

CO

En general, cualquier combustible que contenga carbono (gas, petróleo, carbón, madera...) y que sea quemado sin suficiente oxígeno como para formar CO₂ es una fuente potencial de CO.

El monóxido de carbono (CO) es un gas sin color ni olor emitido como consecuencia de la combustión incompleta de carburantes fósiles y de biocombustibles.

El CO penetra en el organismo a través de los pulmones, y puede provocar una disminución de la capacidad de transporte de oxígeno de la sangre, con el consecuente detrimento de oxigenación de órganos y tejidos, así como disfunciones cardíacas, daños en el sistema nervioso, dolor de cabeza, mareos y fatiga; estos efectos pueden producirse tanto sobre el ser humano como sobre la fauna silvestre.

Efectos a corto plazo:

Los siguientes **efectos agudos** (a corto plazo) sobre la salud pueden producirse inmediatamente o poco tiempo después de la exposición al monóxido de carbono:

Respirar monóxido de carbono puede causar dolor de cabeza, mareo, sensación de desvanecimiento y cansancio.

A niveles más altos la exposición al monóxido de carbono puede causar somnolencia, alucinaciones, convulsiones y pérdida de conocimiento.

El monóxido de carbono puede causar cambios en la memoria y en la personalidad, confusión mental y pérdida de visión.

La exposición extremadamente alta al monóxido de carbono puede causar la formación de carboxihemoglobina, que reduce la capacidad de la sangre para transportar oxígeno y puede causar un color rojo brillante

en la piel y las membranas mucosas, dificultad respiratoria, colapso, convulsiones, coma y la muerte.

Toxicidad leve:

Pequeñas exposiciones podrían producir un intenso dolor de cabeza en el lóbulo temporal o frontal, fatiga, disnea y mareo. Después de la exposición los pacientes que sufren enfermedades cardiovasculares o cerebrovasculares pueden sufrir un empeoramiento, por ejemplo isquemia o infarto de miocardio, o derrame cerebral.

Toxicidad moderada:

Exposiciones moderadas pueden producir fuertes dolores de cabeza, debilidad, mareos, náuseas, vómitos, síncope, taquicardia y taquipnea seguidos por bradicardia y bradipnea, sofocos, cianosis, sudoración, disminución de la atención, disminución de la destreza manual, reducción en el desempeño de tareas sensitivomotoras, aumento del tiempo de reacción, dificultad al pensar, reducción del juicio, vista borrosa o oscurecida, ataxia, pérdida del control muscular, silbidos o fuertes zumbidos en el oído, somnolencia, alucinaciones y toxicidad cardiovascular.

Toxicidad Grave:

Exposiciones graves pueden producir síncope, ataques, confusión, desorientación, convulsiones, evacuación involuntaria, ampollas, toxicidad cardiovascular, disrritmias ventriculares, depresión cardiorrespiratoria, edema pulmonar, fallo respiratorio, estupor, pérdida del conocimiento, coma, colapso y muerte.

Los **efectos a corto-medio plazo** que pueden producirse son los siguientes:

Los efectos neuropsiquiátricos pueden aparecer varios días después de la exposición. Estos incluyen estado vegetativo, estado en que la persona permanece muda y sin movimiento, parkinsonismo, apraxia, agnosia, problemas en la vista, estado amnésico, depresión, demencia,

psicosis, parálisis, movimientos espasmódicos de cara, brazos y piernas, ceguera cortical, neuropatía periférica e incontinencia.

Pueden producirse también cambios de personalidad, con incremento de la irritabilidad, agresión verbal, violencia, impulsividad y mal humor.

Los siguientes efectos crónicos (a largo plazo) sobre la salud pueden producirse algún tiempo después de la exposición al monóxido de carbono y pueden durar meses o años:

El monóxido de carbono puede afectar al corazón y causar daño al sistema nervioso.

Riesgo durante el embarazo de efectos adversos para el feto.

Fumar aumenta su exposición al monóxido de carbono, ya que puede causar enfermedades cardíacas, así como cáncer de pulmón, enfisema y otros problemas respiratorios, puede agravar las afecciones respiratorias causadas por la exposición química. Aunque lleve mucho tiempo fumando, si deja de fumar hoy su riesgo de sufrir problemas de salud será reducido.

La exposición diaria a **34,4 mg/m³** (30 ppm) de monóxido de carbono es **equivalente a fumar 20 cigarrillos al día**.

Valores límite y umbral de alerta:

Valor límite de la media de ocho horas máxima en un día para la protección de la salud humana es de 10 mg/m³.

Efectos del monóxido de carbono a diferentes concentraciones

Concentración de monóxido de carbono	Efecto
0-229 mg/m ³ (0-200 ppm)	Ligero dolor de cabeza en algunos casos
10 mg/m ³ (8,7 ppm)	No se excede el nivel carboxihemoglobina del 2.5 %, aun cuando un sujeto normal realice ejercicio ligero o moderado durante 8 horas
30 mg/m ³ (26 ppm)	No se excede el nivel carboxihemoglobina del 2.5 %, aun cuando un sujeto normal realice ejercicio ligero o moderado durante una hora
34,4 mg/m ³ (30 ppm)	La exposición diaria a esta concentración es equivalente a fumar 20 cigarrillos al día
40,1 mg/m ³ (35 ppm)	Las personas que tienen enfermedades cardíacas no deben exponerse a niveles superiores a esta concentración
60 mg/m ³ (52 ppm)	No se excede el nivel carboxihemoglobina del 2.5 %, aun cuando un sujeto normal realice ejercicio ligero o moderado durante 30 minutos
100 mg/m ³ (87 ppm)	No se excede el nivel carboxihemoglobina del 2.5 %, aun cuando un sujeto normal realice ejercicio ligero o moderado durante 15 minutos
115 mg/m ³ (100 ppm)	Se informó del primer indicio de angina en sujetos que hacían ejercicio con cardiopatía coronaria expuestos a esta concentración
229-458 mg/m ³ (200-400 ppm)	Después de 5-6 horas se puede observar un leve dolor de cabeza, náuseas, vértigo y síntomas mentales
458-802 mg/m ³ (400-700 ppm)	Después de 4-5 horas se puede observar un fuerte dolor de cabeza, incoordinación muscular, debilidad, vómitos y colapso
802-1260 mg/m ³ (700-1100 ppm)	Después de 3-5 horas se puede observar un fuerte dolor de cabeza, debilidad, vómitos y colapso

1260-1832 mg/m ³ (1100-1600 ppm)	Después de 1.5-3 horas se puede observar coma. (la respiración es aún bastante buena a no ser que el envenenamiento se haya prolongado)
1832-2290 mg/m ³ (1600-2000 ppm)	Después de 1-1.5 horas hay posibilidad de muerte
5726-11452 mg/m ³ (5000-10000 ppm)	Después de 2-15 minutos se puede producir la muerte

Recomendaciones:

Se produce cuando se queman materiales combustibles como gas, gasolina, keroseno, carbón, petróleo, tabaco o madera en ambientes de poco oxígeno. Las chimeneas, las calderas, los calentadores de agua y los aparatos domésticos que queman combustible, como las estufas, también pueden producirlo si no están funcionando correctamente. Los vehículos parados con el motor encendido también lo despiden.

El aire interior generalmente puede contener cierta concentración de monóxido de carbono debido a que estos provienen de elementos que se encuentran generalmente en las viviendas como: chimeneas, calderas, calentadores de agua y los aparatos domésticos que queman combustible, como las estufas (que pueden producirlo si no están funcionando correctamente), con lo que se recomienda que se revise periódicamente el estado de estas instalaciones.

El humo de tabaco ambiental en viviendas, oficinas, vehículos y restaurantes puede elevar la concentración de monóxido de carbono media de 8 horas a 23-46 mg/m³ (20-40 ppm), con lo que es aconsejable no fumar en espacios interiores.

Las concentraciones de monóxido de carbono dentro de los vehículos son generalmente más altas que aquellas medidas en el aire exterior.

Debido a que la ruta más probable de exposición al monóxido de carbono es respirar aire contaminado, se debe tratar de limitar las actividades al aire libre durante los períodos de mayor contaminación.

Bibliografía:

International Labour Organization (ILO). International Occupational Safety and Health Information Centre (CIS). International Chemical Safety Cards [Geneva, Switzerland]

The National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). Documentation for Immediately Dangerous to Life or Health Concentrations (IDLH) [Atlanta, USA]

Joint Research Centre (JRC). European chemical Substances Information System (ESIS) [Ispra, Italy]

U.S. National Library of Medicine (NLM). Hazardous Substances Data Bank (HSDB) [Maryland, USA]

Consejería de Sanidad y Consumo - Comunidad Autónoma de la Región de Murcia. Directorio de Sustancias Químicas Peligrosas. Monóxido de carbono [Murcia, España]

U.S. Environmental Protection Agency (EPA). Office of Environmental Health Hazard Assessment (OEHHA). Non-cancer Health Effects (RELs) [California, DC, USA]

World Health Organization (OMS). Air Quality Guidelines for Europe. Second Edition

Department of Health and Senior Services (DHSS). Right to Know Hazardous Substance Fact Sheets [New Jersey, USA]

NO2

Todas las personas están expuestas a pequeñas cantidades de óxidos de nitrógeno en el aire. La exposición a niveles más altos puede producirse en las proximidades de las cocinas de gas, al quemar madera o combustibles o si se fuma.

No es inflamable y es incoloro a pardo en apariencia a temperatura ambiente y tiene un fuerte olor desagradable. Es un líquido a temperatura ambiente, pero se transforma en un gas pardo-rojizo a temperaturas sobre 21°C.

Los óxidos de nitrógeno son liberados al aire por los tubos de escape de los vehículos motorizados, en los procesos de combustión del carbón, petróleo, o gas natural, y en tratamientos industriales (soldadura al arco, galvanoplastia, grabado de metales y detonación de dinamita). También son producidos comercialmente al hacer reaccionar el ácido nítrico con metales o con celulosa y son utilizados en la producción industrial (ácido nítrico, lacas, tinturas y otros productos químicos). Los óxidos de nitrógeno también se usan en combustibles para cohetes, en la nitrificación de compuestos químicos orgánicos y en la manufactura de explosivos.

Los óxidos de nitrógeno se degradan rápidamente en la atmósfera al reaccionar con otras sustancias comúnmente presentes en el aire. La reacción del dióxido de nitrógeno con sustancias químicas producidas por la luz solar lleva a la formación de ácido nítrico, el principal constituyente de la lluvia ácida. El dióxido de nitrógeno reacciona con la luz solar, lo cual lleva a la formación de ozono y smog en el aire que respiramos.

La población en general está expuesta a los óxidos de nitrógeno principalmente al respirarlos en el aire. La gente que vive cerca de fuentes de combustión (plantas de generación de energía, o de áreas donde hay intenso uso de vehículos motorizados) puede estar expuesta a niveles de óxidos de nitrógeno más elevados.

En las viviendas en las que se quema madera o que usan calentadores y cocinas de gas tienden a tener niveles de óxidos de nitrógeno más altos en su interior comparadas a viviendas que no usan estos combustibles.

El monóxido de nitrógeno y el dióxido de nitrógeno están presentes en el humo de tabaco, por lo tanto, la gente que fuma o que es fumador pasivo puede estar expuesta a los óxidos de nitrógeno.

El dióxido de nitrógeno es un compuesto muy tóxico, pero las concentraciones que se presentan en las ciudades no son lo suficientemente elevadas para desencadenar efectos agudos de consideración.

Efectos en la salud:

Los efectos del NO₂ en la salud humana se centran sobre todo en el aparato respiratorio, habiéndose observado que cuando se supera una concentración media de NO₂ de 190 µg/Nm³ (0,1 ppm) en el 40% de los días, aumenta la frecuencia de las infecciones de las vías respiratorias.

Se ha comprobado que el NO₂ provoca daños al parénquima pulmonar, e incluso ante exposiciones crónicas a concentraciones bajas el resultado es la aparición de cambios patológicos semejantes a los del enfisema pulmonar. Adicionalmente, determina la inhibición de la depuración mucociliar, la fagocitosis y la respuesta inmunológica en el pulmón, produciendo una disminución de la resistencia del pulmón ante las infecciones. Por último, incrementa la sensibilidad pulmonar a los broncoconstrictores, afectando, por lo tanto, especialmente a las personas asmáticas. Otros efectos son sensación de ahogo y dolor en el pecho.

Los niveles bajos de óxidos de nitrógeno en el aire pueden irritar los ojos, la nariz, la garganta, los pulmones, y posiblemente causar tos y una sensación de falta de aliento, cansancio y náusea. La exposición a bajos niveles también puede producir acumulación de líquido en los pulmones 1 ó 2 días después de la exposición. Respirar altos niveles de óxidos de nitrógeno puede rápidamente producir quemaduras, espasmos y dilatación de los tejidos en la garganta y las vías respiratorias superiores, reduciendo la oxigenación de los tejidos del cuerpo, produciendo acumulación de líquido en los pulmones y la muerte. El contacto con la piel o los ojos puede producir quemaduras.

Se desconoce si la exposición a dióxido de nitrógeno puede afectar la reproducción en seres humanos.

Los asmáticos son especialmente sensibles a los efectos del NO₂, se ha encontrado que el 70% de los asmáticos responden a concentraciones

más bajas que las personas sanas ($90\text{-}560\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$ ($0,05\text{-}0,3\text{ ppm}$) frente a mayor de $1880\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$ (1 ppm) en personas sanas).

Se ha comprobado que se necesitan concentraciones superiores a $1880\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$ (1 ppm) para producir daños en adultos sanos. Estas concentraciones son muy elevadas, por lo tanto, la mayoría de los estudios se han centrado en estudiar los efectos del NO_2 en personas con enfermedades respiratorias preexistentes.

Existen numerosos estudios realizados con personas que sufren asma, enfermedades crónicas obstructoras del pulmón y bronquitis crónicas que han demostrado efectos a bajas concentraciones de NO_2 . Estos efectos son reducción del volumen forzado de expiración o incrementos en la resistencia de las vías respiratorias. Se han encontrado respuestas en la función pulmonar bajo exposiciones de $560\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$ ($0,3\text{ ppm}$) en asmáticos realizando ejercicio moderado.

Es probable que la exposición a los óxidos de nitrógeno afecte a los niños de la misma manera que a los adultos. Sin embargo, no sabemos si los niños tienen diferente susceptibilidad a los óxidos de nitrógeno que los adultos.

Estudios realizados con niños, muestran la aparición de síntomas leves respiratorios en concentraciones promedio de $14\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$ ($0,01\text{ ppm}$).

Un análisis reciente de los efectos en la salud de la contaminación en un proyecto europeo en varias ciudades describió los siguientes resultados:

No se encontró asociación entre las muertes por cualquier causa y los niveles promedio $70\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$ ($0,04\text{ ppm}$) de NO_2 en Lyon (Francia), ni en Colonia (Alemania) con niveles promedio diarios de $45\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$ ($0,02\text{ ppm}$), ni tampoco en París con el mismo promedio diario.

Se encontró un incremento significativo en las admisiones hospitalarias por asma, en París (Francia).

Róterdam mostraba aumentos en las admisiones hospitalarias por causas respiratorias en todas las edades e incrementos más significativos en admisiones hospitalarias en enfermos crónicos con enfermedades obstructivas del pulmón en todas las edades. Las concentraciones registradas fueron de $54\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$ ($0,03\text{ ppm}$) promedio diario.

Valores límite:

Valor límite horario para la protección de la salud humana 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, que no podrán superarse en más de 18 ocasiones por año civil.

Valor límite anual para la protección de la salud humana 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Umbral de alerta: 400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ registrados durante tres horas consecutivas en lugares representativos de la calidad del aire en un área de, como mínimo, 100 km^2 o en una zona o aglomeración entera, tomando la superficie que sea menor.

Efectos del dióxido de nitrógeno a diferentes concentraciones

Concentración de dióxido de nitrógeno	Efecto
14 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0,01 ppm)	Aparición de síntomas leves respiratorios en niños
190 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0,1 ppm)	Cuando se supera esta concentración media en el 40% de los días suele producirse un aumento de la frecuencia de infecciones en vías respiratorias
200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0,11 ppm)	Tras la exposición durante una hora se informó un aumento de reactividad de la vía aérea en varios sujetos expuestos
210 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0,112 ppm)	Umbral del olor
400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0,2 ppm)	Tras la exposición durante dos horas se informó un aumento en la reactividad de la vía aérea en varios sujetos expuestos
470 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0,25 ppm)	Se informó de un aumento en la reactividad de la vía aérea no específicos en asmáticos

560 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0,3 ppm)	Se ha observado respuestas en la función pulmonar bajo exposiciones a esta concentración en asmáticos realizando ejercicio moderado
600 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0,32 ppm)	Tras la exposición durante 30 minutos se informó de que potenciaba los broncoespasmos inducidos por el ejercicio y la reactividad de la vía aérea a la provocación de aire frío en asmáticos
900 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0,5 ppm)	Tras la exposición durante una hora se informó de un aumento en la reactividad de la vía aérea en sujetos normales
1.080 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (1 ppm)	Se ha comprobado que se necesita superar esta concentración para producir daños en adultos sanos
18.800-37.600 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (10-20 ppm)	Ligeramente irritante
37.600 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (20 ppm)	IDLH (Inmediatamente peligroso para la vida y la salud; 30 minutos)
$\geq 282.300 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (≥ 150 ppm)	Se ha informado de muerte por edema pulmonar
327.400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (174 ppm)	Se ha pronosticado que debería producirse un 50% de mortalidad durante una exposición de una hora

Recomendaciones:

Debido a que la ruta más probable de exposición al dióxido de nitrógeno es respirar aire contaminado, se debe tratar de limitar las actividades al aire libre durante los períodos de mayor contaminación.

Las personas con dificultades respiratorias deben prestar una atención especial a estas advertencias.

En los episodios de alta contaminación por dióxido de nitrógeno, la ventilación de las viviendas debe ser la mínima e igualmente los procesos de combustión dentro de las viviendas.

Las familias que usan cocinas o calentadores de gas, o que fuman pueden limitar la exposición a los óxidos de nitrógeno permitiendo de vez en cuando la circulación de aire fresco dentro de las viviendas.

Bibliografía:

International Labour Organization (ILO). International Occupational Safety and Health Information Centre (CIS). International Chemical Safety Cards [Geneva, Switzerland]

The National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). Documentation for Immediately Dangerous to Life or Health Concentrations (IDLH) [Atlanta, USA]

U.S. National Library of Medicine (NLM). Hazardous Substances Data Bank (HSDB) [Maryland, USA]

U.S. National Library of Medicine (NLM). Integrated Risk Information System (IRIS) [Maryland, USA]

U.S. National Library of Medicine (NLM). International Toxicity Estimates for Risk (ITER) [Maryland, USA]

CANUTEC. Emergency Response Guidebook 2004 [Canada]

SO₂

El dióxido de azufre es un gas incoloro de olor acre y penetrante. Bajo presión es un líquido y se disuelve fácilmente en agua. No es inflamable.

En el aire se origina principalmente de actividades tales como quema de carbón o aceite en centrales eléctricas o de la fundición del cobre. En la naturaleza, el dióxido de azufre puede ser liberado al aire en erupciones volcánicas.

Las concentraciones que se encuentran normalmente al aire libre varían entre 0 y 2.600 µg/m³ (0 y 1 ppm)

La permanencia de una sustancia tóxica en el aire no siempre conduce a una exposición. Únicamente se está expuesto a una sustancia cuando se entra en contacto con ella. Se puede estar expuesto al inhalar, comer o beber la sustancia, o por contacto con la piel.

Cuando se está expuesto al dióxido de azufre, hay muchos factores que determinan si afectará adversamente. Estos factores incluyen la dosis, (la cantidad), la duración (por cuánto tiempo) y de la forma como entró en contacto con esta sustancia. También se debe considerar las demás sustancias químicas a las que se está expuesto, edad, sexo, dieta, características personales, estilo de vida y condición de salud.

La ruta principal de exposición al dióxido de azufre es al respirar el aire que lo contiene. Pero también se puede estar expuesto a través del contacto de esta sustancia con la piel.

Efectos en la salud:

Al respirar aire que contiene dióxido de azufre, éste pasa al interior del cuerpo a través de la nariz y los pulmones. Llega fácil y rápidamente a la corriente sanguínea a través de los pulmones. Una vez dentro del cuerpo, se degrada a sulfato y es excretado en la orina.

Los estudios realizados en animales expuestos al dióxido de azufre han descrito efectos respiratorios similares a los observados en seres

humanos. La exposición de cobayas a niveles bajos ($2.600 \mu\text{g}/\text{m}^3$ -1 ppm-), alteró el ritmo respiratorio haciendo la respiración menos profunda. La exposición a concentraciones más altas produce síntomas más graves, tales como disminución de la frecuencia respiratoria, inflamación o infección de las vías respiratorias y destrucción de áreas del pulmón.

Las personas asmáticas que hacen ejercicios físicos son susceptibles a los efectos respiratorios de concentraciones relativamente bajas ($650 \mu\text{g}/\text{m}^3$ -0.25 ppm-) de dióxido de azufre.

La mayoría de los efectos de la exposición en adultos (por ejemplo, dificultad para respirar, alteración del ritmo respiratorio, y ardor de la nariz y la garganta) también es probable que se produzcan en niños, pero se desconoce si los niños son más susceptibles que los adultos.

Pero los niños pueden estar expuestos a cantidades de dióxido de azufre mayores que los adultos porque inhalan más aire por unidad de peso corporal que los adultos. Además los niños hacen ejercicio con más frecuencia que los adultos. El ejercicio aumenta la frecuencia respiratoria, por lo que cuanto más dióxido de azufre penetra en los pulmones el efecto es mayor. El estado de salud de las vías respiratorias de la persona y no la edad determinan la susceptibilidad a los efectos de respirar dióxido de azufre. Esto significa que los adolescentes con buena salud (entre 12 y 17 años) no son más susceptibles a los efectos de respirar dióxido de azufre que personas de edad con buena salud.

Se sabe que las personas asmáticas que realizan ejercicio son susceptibles a bajas concentraciones. Por lo tanto, se espera que los niños asmáticos sean más susceptibles. Además, el asma aparece con mayor frecuencia, en niños entre 8 y 11 años de edad, y en personas que viven en áreas urbanas.

Estudios de larga duración de grupos numerosos de niños han sugerido posibles asociaciones entre la contaminación con dióxido de azufre y síntomas respiratorios o dificultad para respirar. Los niños expuestos a contaminación con dióxido de azufre pueden desarrollar más problemas respiratorios a medida que crecen, pueden tener que visitar con más frecuencia al servicio de urgencias a causa de episodios de respiración jadeante, y pueden contraer más enfermedades respiratorias que lo que es típico en niños de su edad.

Valores límite y umbral de alerta:

Valor límite horario para la protección de la salud humana es de $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$, valor que no podrá superarse en mas de 24 ocasiones por año civil.

Valor limite diario para la protección de la salud humana es de $125 \mu\text{g}/\text{m}^3$, valor que no podrá superarse en mas de 3 ocasiones por año civil.

Umbral de alerta es de $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$, registrados durante tres horas consecutivas en lugares representativos de la calidad del aire en un área de, como mínimo, 100Km^2 o en una zona o aglomeración entera, tomando la superficie que sea menor.

Efectos del dióxido de azufre a diferentes concentraciones

Concentracion de dióxido de azufre	Efecto
$520 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (0,2 ppm)	Los individuos normales y asmáticos (leves, moderados, graves) y atópicos más sensibles mostraron un aumento significativo de la resistencia específica de la vía aérea (sRaw), pero no clínicamente significativos debido a que no había síntomas respiratorios.
$1,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.00053 ppm)	Concentración en aire asociadas con un aumento del riesgo para toda la vida por leucemia de 1/100.000
$655 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (0,25 ppm)	Voluntarios con asma leve sometidos a ejercicio moderado y expuestos durante 75 minutos no mostraron aumento considerable de la sRaw
$1.050 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (0,4 ppm)	Individuos asmáticos de moderados a graves mostraron después de una exposición de 55 minutos aumentos significativos de la sRaw y de los síntomas respiratorios.
$1.300 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (0,5 ppm)	Individuos asmáticos leves sometidos a ejercicio y expuestos durante 75 minutos mostraron aumento significativo de la sRaw.

1.570 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0,6 ppm)	Individuos asmáticos atópicos mostraron después de una exposición de 15 a 55 minutos aumentos significativos de la sRaw y de los síntomas respiratorios.
2.620 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (1 ppm)	Individuos asmáticos leves sometidos a ejercicio y expuestos durante 75 minutos mostraron aumento significativo de la sRaw.
3.200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (1 ppm)	Aparición de casos de leucemia en exposiciones de 40 años
5.240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (2 ppm)	Individuos sanos sometidos durante 30 minutos y realizando ejercicio continuo no mostraron cambios en pruebas de función pulmonar.
7.900-13.000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (3-5 ppm)	Detección del olor
16.000-31.000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (6-12 ppm)	Puede causar irritación nasal y de la garganta.
26.000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (10 ppm)	Se puede observar irritación en las vías respiratorias superiores y posibles hemorragias nasales.
52.000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (20 ppm)	Puede causar irritación en los ojos
131.000-262.000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (50-100 ppm)	Se puede observar irritación grave de los ojos, garganta, tracto respiratorio inferior y lagrimeo, que pueden ser tolerados durante 30 - 60 minutos.
262.000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (100 ppm)	IDLH (Inmediatamente peligroso para la vida y la salud; 30 minutos)
1.049.000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (400 ppm)	Concentración mínima letal en aire durante una exposición de 1 minuto.

Recomendaciones:

Debido a que la ruta más probable de exposición al dióxido de azufre es respirar aire contaminado, se debe tratar de limitar las actividades al aire libre durante los períodos de mayor contaminación. Aunque los niveles de dióxido de azufre en el aire son normalmente más altos durante los meses de invierno, se ha demostrado que la exposición

de los seres humanos es más alta durante los meses de verano. Esto se debe seguramente a que la gente disfruta de actividades al aire libre durante los meses de verano y abre las ventanas para ventilar sus hogares.

Las personas con dificultades respiratorias deben prestar una atención especial a estas advertencias. Además, las personas asmáticas deben limitar el ejercicio al aire libre cuando los niveles de dióxido de azufre en el aire sean altos.

En los episodios de alta contaminación por dióxido de azufre, la ventilación de las viviendas debe ser mínima.

Bibliografía:

International Labour Organization (ILO). International Occupational Safety and Health Information Centre (CIS). International Chemical Safety Cards [Geneva, Switzerland]

The National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). Documentation for Immediately Dangerous to Life or Health Concentrations (IDLH) [Atlanta, USA]

U.S. National Library of Medicine (NLM). Hazardous Substances Data Bank (HSDB) [Maryland, USA]

U.S. National Library of Medicine (NLM). International Toxicity Estimates for Risk (ITER) [Maryland, USA]

Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). ToxFAQs™ [Atlanta, USA]

03

El ozono es un gas incoloro e irritante, compuesto por tres átomos de oxígeno, más denso que el aire, es un oxidante fuerte y ataca por tanto a la materia orgánica. Produce un efecto irritante en los ojos y en el tracto respiratorio y puede desencadenar reacciones asmáticas. Igualmente puede causar efectos en el sistema nervioso central, dando lugar a dolor de cabeza y alteraciones de la vigilancia y la actuación.

El ozono de la troposfera es un contaminante secundario y es formado por reacciones fotoquímicas impulsadas por la acción de la luz ultravioleta al actuar sobre los óxidos de nitrógeno (contaminación producida por los vehículos) y los compuestos orgánicos volátiles (gasolineras y fábricas).

Efectos en la salud:

Los efectos del ozono en la salud humana han sido estudiados durante más de 30 años. El sistema respiratorio es el principal blanco de este contaminante oxidante. Las respuestas del tracto respiratorio inducidas por el ozono incluyen reducción en la función pulmonar, empeoramiento de enfermedades respiratorias pre-existentes (como asma), incremento en admisiones diarias al hospital y visitas al departamento de emergencias por causas respiratorias y mortalidad excesiva. El grado de empeoramiento de los efectos producidos por el ozono depende de varios factores incluyendo la concentración y la duración de la exposición, características del clima, sensibilidad individual, enfermedades respiratorias pre-existentes y estatus socioeconómicos.

La actividad física y la sensibilidad individual son factores para determinar los efectos adversos del ozono en la salud. Cuatro grupos de personas son particularmente sensibles al ozono cuando son activos al aire libre: niños, adultos sanos haciendo ejercicios al aire libre, gente con enfermedades respiratorias preexistentes y los ancianos. Los niños y adultos sanos son más sensibles al ozono cuando realizan sus actividades al aire libre porque la actividad física causa que las personas respiren más rápido y más profundo, permitiendo una penetración más profunda del ozono en los pulmones y produciendo lesiones. Además, los niños tienen

un alto riesgo de exposición al ozono porque pasan largos períodos de tiempo al aire libre envueltos en actividades enérgicas.

Otro factor que incrementa los efectos adversos del ozono es el estatus socioeconómico. Es menos probable que gente de bajos ingresos cuenten con unidades de aire acondicionado y por lo tanto es más probable que mantengan las ventanas abiertas durante los meses de verano cuando los niveles de ozono son más altos. Las diferencias entre las áreas de residencias, también están relacionados a el estatus socioeconómicos, pueden afectar las probabilidades de ser expuesto a concentraciones de ciertos contaminantes en el aire, en sus niveles más altos.

El tiempo también juega un papel muy importante en la relación entre la contaminación con ozono y la salud. Las condiciones meteorológicas influyen en los procesos químicos y físicos envueltos en la formación de ozono. En un estudio realizado en Bélgica durante el verano, se asumió que la temperatura ambiente combinada con altas concentraciones de ozono fueron las causas en el importante exceso de mortandad. En otro estudio en Nueva Jersey se observó una relación marcada entre las concentraciones de ozono en el verano y las visitas al departamento de emergencia a causas del asma.

Dos de los factores más importantes son las concentraciones de ozono y la exposición. Numerosos estudios epidemiológicos muestran la relación entre efectos en la salud y niveles específicos de ozono. La EPA ha obtenido información sobre los efectos en la salud a través de investigaciones, estudios comparando estadísticas de salud y niveles de ozono en las comunidades y estudios controlados de voluntarios humanos

Para valores de entre 0 y 180 $\mu\text{gr}/\text{m}^3$:

La actividad física y la sensibilidad individual son los factores para determinar los posibles efectos adversos en la salud.

Cuando dentro de este rango aparecen valores elevados, si se realizan actividades físicas al aire libre, niños, jóvenes y adultos sensibles tienen el riesgo de sufrir una débil reducción de su función pulmonar. Para los valores próximos a 180 $\mu\text{gr}/\text{m}^3$, las personas sensibles pueden sufrir probablemente irritación de las mucosas de los ojos, nariz y garganta.

Para valores de entre 180 y 240 $\mu\text{gr}/\text{m}^3$:

La actividad física y la sensibilidad individual son los factores para determinar los efectos adversos en la salud.

Cuatro grupos de personas son especialmente sensibles al ozono cuando realizan actividades al aire libre: niños, adultos sanos haciendo ejercicios físicos intensos, personas con enfermedades respiratorias y cardiovasculares preexistentes y ancianos.

El ozono nos hace más vulnerables a las alergias. Si hay niveles altos, de ozono, es recomendable evitar el contacto con sustancias o animales que nos las puedan ocasionar.

Por ello se recomienda:

A las personas sensibles, tales como niños, ancianos, personas con enfermedades respiratorias y cardiovasculares, deberán evitar cualquier esfuerzo físico y los deportes al aire libre.

Existe la probabilidad de irritación de las mucosas. En caso de actividades físicas en el exterior, es previsible una reducción del 5 al 10% de la función pulmonar de niños, jóvenes y adultos sensibles.

Para valores de 240 $\mu\text{gr}/\text{m}^3$:

La toxicidad del ozono se caracteriza por una serie continua, en la cual concentraciones más altas, duración más larga de la exposición, y mayores niveles de actividad de la persona durante la exposición, causan mayores efectos.

Estos factores expuestos junto con la sensibilidad individual determinan los efectos adversos en la salud.

Cuatro grupos de personas son particularmente sensibles al ozono cuando realizan actividades al aire libre: niños, adultos sanos haciendo ejercicios físicos intensos, personas con enfermedades respiratorias y cardiovasculares preexistentes y ancianos.

El ozono nos hace más vulnerables a las alergias. Si hay niveles altos de ozono, es recomendable evitar el contacto con sustancias o animales que nos las puedan ocasionar.

Por ello se recomienda:

La población en general debe evitar los ejercicios físicos de larga duración al aire libre.

Evitar los contactos con sustancias (polvo o polen) o animales que nos puedan ocasionar alergias.

Aunque una estancia normal al aire libre, durante periodos cortos, no causan daños apreciables en la salud, es posible que en personas sanas y en una larga exposición manifiesten en ocasiones alteraciones respiratorias como tos, molestias en la inspiración, posible disminución en la capacidad de realizar ejercicio físico (la función pulmonar puede reducirse un 15% y en el caso de personas sensibles un 30% o mas), irritación de los ojos, nariz y garganta y dolores de cabeza.

Para valores de 245 a 793 $\mu\text{g}/\text{m}^3$:

En concentraciones de 245 a 793 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, la gente sensible experimenta severos síntomas respiratorios y dificultad para respirar. Estudios recientes en humanos expuestos a estas concentraciones de ozono han demostrado que la función pulmonar es debilitada al hacer ejercicio pesado.

Otro estudio conducido en la Ciudad de México muestra que exposiciones de 333 a 491 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 1-h, incrementa la aparición de síntomas respiratorios tales como tos, flemas, dificultad para respirar y reduce PEFRS entre los niños con asma leve. Además, la exposición a ozono de 589 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 1-h induce inflamación en las vías respiratorias inferiores. Esto es manifestado por el flujo de PMN medido por el lavado broncoalveolar. También, en esta concentración con ejercicio continuo, FEV1 disminuye.

Efectos del ozono troposférico a diferentes concentraciones:

Valores	Descripción de la calidad del aire	Problemas para la salud
0-125µg/m ³	Buena	Probablemente ninguno
126-165µg/m ³	Moderada	Usualmente los individuos sensibles pueden experimentar efectos respiratorios debido al prolongado esfuerzo al aire libre especialmente cuando es extraordinariamente sensible al ozono
166-204µg/m ³	No saludable para grupos sensibles	Miembros de grupos sensibles pueden experimentar síntomas respiratorios (tos, dolor al respirar profundamente)
205-243µg/m ³	Insalubre	Miembros de grupos sensibles tienen más posibilidades de experimentar síntomas respiratorios (tos y dolor agravados),

		reducción de la función de los pulmones.
244-793µg/m ³	Muy insalubre	Miembros de grupos sensibles experimentan síntomas respiratorios severos y respiración débil.

Bibliografía:

Consejería de Sanidad y Consumo - Comunidad Autónoma de la Región de Murcia. [Directorio de Sustancias Químicas Peligrosas. Ozono troposférico](#) [Murcia, España]