



## del aire: gases presentes a bajas concentraciones en ambientes cerrados

Qualité de l'air: présence des gaz á faibles concentrations á l'intérieur des bâtiments  
Air quality: indoor low concentration gases

Vigencia	Actualizada por NTP	Observaciones	
Válida			
ANÁLISIS			
Criterios legales		Criterios técnicos	
Derogados:	Vigentes:	Desfasados:	Operativos: <b>S</b>

### Redactora:

Asunción Freixa Blanxart  
Licenciada en Ciencias Químicas

CENTRO NACIONAL DE CONDICIONES DE TRABAJO

*En la presente nota técnica de prevención se lleva a cabo una revisión de los compuestos químicos que, en forma de gases, son más frecuentemente detectados en el Interior de edificios donde no se realizan actividades industriales. Los compuestos comentados son: óxidos de azufre, carbono y nitrógeno, ozono, cloro, sulfuro de hidrógeno, formaldehído, metilmercaptano y radón.*

## Introducción

La presencia, aun a bajas concentraciones, de los compuestos gaseosos que se comentan a continuación puede afectar el confort e, incluso, la salud de la población expuesta. No se suele adoptar una actitud preventiva al respecto, emprendiéndose acciones para reducir la exposición a los mismos solamente cuando se han detectado efectos asociados a ellos. Precisamente, el desconocimiento de los efectos causados por la exposición prolongada a bajas concentraciones de contaminantes y de una manera especial a las mezclas de éstos, ya que existe la posibilidad de reacciones y efectos sinérgicos de las mezclas presentes, es el mayor inconveniente que presenta el estudio de la exposición a contaminantes en aire interior.

La presencia de estos gases suele estar motivada por actividades o acciones realizadas en el interior del edificio, aunque pueden provenir también del exterior junto con el aire de la ventilación y a través de los cimientos del edificio. Existen, por otro lado, una serie de factores ambientales que pueden modificar de manera importante su concentración y/o sus efectos, como la temperatura y humedad ambientales y, evidentemente, la ventilación.

Finalmente, otro aspecto a considerar es que una parte importante de estos gases son irritantes del tracto respiratorio, por lo que no debe descartarse nunca su asociación a la aparición de respuestas alérgicas en individuos susceptibles.

**Tabla 1: Características fisicoquímicas y organolépticas de estos compuestos**

COMPUESTO	COLOR, SABOR	OLOR, UMBRAL OLFATIVO (mg/m <sup>3</sup> )*	CONCENTRACIÓN DE IRRITABILIDAD (mg/m <sup>3</sup> **)	INFLAMABILIDAD	DENSIDAD ABSOLUTA (g/l)	DENSIDAD RELATIVA (aire)	OTRAS CARACTERÍSTICAS
CLORO	Color amarillo-verdoso	Olor picante, 0,93	9,0	No inflamable	3,21	2,5	–
DIÓXIDO DE AZUFRE	Incoloro, sabor ácido	Olor penetrante, 2,86	5,0	No inflamable	2,92	2,3	A humedad elevada puede formar ácido sulfúrico
DIÓXIDO DE CARBONO	Incoloro	Inodoro	–	No inflamable	1,98	1,5	Se puede considerar gas inerte
DIÓXIDO DE NITRÓGENO	Color pardo	Olor dulzón y cáustico, 0,73	20,0 mg/m <sup>3</sup>	No inflamable	1,97	1,6	Puede provenir de la oxidación del NO. Puede formar N <sub>2</sub> O <sub>4</sub> a concentraciones altas.
FORMALDEHÍDO	Incoloro	Olor sofocante, 0,99	1,5	Inflamable	1,04	0,82	Possible carcinógeno.
METILMERCAPTANO	Incoloro	Olor característico desagradable, 0,003	–	Inflamable	1,23	0,96	Olor muy desagradable, incluso a bajas concentraciones
MONÓXIDO DE CARBONO	Incoloro	Inodoro	–	Inflamable	1,25	0,97	–
OZONO	Incoloro	Olor penetrante y característico, 0,09	2,0	No inflamable	2,14	1,7	Oxidante fuerte, se descompone generando oxígeno monoatómico.
RADÓN	Incoloro	Inodoro	–	No inflamable	9,73	7,6	Gas radiactivo procedente de la desintegración del radio, que, a su vez, proviene del uranio 238. Su presencia es casi siempre detectable. Puede haber exposición al propio gas o a sus descendientes.
SULFURO DE HIDRÓGENO	Incoloro	Olor característico desagradable, 0,01	14,0	Inflamable	1,54	1,2	Olor muy desagradable incluso a concentraciones muy bajas

\* Valor medio de nivel de detección olfativa entre los diferentes valores propuestos para la sustancia. El nivel olfativo de un compuesto con olor se define como la concentración a la cual el 50% de individuos de un jurado de expertos perciben el olor. El jurado se forma por personas que no sean ni poco ni muy sensibles a unas sustancias de referencia y exentas de toda patología que pueda afectar al olfato.

**\*\* Entendiendo por irritantes las sustancias que por contacto breve, prolongado o repetido con la piel o las mucosas pueden provocar una reacción inflamatoria. Los valores de la tabla han sido recogidos por J.H Ruth.**

## Origen

El origen de los contaminantes presentes en el aire interior y, concretamente, de los gases comentados en esta Nota Técnica de Prevención, es muy variado, pudiendo ocurrir que su presencia sea debida a más de un foco. A continuación se comentan brevemente, para cada uno de ellos, los usos y actividades que pueden generarlos.

### Cloro

Utilización directa como desinfectante (en tratamiento de aguas y en piscinas, por ejemplo), blanqueante y lejías de uso doméstico empleadas en exceso o en contacto con ácidos.

### Dióxido de azufre

Utilización de combustibles conteniendo azufre (carbón, madera, gas-oil e, incluso, gases licuados).

### Dióxido de carbono

Combustión de sustancias orgánicas, emisión por motores de combustión interna dentro de edificios (garajes). La principal fuente de producción, sin embargo, suele ser la respiración humana y el fumar.

### Dióxido de nitrógeno

Combustión producida en la utilización de cocinas, estufas, secadoras y quemadores de gas- oil, etc., y en el humo del tabaco. Su generación aumenta con la temperatura de la combustión.

### Formaldehído

Se emplea en plásticos, resinas, colas y barnices. Una inadecuada formulación o una degradación producida por el paso del tiempo son las principales causas de la emisión de este compuesto con posterioridad a su uso. Se encuentra también en el humo del tabaco.

### Metilmercaptano

Se usa como trazador y odorizante de combustibles gaseosos. También puede provenir de la descomposición de compuestos orgánicos conteniendo azufre.

### Monóxido de carbono

Combustión incompleta de materias orgánicas, emisión por motores de combustión interna dentro de edificios (garajes) y el fumar. También puede provenir del exterior por tomas inadecuadas del aire de la ventilación.

### Ozono

Se utiliza para desodorizar, desinfectar y reducir la concentración de monóxido de carbono. Se forma en presencia de luz UV (lámparas, descargas eléctricas y fotocopiadoras).

### Radón

Compuesto radiactivo, proviene de terrenos con rocas con contenido de uranio, infiltrándose en los edificios a través de grietas en los cimientos o directamente de materiales empleados en la construcción. Tiene tres isótopos principales con masas atómicas de 219, 210 y 222 y vidas medias de 3,96 s, 55,6 s y 3,82 días, respectivamente. Por su mayor vida media, el Radón 222 y sus descendientes son las fuentes principales de exposición a este compuesto.

### Sulfuro de hidrógeno

Se libera durante el proceso de descomposición de los productos orgánicos que contienen azufre. Puede penetrar en los edificios por los desagües mal sifonados.

## Efectos sobre el organismo

Los efectos conocidos de los gases comentados sobre el organismo, a bajas y altas concentraciones, se resumen brevemente a continuación.

### Cloro

Es un irritante de las mucosas, detectándose en primer lugar en las oculares. A concentraciones más elevadas puede provocar vómitos y edema pulmonar. Las personas expuestas a largos períodos de tiempo a bajas concentraciones de cloro pueden sufrir cloracné.

### Dióxido de azufre

Es también irritante de las mucosas. Penetra en el organismo por fijación en los líquidos que recubren las membranas del aparato respiratorio, formando ácido sulfuroso y posteriormente ácido sulfúrico. Como acciones tóxicas generales se citan alteraciones del metabolismo proteico y de los carbohidratos, con déficit de las vitaminas B y C y acción sobre el líquido hemático, con formación de metahemoglobina. Aun por debajo de 2 ppm puede desarrollar enfermedades pulmonares e hiperreactividad bronquial en individuos susceptibles. Se le considera un promotor de carcinogénesis.

### Dióxido de carbono

Es un asfixiante inerte (por desplazamiento del oxígeno). No se hallan descritos efectos a bajas concentraciones.

### Dióxido de nitrógeno

Es un irritante del tracto respiratorio superior. A bajas concentraciones puede desarrollar enfermedades pulmonares e hiperreactividad bronquial en individuos susceptibles y en niños de corta edad.

### Formaldehído

Es un irritante de las mucosas, aun a bajas concentraciones. Considerado como sospechoso carcinogénico y mutagénico, su concentración debe mantenerse siempre lo más baja posible.

### Metilmercaptano

Tiene efectos tóxicos parecidos a los del sulfuro de hidrógeno, aunque más leves. A bajas concentraciones sólo presenta disconfort odorífico (olor muy molesto).

### Monóxido de carbono

Se absorbe fácilmente a través de los pulmones para pasar a la sangre y se combina con la hemoglobina para formar carboxihemoglobina e impidiendo el transporte de oxígeno a los tejidos. La acción tóxica primaria de este gas es la asfixiante. Produce efectos sobre el sistema cardiovascular, disminuyendo la capacidad de trabajo en las condiciones de máximo ejercicio, en la población general, pudiéndose producir una agravación de los síntomas en los pacientes con angina de pecho al realizar ejercicio presentando concentraciones del 2,9 al 4,5% de carboxi hemoglobina. La exposición a medias y bajas concentraciones es totalmente reversible.

### Ozono

Es muy irritante del tracto respiratorio. En caso de exposición intensa puede producir edema pulmonar. Exposiciones crónicas a bajas concentraciones provocan bronquitis, bronquiolitis e hiperreactividad bronquial en individuos susceptibles. A concentraciones de 0.1 ppm produce irritación de ojos y a 0.5 ppm se detectan ya efectos adversos agudos.

### Radón y descendientes

Por su actividad radiactiva es cancerígeno, habiéndose comprobado un aumento del riesgo de cáncer de pulmón en la población expuesta. Su concentración debe mantenerse siempre lo más baja posible.

### Sulfuro de hidrógeno

Es un asfixiante e irritante respiratorio. A elevadas concentraciones provoca la muerte inmediata por asfixia, por paralización del centro nervioso regulador de la respiración. A bajas concentraciones sólo presenta disconfort odorífico (olor muy molesto). A concentraciones algo más elevadas, la acción de este gas sobre el órgano olfativo impide la percepción del olor al poco tiempo de la exposición.

## Métodos de análisis utilizados para la determinación de estos gases en aire interior

En las tablas siguientes se resumen las posibilidades analíticas para la determinación de los gases estudiados en el margen de concentraciones habitual en aire interior no industrial, haciendo referencia a los procedimientos que emplean:

- Muestreo activo (con circulación forzada del aire a través del captador por aspiración)

**Tabla 2. Procedimientos analíticos mediante captación activa**

CONTAMINANTE	CAPTACIÓN (TIEMPO, VOLUMEN DE MUESTREO)	PROCEDIMIENTO ANALÍTICO	MARGEN DE TRABAJO mg/m <sup>3</sup>	SENSIBILIDAD mg/m <sup>3</sup>
COLORO	Borboteador (30 min, 20 l)	UV-VIS	0,2 -3	0,1
DIÓXIDO DE AZUFRE	Borboteador (60 min, 60 l)	UV-VIS	0,25-2	0,075
DIÓXIDO DE CARBONO	Bolsa (-)	CG	900-27000	<90
DIÓXIDO DE NITRÓGENO	Borboteador (10 min, 5l)	UV-VIS	0,07-10	0,07
FORMALDEHÍDO	Borboteador (30 min, 30l)	UV-VIS	0,1-2	0,015
METILMERCAPTANO	Borboteador (50 min, 50l)	UV-VIS	0,02-200	0,02
MONÓXIDO DE CARBONO	Bolsa (-)	CG	0,06-1100	0,06
OZONO	Borboteador (30 min, 30 l)	UV-VIS	0,04-0,4	0,01
RADÓN	--	--	--	--
SULFURO DE HIDRÓGENO	Filtro impregnado (30 min, 5 l)	Polarografía	0,2- 11	0,1

- Muestreo pasivo (captación por difusión)

**Tabla 3. Procedimientos analíticos por captación por difusión**

CONTAMINANTE	CAPTACIÓN	PROCEDIMIENTO ANALÍTICO	MARGEN DE TRABAJO mg·h/m <sup>3</sup> (Bq·mes/m <sup>3</sup> , para el radio)	SENSIBILIDAD mg·h/m <sup>3</sup> (Bq·mes/m <sup>3</sup> , para el radio)
DIÓXIDO DE NITRÓGENO	Filtro impregnado con trietanolamina (Palmer)	UV-VIS	1,9-37	0,12
FORMALDEHÍDO	Filtro impregnado con bisulfito sódico	UV-VIS	0,98-88	1,0
RADÓN	Monitor pasivo / Carbón activo	Medidor de rayos α. Sistema de centelleo	15-38	15

- Tubos colorimétricos y monitores específicos disponibles en el mercado

**Tabla 4. Tubos colorimétricos**

CONTAMINANTE	SENSIBILIDAD
CLORO	(0,6 mg/m <sup>3</sup> )
DIÓXIDO DE AZUFRE	(0,3 mg/m <sup>3</sup> )
DIÓXIDO DE CARBONO	(180 mg/m <sup>3</sup> )
DIÓXIDO DE NITRÓGENO	(0,9 mg/m <sup>3</sup> )
FORMALDEHÍDO	(0,24 mg/m <sup>3</sup> )
METILMERCAPTANO	(4 mg/m <sup>3</sup> )
MONÓXIDO DE CARBONO	(2,3 mg/m <sup>3</sup> )
OZONO	(0,1 mg/m <sup>3</sup> )
SULFURO DE HIDRÓGENO	(0,7 mg/m <sup>3</sup> )

**Tabla 5. Monitores específicos**

CONTAMINANTE	TIPO DE MONITOR	SENSIBILIDAD
CLORO	Célula electroquímica	(0,3 mg/m <sup>3</sup> )
DIÓXIDO DE AZUFRE	Célula electroquímica	(0,5 mg/m <sup>3</sup> )
DIÓXIDO DE NITRÓGENO	Célula electroquímica	(0,004 mg/m <sup>3</sup> )
MONÓXIDO DE CARBONO	Célula electroquímica	(1 mg/m <sup>3</sup> )
SULFURO DE HIDRÓGENO	Célula electroquímica	(0,3 mg/m <sup>3</sup> )
DIÓXIDO DE CARBONO	Infrarrojos	(2 mg/m <sup>3</sup> )
RADÓN	Monitor electrostático de difusión y célula de centelleo	(0,4 Bq/m <sup>3</sup> )

## Concentraciones detectadas en ambientes interiores no industriales y valores de referencia

La experiencia adquirida en la determinación de estos gases en ambientes interiores no industriales, así como los valores de referencia propuestos por la OMS (WHO) para su valoración, se resumen en la siguiente tabla:

CONTAMINANTE	MARGEN DE CONCENTRACIONES DETERMINADO	TIPO DE EDIFICIO	VALOR DE REFERENCIA OMS**
CLORO	0,2 -3	Piscinas	–
DIÓXIDO DE AZUFRE	0,04-0,2	Residencia	0,5 (10 min), 0,35 (1 h)
DIÓXIDO DE CARBONO	500-2200	Oficina	–
DIÓXIDO DE NITRÓGENO	0,07-1,8	Residencia	0,4 (1 h), 0,15 (24 h)
FORMALDEHÍDO	0,1-0,15	Oficina	0,1 (30 min)
METILMERCAPTANO	–	–	–
MONÓXIDO DE CARBONO	1-20	Oficina	100 (15 min), 60 (30 min), 30 (1 h), 10 (8 h)
OZONO	0,01-0,08	Oficina con fotocopiadora	0,15-0,2 (1 h), 0,1-0,12 (8 h)
RADÓN	–	–	<100, (1 año)***
SULFURO DE HIDRÓGENO	<1-3	Edificios con laboratorios	0,15 (24 h)

\* ERR es la concentración equivalente de equilibrio de radón según la definición de la OMS.

\*\* Valores de referencia para algunas sustancias no cancerígenas en aire, según la OMS, basados en efectos distintos a molestias sensoriales por olor.

\*\*\* La CEE recomienda (90/143/EURATOM) < 400 Bq/m<sup>3</sup> (concentración media anual) en construcciones actuales y < 200 Bq/m<sup>3</sup> en nuevas construcciones.

## Comentarios

1. La presencia de algunos de estos gases es frecuente tanto en oficinas como en residencias particulares por lo que el número de personas expuestas es elevado.
2. La presencia de formaldehído, proveniente del mobiliario y del material de decoración, es especialmente preocupante por sus efectos irritantes y probable carácter carcinogénico.
3. Algunos de estos gases (dióxidos de azufre y de nitrógeno, ozono y cloro) son irritantes del tracto respiratorio y según diversos estudios epidemiológicos, no debe descartarse nunca su asociación a la aparición de hiperreactividad bronquial en individuos susceptibles.
4. Un aspecto importante a resaltar es la falta de información sobre la presencia habitual de estos gases y de sus posibles efectos a bajas concentraciones, especialmente cuando se encuentran acompañados de otros contaminantes.
5. El cloro es un claro ejemplo de gas al que pueden estar expuestas las personas, tanto adultos como niños, al acudir a las piscinas para la práctica de la natación. El agua de las piscinas es esterilizada por la adición de una mezcla de cloruro e hipoclorito sódico y ácido clorhídrico en cantidades adecuadas, para obtener la concentración deseada de cloro en la misma. La exposición es generada por el paso de cloro al aire, como consecuencia de la agitación producida por los movimientos de los nadadores, especialmente en piscinas cubiertas.
6. No hay que olvidar que una gran parte de los problemas de contaminación interior se solventan con una ventilación que implique una renovación de aire

suficiente para la reducción de la concentración del gas contaminante. Aunque el número de renovaciones/ hora dependerá de la velocidad de generación del contaminante, la Ordenanza laboral recomienda > 6 renovaciones/hora en trabajos sedentarios y >10 renovaciones/hora en trabajos con esfuerzo físico, como es, por ejemplo, el caso de la exposición de los nadadores en las piscinas.

## Bibliografía

(1) AMERICAN CONFERENCE OF GOVERNMENTAL HYGIENISTS (A.C.G.I.H.)  
**Documentation of the threshold limit values and biological exposure indices. 5th Ed.**  
A.C.G.I.H., Cincinnati, Ohio, 1986

(2) BERENGUER M.J. y grupo de trabajo del Síndrome del Edificio Enfermo  
**El Síndrome del Edificio Enfermo: metodología para su evaluación**  
INSHT, Barcelona, 1993 (en prensa)

(3) INTERNATIONAL LABOUR OFFICE  
**Encyclopaedia of occupational health and safety. 3th Ed (revised)**  
OIT, Geneva, Switzerland, 1988

(4) NIOSH  
**Manual of Analytical Methods 3th Ed**  
Cincinnati, Ohio, 1984

(5) ROUSSELIN X. et FALCY M.  
**Le nez, les produits chimiques et la sécurité**  
Cahiers de Notes Documentaires n° 124, 3° trimestre, 1986  
I.N.R.S., Paris, 1986

(6) RUTH, J.H.  
**Odor Thresholds and Irritation Levels of Several Chemical Substances: A Review.**  
Am. Ind. Hyg. Assoc. J. 47 A 142-A 151 (1986)

(7) WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO)  
**Air Quality Guidelines for Europe**  
WHO Regional Publications. European Series, N° 23. Copenhagen, 1987