

## CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA

El aparato respiratorio está especialmente expuesto a factores que llegan en los diez a quince mil litros de aire que se ventilan diariamente. En 1952, en Londres, un aumento marcado de la contaminación atmosférica habitual se asoció a 4.000 muertes en 3 días, lo que significó una mortalidad diaria que sólo ha sido sobrepasada en el siglo XX por la epidemia de influenza de los años 1917-1918. La mayoría de las muertes se produjeron en niños, ancianos y enfermos cardíacos y respiratorios, afectando más a los terrenos con menos defensas.

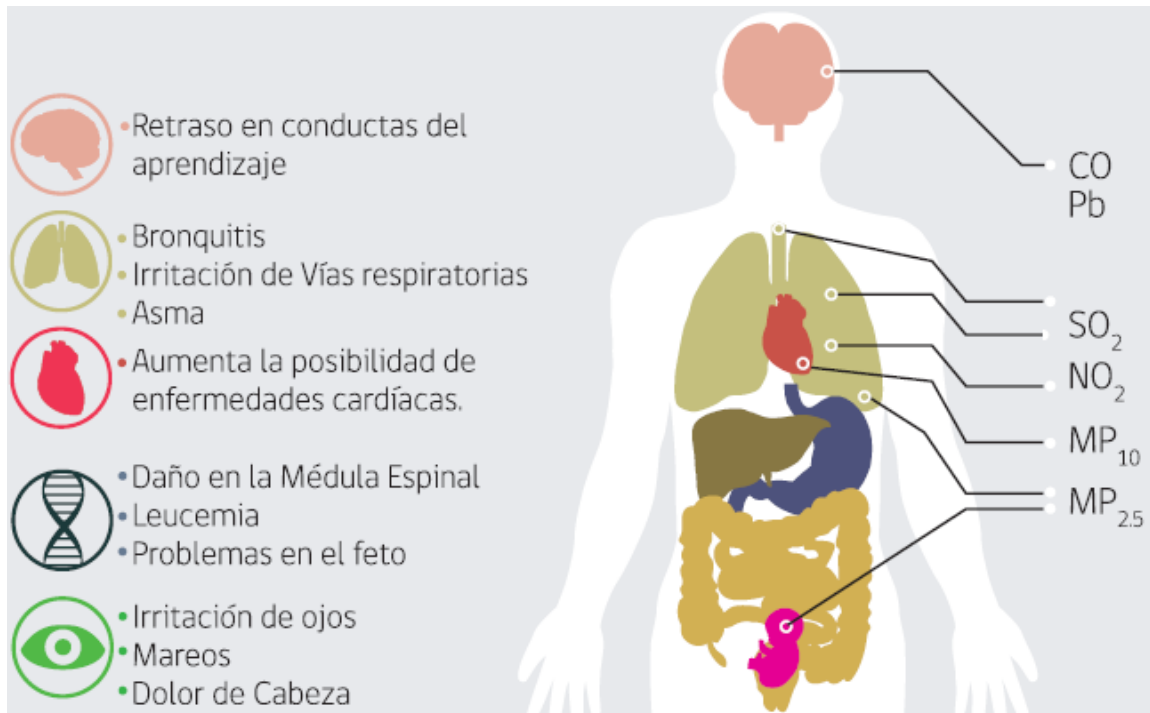
## CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS

Los contaminantes atmosféricos conocidos que con mayor frecuencia producen problemas pulmonares son el anhídrido sulfuroso ( $\text{SO}_2$ ), el óxido nitroso ( $\text{NO}_2$ ), el ozono ( $\text{O}_3$ ), el monóxido de carbono y los elementos particulados. Combinándose en proporciones variables, ellos constituyen el smog, denominación inglesa para la mezcla de humo (*smoke*) y neblina (*fog*).

### **¿Cuáles son los principales contaminantes atmosféricos y sus efectos?**

- Material Particulado (MP10 y MP2,5): Daño a las vías respiratorias, Bronquitis y Cáncer.
- Óxidos de Azufre ( $\text{SO}_x$ ): Daño pulmonar y a las vías respiratorias, irritación ocular, alteraciones psíquicas, paro cardíaco.
- Óxidos de Nitrógeno ( $\text{NO}_x$ ): Daño pulmonar, aumento de la susceptibilidad a las infecciones, daño celular, irritación, pérdida de las mucosas.
- Monóxido de Carbono (CO): Menor transporte de oxígeno en la sangre, aumento de angina, disminución de las funciones neuroconductuales, menor peso en niños recién nacidos y retardo en el desarrollo postnatal.
- Compuestos Orgánicos Volátiles (COVs): Cáncer y Leucemia.

- Plomo (Pb): Daño al sistema nervioso central, disturbios gastrointestinales, problemas a los riñones y es perjudicial en el desarrollo mental de los niños.
- Ozono troposférico (O<sub>3</sub>): Irrita el tracto respiratorio y los ojos, produce tos, asma, bronquitis, asfixia, enfisemas, mal funcionamiento de los pulmones; reduce la resistencia contra los resfriados y neumonías; puede agravar las enfermedades crónicas del corazón.



## TABLA POLUTANTES MAS FRECUENTES

Polutante	Fuente de contaminación externa	Fuente de contaminación doméstica	Efectos sobre el aparato respiratorio
SO <sub>2</sub>	Fundiciones Refinerías Combustión carbón Combustión petróleo	Estufas kerosene Braseros	Broncoconstricción
NO <sub>2</sub>	Calderas Automóviles Refinerías petróleo	Estufas y cocinas a gas Estufas kerosene y leña Chimeneas	Inhibición de las defensas Irritación de la vía aérea Bronquiolitis Aumento reactividad
Ozono	Vehículos a gasolina	Artefactos eléctricos Cabinas de aviones	Igual que NO <sub>2</sub>
Partículas	Vehículos diesel Calderas Calles sin pavimento Chimeneas		Inflamación vías aéreas Tos

## ANHÍDRIDO SULFUROSO

El  $\text{SO}_2$  se produce por la combustión de combustibles fósiles tales como carbón y petróleo, y sus fuentes más importantes son las calderas, refinerías de petróleo y fundiciones. El  $\text{SO}_2$  es un gas transparente que, por ser muy soluble en agua, es absorbido fácilmente por la mucosa de la vía aérea alta, de manera que sólo una proporción muy pequeña llega al territorio alveolar. El  $\text{SO}_2$  en la atmósfera forma, con el agua, ácido sulfúrico que, adherido a partículas, es arrastrado a grandes distancias desde su sitio de producción, para caer como una lluvia ácida sobre la superficie terrestre, con grave daño de la vegetación y contaminación de las aguas.

## CONTAMINANTES FOTOQUÍMICOS

El  $\text{NO}_2$  y el ozono se producen por efecto de la radiación ultravioleta de la luz solar sobre los gases emitidos por los motores de combustión interna. El ozono y el  $\text{NO}_2$  constituyen el smog característico de las ciudades con gran número de automóviles y abundante luz solar, como es la ciudad de Los Angeles (USA). En Santiago se observan preferentemente durante los meses de verano. Ambos son relativamente insolubles, por lo que pueden llegar a los alvéolos.

## MONÓXIDO DE CARBONO

La contaminación por monóxido de carbono se produce fundamentalmente por los vehículos con motor a gasolina.

## PARTÍCULAS EN SUSPENSIÓN

Están constituidas por hollín, polvo, ceniza, óxidos, silicatos, etc. Las partículas que pueden penetrar hasta las zonas periféricas del pulmón, se denominan respirables y su tamaño es inferior a 10 micrones. Dentro

de éstas, las más dañinas son la partículas finas de menos de 2,5 micrones ( 1/30 del diámetro de un cabello). Las principales fuentes de partículas respirables en Santiago son los buses con motor Diesel, las calderas, los automoviles, las chimeneas y el polvo mantenido en suspensión por los vehículos que circulan por calles sucias o sin pavimentar. El SO<sub>2</sub> junto a elementos particulados, constituía el smog que caracterizaba a Londres, ciudad que ha disminuido su problema de contaminación atmosférica. En Santiago se observa durante los meses de otoño e invierno.

## SITUACIÓN EN SANTIAGO DE CHILE

La contaminación atmosférica no depende solamente de la emisión de contaminantes, también de las características topográficas y climatológicas de cada región, tales como temperatura y régimen de vientos y lluvias. Santiago es una de las ciudades más contaminadas de Latinoamérica, debido a las fuentes ya mencionadas, a sus escasas lluvias y a su ubicación en una cuenca rodeada completamente de montañas, con pocos vientos.

En la Tabla 26-2 se anotan las Normas de Calidad del Aire del Ministerio de Salud vigentes en nuestro país.

**TABLA 26-2**  
**NORMAS DE CALIDAD DE AIRE EN CHILE**  
 (Resolución 1215, ministerio de salud, 1978)

<b>POLUTANTE</b>	<b>MAXIMO PERMISIBLE PROMEDIO</b>	<b>PERIODO</b>
Partículas en suspensión	260 µg / m <sup>3</sup> 75 µg / m <sup>3</sup>	24 horas 1 año
SO <sub>2</sub>	365 µg / m <sup>3</sup> 80 µg / m <sup>3</sup>	24 horas 1 año

NO <sub>2</sub>	300 $\mu\text{g} / \text{m}^3$ 100 $\mu\text{g} / \text{m}^3$	24 horas 1 año
O <sub>3</sub>	160 $\mu\text{g} / \text{m}^3$	1 hora 1 vez al año
CO	35,00 ppm 9,00 ppm	1 hora 8 horas
•ppm: partes por millón.		

De acuerdo con estos criterios, los niveles promedios anuales de partículas en suspensión en Santiago son sobrepasados prácticamente a permanencia. El promedio anual ha sido superior a 200  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en los últimos años y el nivel aceptable para 24 horas se sobrepasa a menudo durante el invierno. Los niveles máximos permisibles de monóxido de carbono para 8 horas se han superado también con frecuencia. Según la información disponible, los niveles promedios anuales para los otros gases no han sido sobrepasados en los últimos años. Sin embargo, conviene tener presente que estos promedios anuales pueden esconder niveles transitorios más altos que la norma, los cuales pueden producir síntomas y daño pulmonar, especialmente en pacientes con enfermedades cardiorrespiratorias.

En relación con el ambiente laboral, los niveles permisibles de SO<sub>2</sub> (5 ppm o partes por millón) serían muy altos para una persona sometida a respirarlos crónicamente por 8 horas diarias.

NORMA PM 2,5:

**Tabla N° 2**  
**Concentración diaria PM2,5 (ug/m3)**

<b>Año</b>	<b>2012</b>	<b>2022</b>	<b>2032</b>
Alerta	97 -131	88-124	69-112
Preemergencia	132-199	125-199	113-199
Emergencia	200 o más	200 o más	200 o más

Fuente: Anteproyecto de Norma para PM2,5.

## CONTAMINACIÓN INTRADOMICILIARIA

Debe tenerse presente que corrientemente, tanto en los ambientes domiciliarios como en los laborales, se añaden más polutantes a los del ambiente general de la ciudad y se alcanzan con frecuencia niveles muy superiores a los estándares. Por ejemplo, una estufa a kerosene puede producir concentraciones de SO<sub>2</sub> veinte veces superiores al máximo permisible. A diferencia de lo que sucede con la polución ambiental general, el médico puede influir en el control de este aspecto a través de sus consejos e indicaciones al paciente o sus familiares, por lo cual es indispensable interrogar sobre estas condiciones a los portadores de enfermedades respiratorias sensibles a factores contaminantes.

La contaminación intradomiciliaria se debe a humo de cigarrillo, calefacción y cocina con leña, carbón, kerosene o gas, aerosoles diversos, alergenos, etc. y depende críticamente de la frecuencia y eficacia con que se renueve el aire a través de la ventilación. Estudios epidemiológicos demuestran que los niños pequeños, que son los que más tiempo permanecen dentro de la casa por un frecuentemente

injustificado temor al frío del exterior, son los más afectados, presentando una mayor incidencia de infecciones respiratorias altas y bajas y de fenómenos obstructivos bronquiales. Por el menor calibre de sus vías respiratorias, son susceptibles a mayor depósito de partículas que pueden incluso interferir en el desarrollo de su aparato respiratorio, lo que constituye un factor de riesgo para enfermedades obstructivas en la edad adulta.

Es importante recalcar que la población tiene muy poca conciencia de este riesgo, en contraste con lo que sucede con el smog, al que se culpa de cuadros debidos a infecciones virales, contaminación domiciliaria o al consumo de cigarrillos´

Los riesgos de ambientes laborales se abordan mas adelante en las enfermedades ocupacionales.

## EFFECTOS SOBRE EL APARATO RESPIRATORIO

El depósito de polutantes en el pulmón depende de su solubilidad, duración de la exposición y del patrón respiratorio. Los polutantes solubles son atrapados en la superficie húmeda de la nariz. Es así como sólo un 2% del SO<sub>2</sub> inhalado por vía nasal llega a la glotis. Durante el ejercicio aumenta el depósito de SO<sub>2</sub> en el pulmón, por aumento de la ventilación y por la respiración bucal.

El tamaño de las partículas determina el sitio donde se impactan. Las de mayor tamaño son atrapadas mecánicamente en las vías aéreas superiores, mientras que las más pequeñas penetran al pulmón y pueden sedimentar por efecto de la fuerza de gravedad en los bronquiolos y alvéolos.

Como se ha analizado en el capítulo de mecanismos de defensa del pulmón, la remoción de las partículas se realiza fundamentalmente a través de la tos, del mecanismo mucociliar y por los macrófagos



alveolares, sistemas que también pueden dañarse por efecto de los polutantes inhalados.

## SO<sub>2</sub> Y PARTÍCULAS EN SUSPENSIÓN

Generalmente estos dos elementos se encuentran combinados, por lo que, desde el punto de vista epidemiológico, se analizan en conjunto. Los estudios al respecto han logrado establecer que la exposición a niveles altos de estos polutantes se asocia a un aumento de los síntomas y de la mortalidad en enfermos cardíacos y respiratorios crónicos. No se ha logrado comprobar un rol causal en el desarrollo de enfermedades respiratorias crónicas.

Los asmáticos son especialmente sensibles al SO<sub>2</sub> y presentan broncoconstricción con niveles muy inferiores a los que producen síntomas en sujetos normales (5 ppm). Durante el ejercicio físico, un asmático desarrolla obstrucción bronquial con 0,4 ppm y basta una exposición de 3 minutos para tener síntomas. Esto se debe a la mayor ventilación y a la respiración bucal del ejercicio, que determinan una mayor penetración del SO<sub>2</sub> hasta las vías aéreas periféricas. El citado nivel, si bien es inferior al promedio diario permitido (0,14 ppm), es sobrepasado frecuentemente durante algunos minutos a lo largo del día. La inhalación de partículas respirables produce un aumento de la incidencia de tos y expectoración. Estudios realizados en escolares de ciudades norteamericanas con distinto grado de contaminación por partículas, demuestran que la incidencia de tos y expectoración es más alta mientras mayor es la concentración de partículas en el aire atmosférico, especialmente en niños asmáticos. En estos estudios, todas las ciudades tenían niveles inferiores a los máximos permisibles, lo que demuestra que estos niveles no garantizan una falta de efectos en los más susceptibles.

## OXIDANTES FOTOQUÍMICOS

No se ha logrado establecer si existe relación entre exposición a oxidantes fotoquímicos y un aumento de la mortalidad. Su inhalación excesiva aumenta la frecuencia de síntomas respiratorios, especialmente en asmáticos o en pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC), pero no produce trastornos crónicos en la función pulmonar. La exposición a 0,15 ppm de ozono o más, nivel que se alcanza habitualmente en las ciudades, produce cefalea, irritación conjuntival y tos.

Si individuos sanos se exponen a más de 0,30 ppm de ozono durante un ejercicio moderado, presentan tos, opresión retroesternal, disminución de la CV y del VEF1, aumento de la resistencia de la vía aérea y caída de la distensibilidad. Estos mismos síntomas y alteraciones se producen con niveles de 0,15 ppm durante un ejercicio intenso. La exposición repetida a ozono produce tolerancia.

El NO<sub>2</sub> produce síntomas más leves que el ozono, aunque se ha demostrado que la exposición a 0,1 ppm durante 1 hora aumenta la reactividad bronquial.

## MONÓXIDO DE CARBONO (CO)

Los efectos del CO derivan de su interferencia sobre el transporte de O<sub>2</sub>, siendo de riesgo una concentración de carboxihemoglobina de 4% o más. Esta concentración se puede alcanzar con exposición de 25 ppm durante 24 horas. Los individuos con mayor riesgo son los cardiopatas y los pacientes con enfermedades respiratorias graves

Fuentes:

- (extracto de: <http://escuela.med.puc.cl/publ/Aparatorespiratorio/> .  
Universidad Católica)
- Manual de Acción USACH