exposición de PM_{10} , se observó un aumento significativo de mortalidad respiratoria en infantes (< 1 año) y niños de 1–4 años en Santiago, pero no en São Paulo o Ciudad de México. El riesgo asociado de PM_{10} con la mortalidad por infección de las vías respiratorias bajas fue significativamente mayor para los infantes solo en la Ciudad de México. Para niños de 1–14 años, el riesgo de mortalidad por infección en las vías respiratorias bajas aumentó en las tres ciudades, pero solo significativamente en Santiago. La exposición al ozono fue asociada con incrementos significativos en el riesgo de mortalidad respiratoria en niños de 1–4 años y el riesgo de mortalidad por infecciones de las vías respiratorias bajas en ambos, infantes y niños de 1–14 años en la Ciudad de México, pero no en las otras dos ciudades. Al igual que en los análisis con adultos, los efectos estacionales del ozono en la mortalidad fueron más fuertes en la temporada fría en Ciudad de México y en la temporada cálida en las otras dos ciudades.

Los meta-análisis combinaron los resultados de las ciudades individuales, proporcionando estimaciones de los efectos promedio globales de los incrementos en PM_{10} y ozono sobre la mortalidad de la región. Para PM_{10} , los investigadores reportaron incrementos positivos y estadísticamente significativos en la mortalidad por todas las causas naturales (0.77%), cardiopulmonares (0.94%), respiratorias (1.19%), cardiovasculares (0.72%), accidentes cerebrovasculares (1.10%) y enfermedades pulmonares obstructivas crónicas (2.44%) en el grupo de todas las edades, con hallazgos similares en individuos de 65 años o más. Para ozono, pequeñas asociaciones positivas y significativas con incremento en mortalidad fueron observadas para mortalidad por enfermedades cardiopulmonares (0.23%), respiratorias (0.21%) y cardiovasculares (0.23%) en el grupo de todas las edades, con hallazgos similares en el grupo de edad avanzada. El Comité de Revisión de Salud del HEI concluyó que los resultados del estudio ESCALA fueron ampliamente consistentes con los hallazgos de similares estudios de series de tiempo coordinados multi-ciudad sobre contaminación atmosférica y mortalidad en Estados Unidos, Canadá, Europa y Asia. Los efectos de PM_{10} en la mortalidad en todas las causas naturales, todas las edades en ESCALA fueron también similares en magnitud al resultado (0.61%) reportado de un meta-análisis de 17 diferentes estudios de ciudades Latino Americanas realizado por la Organización Panamericana de la Salud en el 2005.

El Comité de Revisión de Salud del HEI determinó que los análisis de meta-regresión, que se realizaron para evaluar si diferentes características de las ciudades pudieran explicar las diferencias en la mortalidad por PM_{10} en los adultos, fue la apropiada y bien realizada. Sin embargo, advierte que conclusiones identificando algunas características de la ciudad como predictores “significativos” del tamaño del coeficiente PM-mortalidad de una ciudad debe ser considerado sugerente en vez de definitivo. Estas pocas asociaciones surgieron de un gran número de predictores considerados y por lo tanto podrían haber surgido al azar. Asimismo, no se obtuvo un patrón causal evidente. El comité no pudo descartar la posibilidad de que factores no identificados que no se pudieron considerar en los análisis podrían haber afectado los resultados en cada ciudad de forma diferente, causando falsa evidencia del efecto modificador.

La evaluación de los investigadores de si el nivel socioeconómico pudiera modificar los efectos adversos de PM_{10} y ozono en la mortalidad fue también bien realizada y una fase importante del estudio. Los investigadores reportaron patrones de mayor riesgo de mortalidad respiratoria entre la gente de bajo nivel socioeconómico y mayores riesgos de mortalidad cardiovascular entre la gente de nivel socioeconómico medio o alto, pero estos patrones no fueron consistentemente observados entre ciudades. A pesar de los esfuerzos de los investigadores de ESCALA, el comité concluyó que sus análisis no proporcionaron evidencia convincente al respecto.

El Comité de Revisión de Salud HEI concluyó que los estimadores más robustos de los efectos de la contaminación atmosférica sobre la salud fueron aquellos de las grandes ciudades, los grupos de edades más amplios y las causas de mortalidad con el mayor número de muertes. Para PM_{10} , esto significa que una mayor confiabilidad puede ponerse en los riesgos relativos de mortalidad para todas las causas naturales, todas las edades (en particular para las ciudades brasileñas y mexicanas) y para la mortalidad cardiovascular y cardiopulmonar en todas las edades y en el grupo de ≥ 65 años. Para el ozono, las asociaciones más robustas fueron también con mortalidad en todas las causas naturales, todas las edades y con mortalidad cardiovascular y cardiopulmonar en ambos, el grupo de todas las edades y el de ≥ 65 años. La alta sensibilidad de los principales resultados al modelo de selección para muchas de las otras causas de muerte y grupos de edad, particularmente niños, sugiere que se debe tener precaución en su interpretación.

CONCLUSIONES

El estudio ESCALA es una importante extensión de métodos de series de tiempo multi-ciudad coordinados para estudiar los efectos de PM₁₀ ambiental y ozono en una región del mundo donde estos métodos aun no habían sido aplicados — América Latina. Los investigadores de ESCALA encontraron efectos pequeños pero significativos de la exposición diaria a PM₁₀ y ozono en la mortalidad diaria que fueron muy similares a los de otros estudios multi-ciudad coordinados alrededor del mundo. El grado relativamente alto de rigor utilizado en la realización de ESCALA, con protocolos comunes para la recopilación y análisis de datos, así como análisis de sensibilidad para probar supuestos del modelo alternativos, deberían proporcionar a los responsables de políticas garantías razonables de que los principales descubrimientos de la relación entre la contaminación atmosférica y los

tipos comunes de mortalidad tienen una base sólida y son las estimaciones más fiables de la región hasta la fecha. Dadas las incertidumbres potenciales asociadas con la interpretación de resultados específicos, se debe tener precaución en la interpretación de los patrones más complejos observados en estos estudios, como los patrones de resultados entre ciudades, entre los niveles socioeconómicos, y en el grado del efecto modificador por diferentes covariables en el análisis de meta-regresión. Los investigadores de ESCALA han establecido una importante base metodológica para trabajo futuro en América Latina. El estudio ESCALA podría ser fácilmente ampliado para incluir otras ciudades en América Latina, usado para explorar métodos analíticos alternos, y mejorado teniendo en cuenta ambos, las recomendaciones del comité HEI y las muchas percepciones obtenidas por los investigadores en el transcurso del estudio.