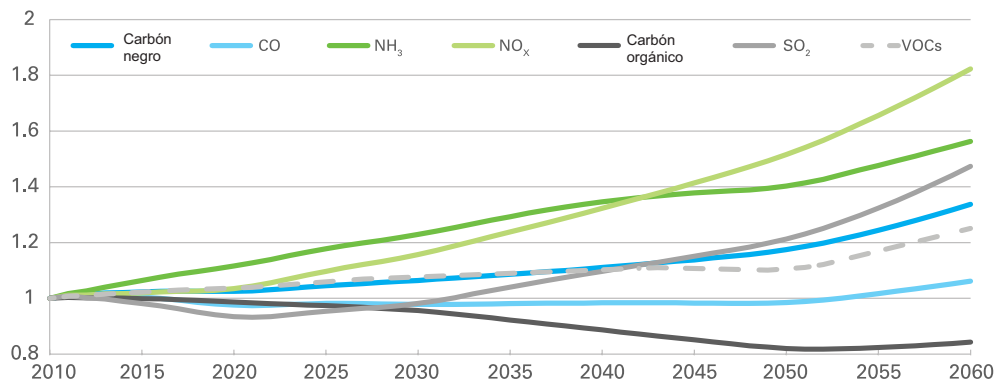


# Sobre los efectos de la Contaminación Atmosférica en la Salud (Basado en el texto Clean the air for children, UNICEF, 2016).

Por: Jose Fernando Duque T.

La contaminación del aire puede tener origen natural o puede ser consecuencia de las actividades humanas, las cuales generan grandes cantidades de contaminantes que van directamente al aire, por ejemplo, la quema de combustibles, las industrias manufactureras, la quema de desechos, la generación de material particulado (polvo) por el tráfico, humo y residuos de combustión en carros o, aviones, entre otros. Estimaciones recientes muestran que las emisiones de contaminantes en el aire se han elevado globalmente en un 8% entre 2008 y 2013 (Fig. 1). Así mismo, la urbanización aumenta y para el 2050 se espera que dos tercios de la población vivan en áreas urbanas.

Fig. 1: Proyecciones de emisiones en el tiempo, Índice con respecto a 2010.



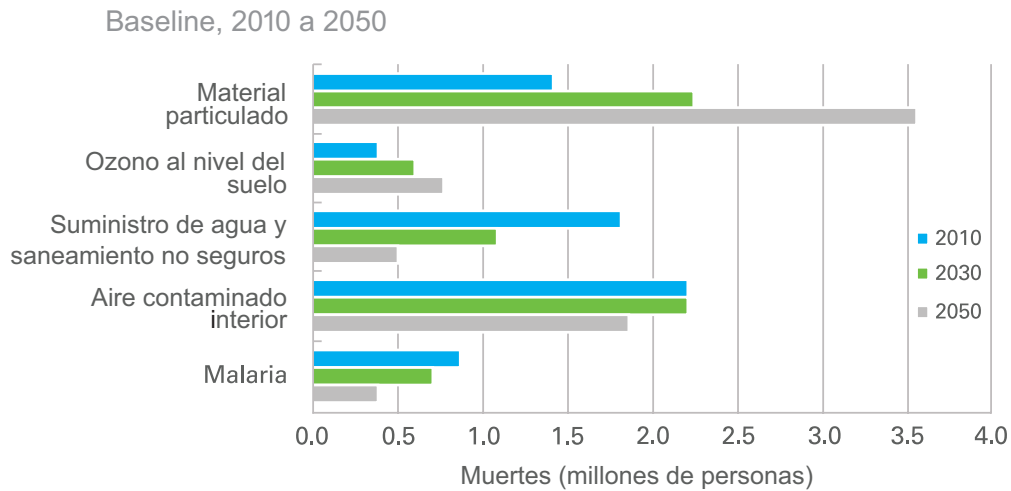
Fuente: Consecuencias económicas por la contaminación del aire en exteriores, OECD, 2016

El proceso de urbanización está asociado con el decrecimiento en la calidad del aire, por lo tanto, se estima que la contaminación del aire será para el 2050 la principal causa de muerte infantil a nivel mundial debido principalmente a la inhalación de material particulado (Fig. 2).

Adicionalmente, la contaminación ambiental en las grandes ciudades incluye gases de diversas composiciones y material particulado, producto de las actividades industriales, el tráfico automotriz, quema de materiales, etc., las cuales son transportadas por el viento hasta ser depositadas sobre cualquier superficie o ser inhaladas (Guthrie, 1995). La distribución de tamaños de estas partículas es muy diversa, en el rango entre 5 nm (menor a una célula de glóbulo rojo) y 100  $\mu$ m (espesor de un cabello humano) (Donaldson y MacNee, 1998). Sin embargo, volumétricamente en las ciudades la mayor parte del material particulado presenta tamaños entre los 2 y 10  $\mu$ m (Harrison y Yin, 2000) (Fig.3).

Algunos estudios realizados en ciudades industrializadas han mostrado que el material particulado contiene concentraciones considerables de elementos como C, S, V, Ni, Pb, Zn, Fe, Cu, Cr y en menores proporciones de Cd, Sn, Ce, Mo, W, Zr, Ca, As, Sb, Mn, Hg, Bi, Ti, Sr, Se y algunos elementos de las tierras raras (Eu, La, Y y Tb) (Castañeda, et al., 2014, 2016; Chaparro et al., 2013; Marié et al., 2016; Gargiulo et al., 2016; Gargiulo y Chaparro, 2016; Brighigna et al., 1997).

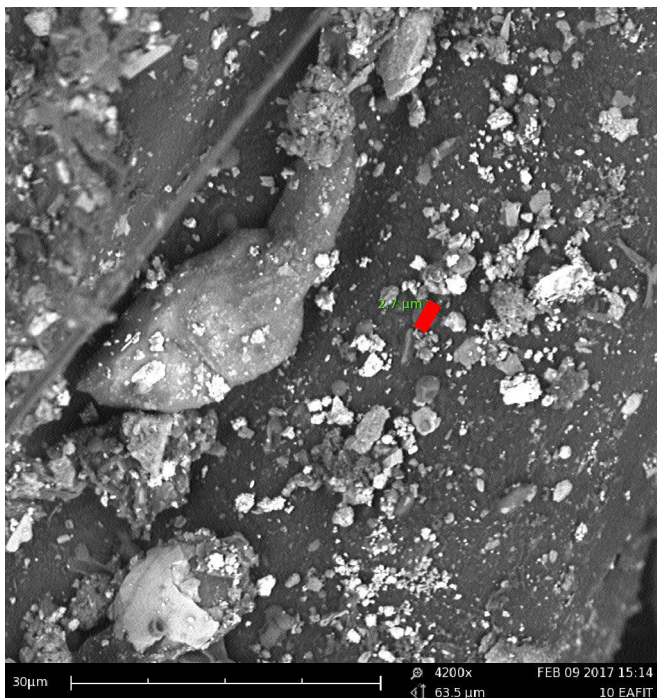
**Fig. 2: Muertes prematuras globales por riesgos ambientales seleccionados.**



Fuente: OECD Environmental Outlook Baseline; Output from IMAGE.

### ***Impacto de la contaminación en la salud***

El más reciente modelo de la OMS afirma que el 92% de la población mundial habita en lugares donde la calidad del aire excede los límites determinados por esta organización (ver inserto). Así mismo, la OMS calcula que, en 2015, entre 3.7 y 4.2 millones de personas murieron debido a enfermedades relacionadas con la mala calidad del aire exterior (Fig. 4). China e India aportan el 55% de estas muertes a las estadísticas mundiales que han aumentado notablemente con respecto al año 2005.



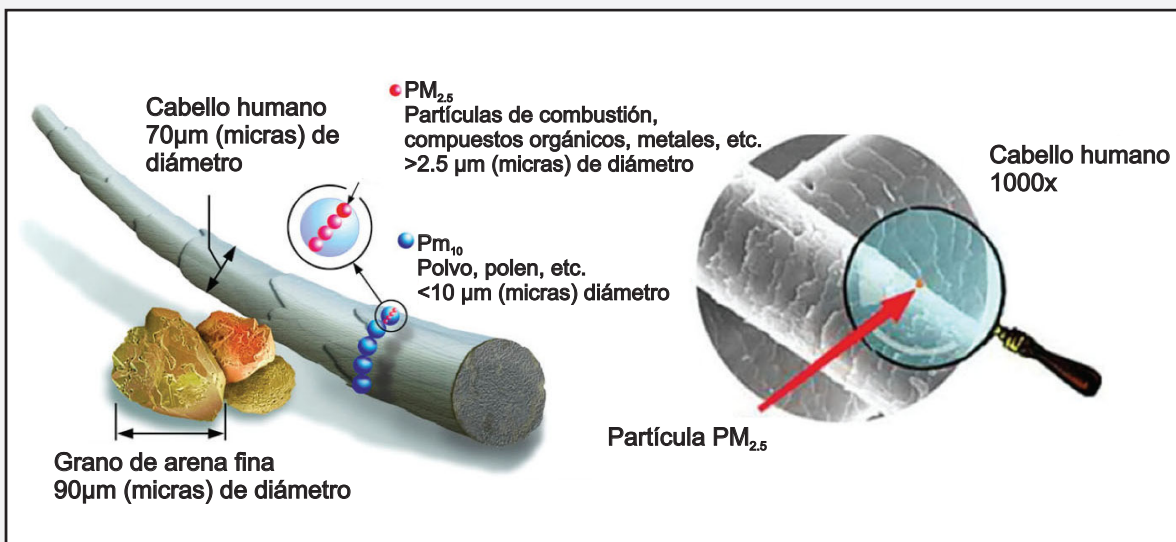
**Fig. 3.** Material particulado depositado en hojas de una planta. Avenida el Poblado, Medellín. La barra roja tiene una distancia equivalente a 2.7  $\mu\text{m}$ .

# CONTAMINANTES DEL AIRE NOCIVOS A LA SALUD

Los contaminantes mas comunes nocivos para la salud humana son:

**PM<sub>10</sub>** partículas con diámetros de hasta 10µm. Generalmente compuestos por sulfatos, nitratos, amonio, cloruro de sodio y carbón negro. Dañino para la salud debido a que irrita y bloquea las vías bronquiales, generando una amplia gama de enfermedades respiratorias.

**PM<sub>2,5</sub>** partículas con diámetros de hasta 2,5 µm. Estas partículas son especialmente nocivas para la salud pues logran penetrar hasta las partes mas profundas del sistema respiratorio aumentando los factores de coagulación de la sangre, aumentando o agravando enfermedades isquémicas del corazón. Igualmente, se ha identificado que algunos metales pesados y particularmente el hierro (abundante en todos los residuos industriales) pueden tener efectos adversos para la salud (Gilmour et al., 1996). Las PM<sub>2,5</sub> son generadas por quema de combustibles fósiles.



## Tabla de concentraciones límites de la OMS

### PM<sub>2,5</sub>

10µm/m<sup>3</sup> promedio anual  
25µm/m<sup>3</sup> promedio 24 horas

### PM<sub>10</sub>

20µm/m<sup>3</sup> promedio anual  
50µm/m<sup>3</sup> promedio 24 horas

### O<sub>3</sub>

100µm/m<sup>3</sup> promedio 8 horas

### NO<sub>2</sub>

40µm/m<sup>3</sup> promedio anual

### SO<sub>2</sub>

20µm/m<sup>3</sup> promedio

# CONTAMINANTES DEL AIRE NOCIVOS A LA SALUD

**Ozono (O<sub>3</sub>)** Generado por la reacción de la luz solar con óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) y compuestos orgánicos (VOCs). El ozono en las partes bajas de la atmosfera actúa como un irritante de las vías respiratorias generando asma y neumonía.

**Óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>)**, Uno de los principales contaminantes residuales de la combustión de energéticos fósiles. Juega un papel fundamental en la irritación de las vías respiratorias y en el empeoramiento de la neumonía, asma, bronquitis y en la reducción de la capacidad pulmonar.

**Hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAHs)**, son producidos cuando la quema de combustibles fósiles no es completa, como en los motores diésel. La exposición prenatal a estos ha mostrado aumento en el riesgo de infecciones y síntomas nasales en infantes, así como aumento de problemas cognitivos.

**Dióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>)**, contenido en carbones con altos niveles de azufre y aceites. Forma lluvia ácida al combinarse con agua. Los altos contenidos de este compuesto se relacionan con problemas del sistema respiratorio como tos, mucosidades, bronquitis crónica y asma. Varios estudios indican que la exposición prolongada incrementa la tasa de mortalidad especialmente las enfermedades cardiacas y pulmonares.

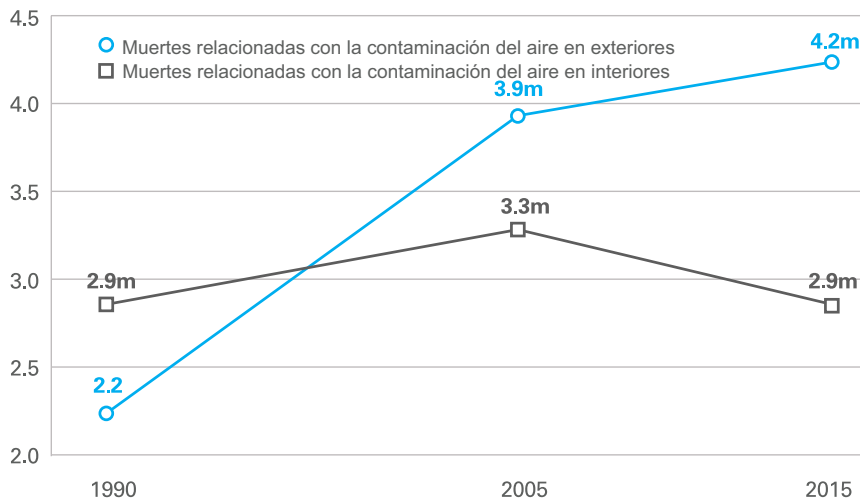
**Monóxido de Carbono (CO)**, producido por combustión en vehículos, calentadores e incineradores. La exposición prolongada se asocia a dolor de cabeza, impedimento visual, reducción de la capacidad cognitiva y habilidad.

**Compuestos orgánicos volátiles (VOCs)**, liberados como gases por algunos líquidos o sólidos contenidos en algunas pinturas, limpiadores y productos automotrices.

**Amonio (NH<sub>3</sub>)**, peligroso en altas concentraciones. Usado ampliamente en productos farmacéuticos y productos de limpieza

La contaminación del aire no se relaciona únicamente con enfermedades mortales, sino también con menor índice de salud y disminución en la calidad de vida de millones de personas. Esta puede causar dificultad al respirar, asma, bronquitis, inflamación de las vías respiratorias y ojos (Fig. 5). Pudiendo desencadenar enfermedades infecciosas como la neumonía. Especialmente en los niños menores de 5 años estas afectaciones son importantes debido a que el tracto respiratorio es más permeable, pudiendo desencadenar problemas en el crecimiento de los pulmones. Actualmente, más del 14% de la población mundial de niños es afectada por asma y esta cifra crece a una tasa del 50% cada década (Fig. 6).

Fig. 4: Muertes causadas por la contaminación en exteriores e interiores, 1990 - 2015

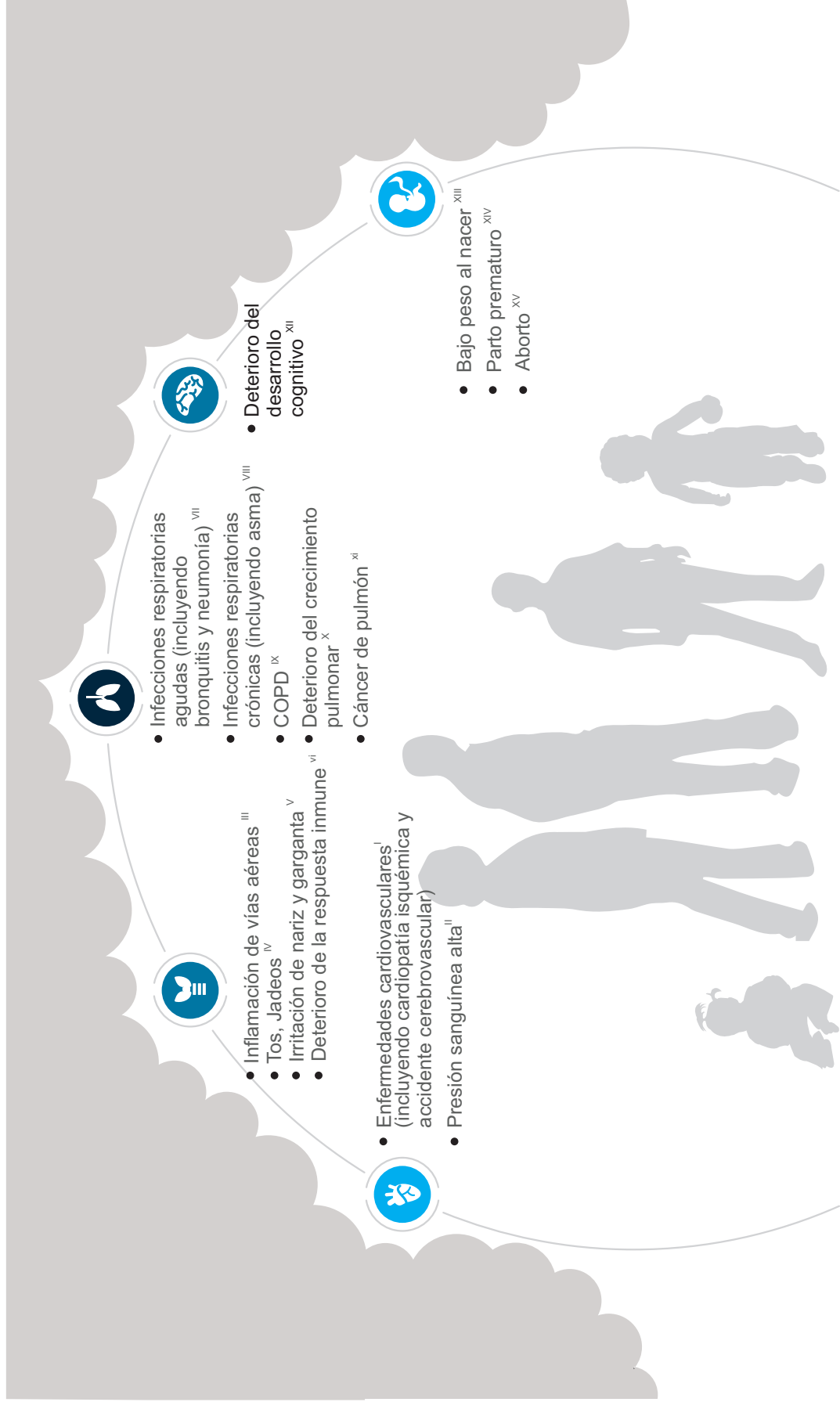


Fuente: IMHE, Global Burden of Disease, 2016

Igualmente la exposición prolongada a los altos niveles de contaminación en la etapa prenatal está ligada a complicaciones y retraso en el crecimiento intrauterino. Complicaciones que pueden posteriormente repercutir en la salud y desarrollo del niño.

En el caso de los adultos pueden sufrir una gran variedad de complicaciones en la salud relacionadas a la contaminación atmosférica. Entre las enfermedades que más los afectan se encuentran las enfermedades cardiovasculares, como derrame cerebral y falla cardíaca, además de cáncer pulmonar y diabetes tipo 2 (Fig. 7).

Los efectos de la contaminación atmosférica no son únicamente probados en la salud general, sino que tienen efectos en el desarrollo cognitivo de los seres humanos, especialmente los niños, quienes tienen toda una vida por delante y para quienes los efectos irreversibles en la salud tienen consecuencias para toda la vida en términos de rendimiento escolar y carreras futuras. A largo plazo estas afectaciones en los menores se ven reflejados en baja condición de salud, mayor ausencia escolar y por ende académica, altos costos en sistemas de salud asociados a menor productividad, que repercute en ingresos, pobreza e inequidad (Fig. 8).

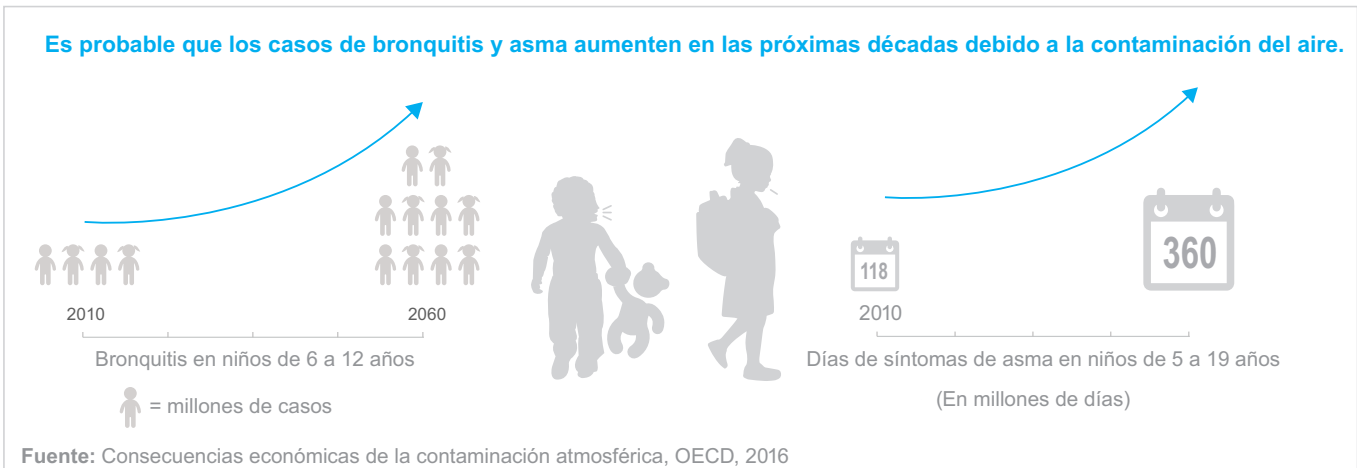


**La contaminación atmosférica no solo mata niños y adultos – afecta su salud también**

COPD - Enfermedad pulmonar obstructiva crónica

Fig. 5: Efectos sobre la salud debidos a la contaminación atmosférica.

**Fig. 6: impactos proyectados sobre la salud a nivel mundial**

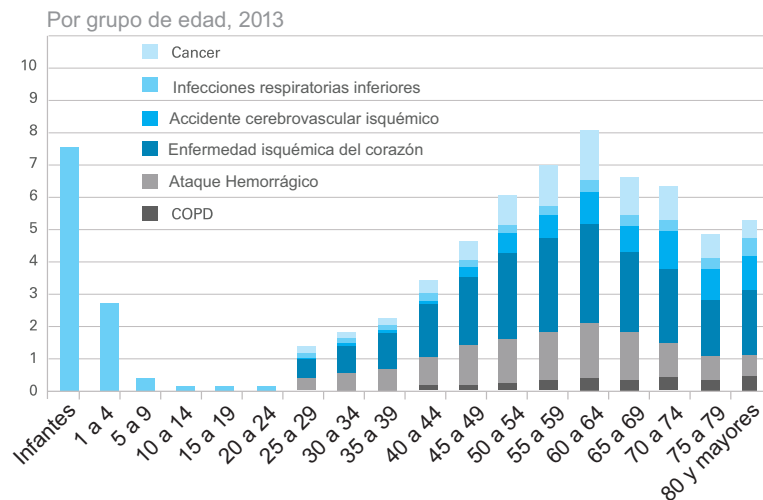


Por lo anterior y debido a que los niños son físicamente más propensos a ser afectados por la contaminación atmosférica, se debe prestar especial atención a la exposición de estos a los contaminantes. Los menores respiran más rápidamente que los adultos, por esto, el aire en sus pulmones tiene un contacto mayor, resultando en un mayor ingreso de contaminantes a sus vías respiratorias. Adicionalmente, los menores respiran más por la boca, evitando así el filtrado natural realizado en los canales nasales (Fig. 9).

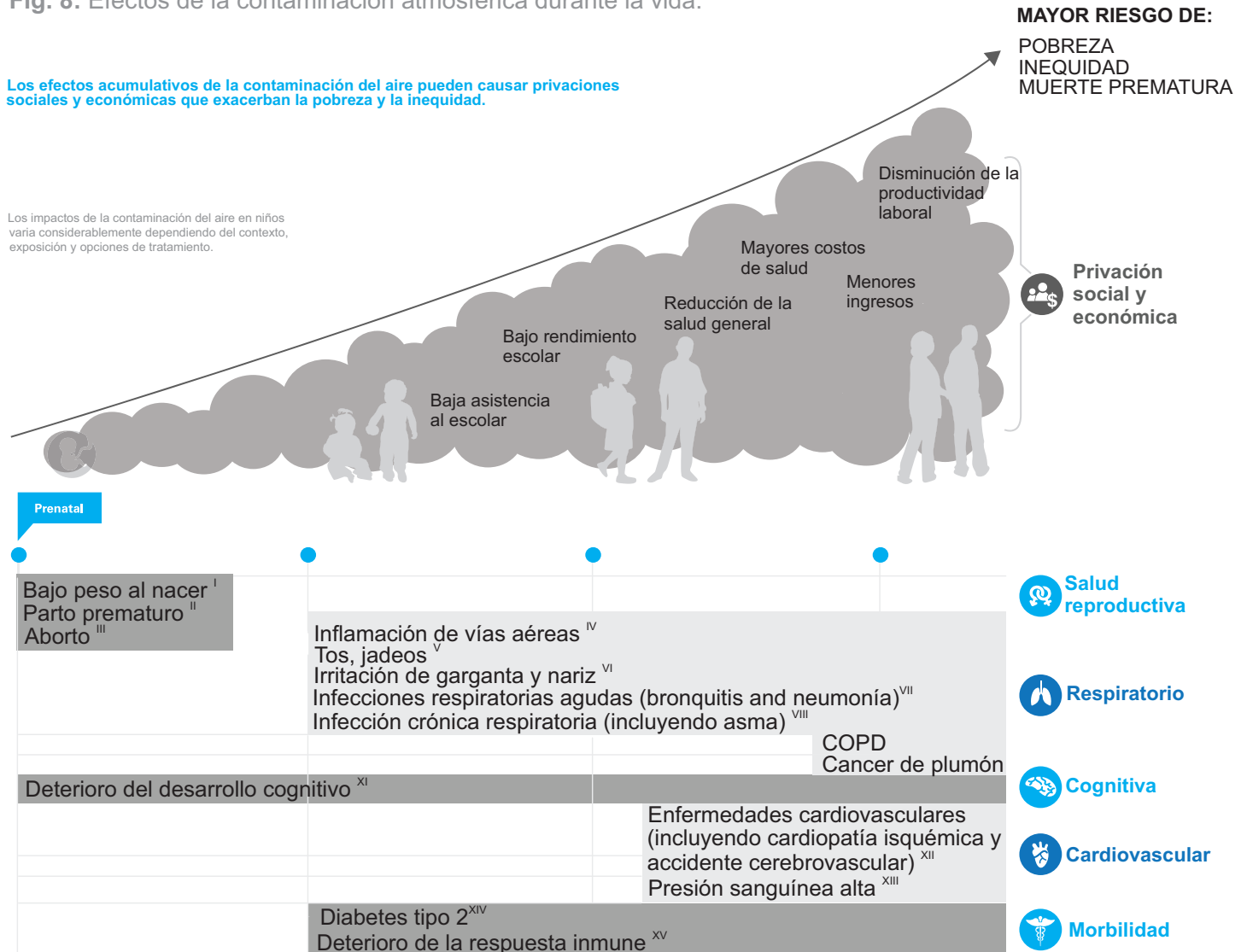
Los niños pasan mayor tiempo realizando actividades al aire libre que los adultos y adicionalmente tienden a ser más activos que los adultos, y por su menor estatura están más cercanos al suelo, donde se encuentran las mayores concentraciones de contaminantes, debido a su densidad.

Adultos mayores y con condiciones de salud especiales son igualmente más vulnerables a la afectación por la contaminación. Pacientes diabéticos, enfermedades coronarias y alta presión sanguínea son particularmente sensibles al  $PM_{2.5}$  debido a que este al alcanzar el torrente sanguíneo interfiere con la adecuada función celular y oxigenación de la sangre.

**Fig. 7: Años de vida ajustados por discapacidad (DALYs) por la contaminación ambiental  $PM_{2.5}$**



**Fig. 8:** Efectos de la contaminación atmosférica durante la vida.



Por su parte, las madres gestantes representan igualmente un grupo vulnerable, debido a que se ha encontrado una estrecha relación entre el aumento de contaminantes como el SO<sub>2</sub>, CO, NO<sub>x</sub> y PMs con la mortalidad prenatal, al igual que desarrollar con mayor facilidad asma antes de los 6 años.

Algunas investigaciones muestran también algunas relaciones de altos niveles de exposición a los contaminantes con algunas condiciones mentales como desordenes de la atención, ansiedad, depresión. Maher et al. (2016) relaciona nano partículas magnéticas encontradas en el cerebro de pacientes con la enfermedad de Alzheimer.

### **El beneficio de la reducción de la contaminación**

La relación directa entre la salud y el crecimiento económico ha sido igualmente demostrada por varios estudios. Por ejemplo, los efectos cognitivos en los menores representan un menor desempeño escolar y desarrollo futuro, afectando el futuro desarrollo económico, productividad, eventualmente impactando el crecimiento económico. Las enfermedades relacionadas a la mala calidad del aire, representa un aumento en el gasto familiar en el tratamiento de estas enfermedades, las cuales serán más costosas y complicadas de tratar cuando se pasa a la adultez. Estas condiciones médicas al



**Fig. 9:** Principales etapas del desarrollo pulmonar en humanos.



**Fuente:**

Adaptado de: Kajekar R. Factores ambientales y sus consecuencias en el desarrollo pulmonar. Pharmacol Ther 2007;114:129-45

mismo tiempo incrementan la ausencia escolar y laboral de las personas haciendo más costoso y menos productivo el andamiaje social.

Igualmente, la contaminación ambiental afecta el crecimiento económico a través de la producción en campos y los ecosistemas, lo cual está directamente ligado a los ingresos familiares, desarrollo local y PIB. Altos niveles de ozono pueden reducir la productividad de los cultivos e incluso la muerte prematura de las plantas. Los compuestos ácidos y compuestos nitrógenados que son depositados en los ecosistemas afectan la calidad del agua y del suelo, afectando la biodiversidad.

Estudios globales muestran el importante impacto que sobre la economía global tiene la calidad del aire. La OCDE mediante estudios que involucran el costo de los mercados, incluyendo los gastos en el sistema de salud, productividad laboral y reducción de la producción agrícola. Muestran resultados que predicen un incremento en el costo económico de la contaminación atmosférica, el cual pasará de ser 0.3% al 1% del PIB para el 2060 (Fig. 10). Por su parte, el Banco mundial y el Instituto para la Métrica y

la Evaluación de la Salud (IHME) calculan que el costo de las muertes asociadas a la mala calidad del aire le costará a la economía mundial alrededor de US\$225 billones, en pérdidas de horas laborales.

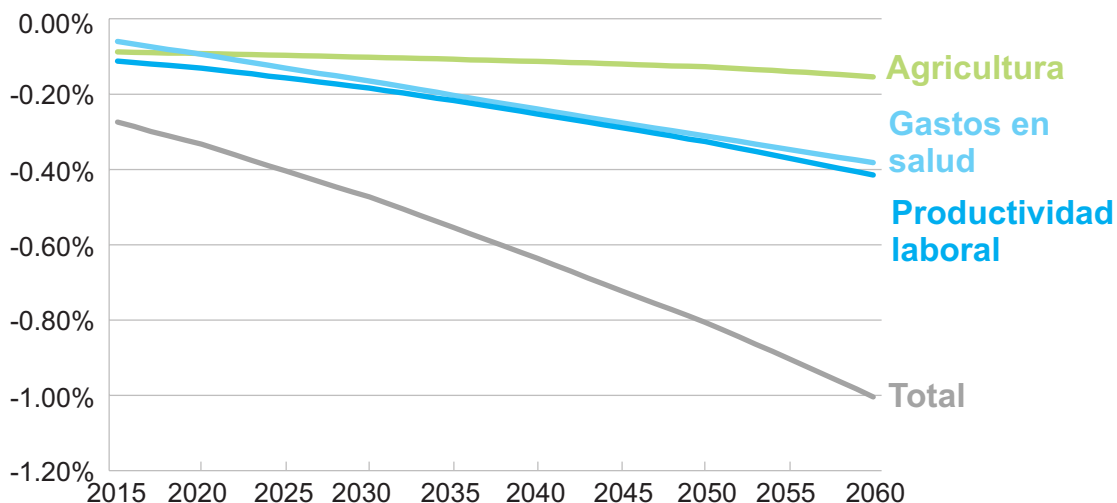
Las acciones tomadas para reducir los contaminantes atmosféricos están íntimamente relacionados con la reducción de gases de efecto invernadero, y aunque son producidos por las mismas fuentes (quema de combustibles fósiles) aunque no son lo mismo. El material particulado puede permanecer poco tiempo en la atmósfera, posiblemente meses o años; mientras que los gases como el CO<sub>2</sub> pueden permanecer por años e incluso décadas. Sin embargo, ambos tienen efectos de calentamiento global y su reducción podría representar un descenso de la temperatura global en 0.5°C para el 2050.

El programa ambiental de las Naciones Unidas y la Organización Mundial Meteorológica proponen una serie de acciones de mitigación de doble ganancia (salud y ambiental) que podrían prevenir entre 3.5 y 5 millones de muertes prematuras al año (Fig. 11).

### **Protección a la contaminación ambiental**











La reducción en los niveles de contaminación atmosférica salva y mejora la vida futura de los humanos. Reduce la aparición de enfermedades infecciosas del aparato respiratorio tales como la neumonía y el asma. Reduce las complicaciones durante el embarazo, nacimiento y desarrollo general de los menores, ayudando en una vida con mejor calidad, más larga y más productiva además de traer beneficios a la producción y mitigación del cambio climático global.

Fig. 10: Cambios en el PIB mundial debido a impactos en los mercados por la contaminación atmosférica.



Fuente: Consecuencias económicas de la contaminación atmosférica, OECD, 2016  
ENV-linkages model

**Fig. 11: Objetivos de desarrollo sostenible relacionados estrechamente con la reducción de la contaminación**

 <p>Igualdad</p>	<p>Reducir la contaminación del aire puede ayudar a las familias a ser más saludables, ahorrar gastos médicos y mejorar la productividad.</p>	 <p>Tecnología</p>	<p>La generación de energía, la industria y el transporte son grandes contribuyentes a la contaminación atmosférica. Un nuevo enfoque en la disminución del consumo de energía y la mejora del transporte público sostenible podría reducir progresivamente la contaminación.</p>
 <p>Cero Hambre</p>	<p>La contaminación atmosférica puede causar daños en los cultivos y afectar la calidad de los alimentos.</p>	 <p>Ciudades sostenibles</p>	<p>Las áreas urbanas contribuyen significativamente a la contaminación atmosférica. Creando ciudades sostenibles se puede mejorar la calidad del aire progresivamente.</p>
 <p>Bienestar</p>	<p>La contaminación del aire representa una amenaza importante para la salud. Está relacionada con infecciones respiratorias y enfermedades cardiovasculares. Causa aumentos en la morbilidad y mortalidad de la población.</p>	 <p>Consumo Responsable</p>	<p>Los productos químicos liberados al aire aumentan la contaminación del aire y contribuyen a los efectos nocivos sobre la salud humana. La producción y consumo responsables de estos productos químicos podría ayudar a mejorar la calidad del aire.</p>
 <p>Agua</p>	<p>Contaminantes como el dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) y el óxido nítrico (NO<sub>x</sub>) de fuegos abiertos y quema de combustibles fósiles se mezclan con la precipitación causando lluvias ácidas nocivas que pueden comprometer la calidad del agua.</p>	 <p>Clima</p>	<p>La quema de combustibles fósiles desempeña un papel fundamental en el cambio climático, poniendo en peligro los suministros de agua, alimento y aire, lo que representa una amenaza importante a la salud humana.</p>
 <p>Energía limpia</p>	<p>La electricidad producida a partir de energías renovables ofrece importantes beneficios para la salud pública a través de la reducción de la contaminación atmosférica.</p>	 <p>Vida</p>	<p>Las emisiones de la quema de combustibles fósiles mezcladas con la precipitación causan lluvias ácidas que representan una amenaza importante para los bosques y ecosistemas.</p>

La protección de los seres humanos a la contaminación atmosférica se basa en cuatro puntos principales:

**1. Mayores esfuerzos para reducir la contaminación atmosférica.** La contaminación está directamente ligada a enfermedades generadoras de muertes prematuras. Reducir la contaminación retribuye en salvar millones de vidas al año. Esto implica acciones a diversos niveles. A nivel doméstico, la reducción de uso del carro; a nivel comunitario, la oferta de mejores opciones de transporte público y la información/educación en reducción de la contaminación; A nivel nacional e internacional, tecnologías y legislaciones que reduzcan la emisión de contaminantes por vehículos y acciones que en general reduzcan las emisiones relacionadas el transporte diario.

**2. Minimizar la exposición a la contaminación.** Aunque la contaminación atmosférica sea invisible sus componentes son dañinos para la salud humana y por lo tanto se debe permanecer el menor tiempo posible expuesto a esta. Esto requiere de adecuados planes de desarrollo y urbanismo que permitan mantener los espacios donde los grupos sensibles pasan la mayor parte del tiempo, como escuelas y parques, alejados de las fuentes contaminantes.

**3. Mejorar la salud general de los niños.** Condiciones médicas pre-existentes ayudan a que el impacto de la contaminación aumente. Asegurar el acceso de los niños a vacunas y medicinas, la leche materna, la adecuada nutrición y el cuidado en el hogar ayudan a prevenir enfermedades infecciosas como la neumonía, así mismo incrementa la resiliencia a los efectos de la contaminación atmosférica.

**4. Mejoramiento del monitoreo de la contaminación ambiental.** La calidad del aire puede cambiar rápidamente. Por ejemplo, en las grandes ciudades, la calidad del aire empeora rápidamente en las horas pico o en los momentos de mayor producción industrial.

Los sistemas de monitoreo con un adecuado reporte de la información permiten a las personas, comunidades y gobernantes tomar decisiones que permitan minimizar la exposición cuando sea requerido. Igualmente, este monitoreo debe incentivar a los gobiernos y tomadores de decisiones hacia mejores políticas para las comunidades.

En conclusión, el problema de la contaminación atmosférica necesita de acciones a todos los niveles que permitan la reducción de este problema creciente. Los padres y maestros deben ser fortalecidos con información acertada y oportuna acerca de la calidad del aire que les permita tomar decisiones que lleven a la reducción de la emisión de contaminantes y la exposición a estos.

## **Referencias**

Donaldson, K., X. Y. Li, and W. MacNee. "Ultrafine (nanometre) particle mediated lung injury." *Journal of Aerosol Science* 29.5 (1998): 553-560.

Gilmour, Peter S., et al. "Adverse health effects of PM10 particles: involvement of iron in generation of hydroxyl radical." *Occupational and Environmental Medicine* 53.12 (1996): 817-822.

Guthrie, G., 1995, Eat, breathe, and be wary: Mineralogy in environmental health. *Reviews of Geophysics*, supplement. No. 33. pags. 117-121

Harrison, Roy M., and Jianxin Yin. "Particulate matter in the atmosphere: which particle properties are important for its effects on health?." *Science of the total environment* 249.1 (2000): 85-101.

Maher, Barbara A., et al. "Magnetite pollution nanoparticles in the human brain." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 113.39 (2016): 10797-10801.

UNICEF, 2016. Clear the air for the children. United Nations Children's Fund (UNICEF).