



# Calidad del aire interior



**osman**  
Observatorio de Salud y  
Medio Ambiente de Andalucía



# Índice

1. Introducción - Justificación .....	5
1.1 ¿Competencia de los Organismos Públicos? .....	6
2. El Riesgo: Evidencia científica de daños a la salud .....	9
2.1. Contaminantes principales .....	11
A. Clasificación de contaminantes del aire interior .....	12
B. Fuentes y producción .....	13
2.2. Efectos sobre la salud .....	15
A. Interacciones y exposiciones múltiples .....	17
B. Enfermedades relacionadas con edificios .....	18
C. Enfermedades alérgicas asociadas con la contaminación interior del aire .....	18
D. Síndrome del edificio enfermo .....	18
E. Síndrome de sensibilidad química múltiple .....	19
F. Susceptibilidad a la contaminación interior .....	19
G. Relación contaminación-enfermedad .....	20
H. Concentración, exposición y enfermedad .....	20
3. Gestión del Riesgo: Protección, Prevención y Promoción de la Salud .....	24
3.1. Introducción .....	24
3.2. Legislación nacional .....	25
3.3. Notas técnicas de prevención del INSHT .....	26
3.4. Normas ISO .....	28
3.5. Iniciativas privadas .....	29
3.6. Programas y proyectos europeo .....	30
3.7. Otros programas .....	45
4. Recomendaciones .....	47
4.1. Introducción .....	47
4.2. Recomendaciones generales .....	48
4.3. Recomendaciones específicas por contaminante .....	54
5. Anexos .....	62
5.1. Anexo I: Documento de la OMS “El Derecho a un aire interior saludable” .....	62
5.2. Anexo II. Principales contaminantes del aire interior. Características .....	64
5.3. Anexo III: Legislación Nacional relacionada con la Calidad del Aire Interior .....	117
6. Bibliografía .....	124



Calidad  
del aire  
interior

# 1

## Introducción

### Justificación

---

El término “calidad del aire interior” se aplica a ambientes de interiores no industriales: edificios de oficinas, edificios públicos (colegios, lugares de ocios, restaurantes, etc.) y viviendas particulares (1). En los últimos años ha cobrado especial relevancia al asociarse al término “síndrome del edificio enfermo” que comprende un amplio rango de síntomas o enfermedades que las personas que trabajan o habitan en dicho edificio atribuyen al edificio en sí.

Es por ello que cuidando la calidad del aire o ambiente interior, se cuida de la salud de las personas que viven o trabajan, en definitiva, que pasan un tiempo considerable en el interior de dicho edificio.

Es además uno de los factores de salud ambiental que tiene una mayor contribución a la carga de enfermedad (2), (3). Según el informe “Medio ambiente y salud” de la Agencia Europea de Medio ambiente, las infecciones agudas del tracto respiratorio inferior atribuibles a la contaminación del aire interior explican el 4.6% de todas las muertes y el 3.1% de AVAD (años de vida ajustados por discapacidad) (4).

Como muestra de la creciente preocupación acerca de los efectos que sobre la salud tiene estos factores, los organismos internacionales como la Organización Mundial de la Salud, la Comisión Europea, y los nacionales, tienen ya legislación, informes y estudios relacionados con la contaminación del aire exterior, y en algunos casos incluyen también apartados específicos y menciones al aire interior a falta de un mayor desarrollo legislativo específico de la materia:

1. La acción 12 del Plan de acción europeo de Medio ambiente y Salud (2004-2010) hace referencia explícita a la mejora de la calidad del aire en el interior de los edificios (5).
2. La Estrategia española de calidad del aire también hace referencia a la calidad del aire interior y lo menciona especialmente dentro del grupo de trabajo de calidad de aire y salud (6).
3. La Organización Mundial de la Salud estima en uno de sus informes (7) que la contaminación ambiental debida a partículas es responsable de 1,4% de todas las muertes en el mundo. La contaminación atmosférica en interiores tendría un efecto aún mayor, especialmente en países en vías de desarrollo (8-10) debido al uso de combustibles fósiles en los hogares para cocinar y calentarse.

En los países desarrollados, la contaminación del aire interior no es tan severa como pueda ser en los países en vías de desarrollo, (debido al escaso uso de combustibles fósiles en las viviendas); sin embargo, la evidencia sugiere que contribuye significativamente al riesgo de efectos adversos sobre la salud respiratoria en niños (11).

Debido a que los factores ambientales constituyen un complejo entramado que interactúa y afectan de forma simultánea y sinérgica sobre la salud, es difícil estimar claramente y por separado la carga de enfermedad debida exclusivamente a contaminación del aire interior.

En países en vías de desarrollo sí se ha estimado la carga de enfermedad debida al extendido uso de combustibles fósiles en los hogares, pero dado el complejo ambiente interior en los países desarrollados, donde dicho tipo de combustibles no se suelen usar pero a cambio se han introducido gran variedad de sustancias químicas, productos de uso doméstico, plaguicidas, ambientadores, limpiadores, además del humo de tabaco y las emisiones del mobiliario y productos usados en la construcción, dichas estimaciones son escasas.

## ¿Competencia de los Organismos Públicos?

Hay argumentos en contra de que los organismos de salud pública de los gobiernos se ocupen de la contaminación en el “hogar”, ya que se dice que los ocupantes son los responsables de la mayoría de las actividades que producen la contaminación del aire interior que ellos mismos

experimentan. La contaminación del aire interior, por este razonamiento no es una externalidad y por ello no hay que destinarla a la sociedad en su conjunto (11-13).

Sin embargo, hay varios problemas con esta argumentación (3):

1. Los gobiernos y otras agencias exteriores tienen un papel claro en investigación y educación para informar a los habitantes de los riesgos ya que éstos solos no están en posición de interpretar dicha investigación.
2. A través de estándares para electrodomésticos, combustibles, productos de consumo, códigos de construcción, fijación de precios, etiquetado y otras medidas, los gobiernos ya ejercen un número de controles acerca de la calidad del aire interior y tienen la responsabilidad de ver que dichos controles representan los riesgos reales.
3. En los hogares no todas las personas tienen la misma oportunidad de expresar sus opiniones. Los niños, por ejemplo, no pueden hacer la clase de valoración necesaria para protegerse ellos mismos y son uno de los grupos más vulnerables. Por ello, deberían aplicarse controles particularmente severos para permitir su protección de cualquier exposición involuntaria a contaminantes del aire interior. Esto incluye exposición en el hogar, las guarderías y las escuelas.
4. La distinción de riesgos como externalidades o no incluirlos en algunos modelos económicos no es congruente con la práctica de la salud pública. Desde el punto de vista de esta disciplina, la tarea es reducir las exposiciones humanas a sustancias peligrosas sin importar su origen o dónde ocurren.

Debe tenerse en cuenta también que la falta de controles de los riesgos que conlleva la exposición a aire interior contaminado tiene grandes consecuencias económicas, tanto en el gasto público sanitario, como en días de trabajo perdidos y costes personales para los individuos.

Por ello, cualquier inversión en desarrollo cuyo objetivo sea la mejora de la salud y el bienestar humanos mediante ambientes interiores más sanos no deberían considerarse como un obstáculo sino que debería compararse con los beneficios que proporciona (3).

## Calidad del aire interior

Además, debido a que la exposición a contaminantes del ambiente interior supone un riesgo para la salud pública, tanto los efectos adversos sobre la salud como los niveles de exposición merecen la atención de políticas públicas, ya que los costes para la sociedad asociados con enfermedades relacionadas con los ambientes interiores son considerables (14).

Los estándares actuales de ventilación no tienen en cuenta la productividad y el aprendizaje (en oficinas y escuelas) y su requerimiento es bastante modesto, ya que se basan en que el aire interior debe ser “aceptable”, esto es, que el grupo más sensible de personas (usualmente el 20%) lo perciban como inaceptable mientras que para el resto sea meramente aceptable (14).

Por este motivo no es extraño que haya estudios que muestren altos porcentajes de personas molestas y que padecen los síntomas del síndrome del edificio enfermo. Estudios recientes muestran que la mejora de la calidad del aire interior en un factor de 2 a 7 comparado con los estándares existentes, incrementa la productividad en oficinas y el aprendizaje en colegios de forma significativa, mientras que disminuye el riesgo de síntomas alérgicos y asma en hogares (15).

# 2

## El Riesgo: Evidencia científica de daños a la salud

---

**P**ara la elaboración de éste informe se llevaron a cabo búsquedas bibliográficas en Pubmed, usando los descriptores MESH correspondientes a “contaminación del aire interior”, “efectos en salud” y a cada uno de los principales contaminantes del aire interior identificados por la Organización Mundial de la Salud (recogidos más adelante). También se revisaron informes y libros de organismos internacionales (Organización Mundial de la Salud, US Environment Protection Agency, European Environment Agency, etc.) y se revisaron las bibliografías de las revisiones y metanálisis encontrados. El ámbito temporal se limitó a los últimos 10 años y del ámbito geográfico se excluyeron los estudios llevados a cabo en países en vías de desarrollo, al presentar éstos una casuística especial por el uso de combustibles fósiles sólidos y madera en el interior de las viviendas para calefacción y cocina, diferente a la que encontramos en países desarrollados.

En el aire interior se encuentra una mezcla de contaminantes procedentes de diferentes fuentes. La mayor parte de estas fuentes se encuentran en el interior, pero es de destacar el hecho de que el aire exterior que entra en la vivienda, puede introducir contaminantes que no se originan en este ambiente, por lo que dicho aire exterior se encuentra reseñado como una de las fuentes de contaminación en el interior. El ambiente interior en cualquier clase de edificio, incluidas viviendas, es un resultado de la interacción entre el sistema del edificio (diseño

## Calidad del aire interior

original y las subsecuentes modificaciones en la estructura y los sistemas mecánicos), las técnicas de construcción, las fuentes de contaminación (materiales de construcción y mobiliario, humedad, procesos y actividades dentro del edificio), los ocupantes del edificio y las fuentes externas (16).

La concentración resultante depende de una compleja interacción de varios factores que afecta a la introducción, dispersión y retirada de los contaminantes (16;17):

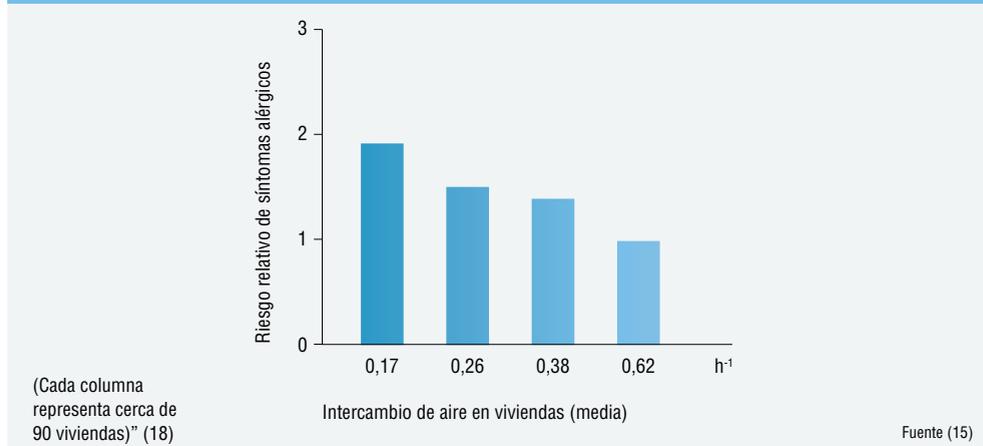
- Tipo, naturaleza y número de fuentes.
- Características de uso de la fuente.
- Características del edificio.
- Tasas de infiltración y ventilación.
- Mezcla de aire entre y dentro de los compartimentos de un espacio interior.
- Tasas de retirada y potencial reemisión o generación por las superficies interiores y transformaciones químicas.
- Existencia y efectividad de sistemas de retiradas del aire contaminado.
- Concentraciones en el exterior.

Diversos estudios señalan que los contaminantes en el aire interior pueden estar en mayor cantidad que los del aire exterior (11;12;17). Hay que tener en cuenta los siguientes factores:

1. Las concentraciones de contaminantes en interiores no se reducen significativamente cuando el aire exterior entra en los edificios (12).
2. Las personas pasan aproximadamente el 90% de su tiempo en espacios interiores (17).
3. Dentro de los edificios se concentran nuevas fuentes de contaminación del aire por los cientos de productos que se utilizan en ellos (17).

Sirva de ejemplo el siguiente gráfico, en el que puede observarse la relación entre la ventilación y el riesgo de sufrir síntomas alérgicos. Al disminuir la ventilación, el riesgo aumenta.

GRÁFICO 1. Tasas bajas de ventilación en viviendas incrementan el riesgo de síntomas alérgicos entre niños



## 2.1. Contaminantes principales

Los principales contaminantes que se encuentran en el aire interior de viviendas, oficinas, locales de ocio, etc. son:

- Monóxido de carbono, CO
- Compuestos orgánicos volátiles, COV
- Dióxido de azufre, SO<sub>2</sub>
- Partículas
- Asbestos
- Ozono
- Contaminantes biológicos
- Productos de uso doméstico
- Óxidos de nitrógeno, NO<sub>x</sub>
- Radón
- Humo ambiental de tabaco

Un factor importante que no constituye en sí mismo un contaminante pero sí está relacionado con la calidad del aire interior y efectos en salud y de gran importancia en Andalucía es:

- Altas temperaturas

## A. Clasificación de contaminantes del aire interior

Tabla “Clasificación de contaminantes del aire interior”

Clasificación de contaminantes del aire interior	
<b>Inorgánicos</b>	Monóxido de carbono, dióxido de carbono, óxidos de nitrógeno, partículas, fibras minerales, ozono, óxidos de azufre
<b>Orgánicos</b>	Compuestos orgánicos volátiles (COVs)
<b>Contaminantes de origen biológico</b>	Virus, hongos, bacterias, ácaros, pelo y caspa de mascotas
<b>Mezclas</b>	Humo ambiental de tabaco, plaguicidas, ambientadores, desinfectantes y otros productos de uso doméstico
<b>Alérgenos</b>	Hongos, mohos, ácaros del polvo, caspa y pelo de mascotas, cucarachas, plantas

La Organización Mundial de la Salud está elaborando una guía de Calidad de Aire interior. La siguiente tabla recoge los factores que influyen y que se tendrán en cuenta en dicha guía:

Tabla “Factores que se incluirán en la guía de calidad de aire interior de la OMS” (19)

Factores que se incluirán en la guía de calidad de aire interior de la OMS		
Grupo A Contaminantes	Grupo B Agentes biológicos	Grupo C Combustiones interiores
Formaldehído	Humedad y hongos	Ventilación de estufas
Benceno	Ventilación natural	Chimeneas
Naftaleno	Ventilación mecánica/forzada	Campanas
Dióxido de nitrógeno	Alérgenos: • de ácaros • de mascotas	Tipo de combustible: • sólido • sólido procesado • líquido • gas • electricidad
Monóxido de carbono		
Radón		
Partículas		
Compuestos halogenados		
Hidrocarburos aromáticos policíclicos, benzo-a-pireno		

### B. Fuentes y producción

#### Fuentes Primarias y Secundarias

De forma genérica podemos distinguir dos tipos de fuentes de contaminantes en el aire interior:

##### FUENTES PRIMARIAS

Son aquellas que generan contaminación debido a su uso o presencia en el interior: uso de combustibles, humo de tabaco, bioefluentes de mascotas, cubiertas de suelos y paredes, pinturas sintéticas, pegamentos, barnices, ceras, plaguicidas, materiales de construcción, (20), aire procedente del exterior (ya que una porción sustancial de la contaminación del aire exterior migra al interior, afectando a su calidad), etc. En general, cualquier producto químico usado o presente en el interior es, a priori, una fuente de contaminación. Como producto químico se entiende cualquier producto de uso doméstico como los arriba mencionados.

La tasa de intercambio de aire es actualmente 10 veces menor de lo que era hace 30 años con el consiguiente incremento en humedad y en los niveles de contaminantes interiores y alérgenos aéreos (16) (los edificios se han hecho más eficientes en la conservación de la energía a costa de disminuir el intercambio de aire con el exterior).

- **Humo de tabaco:** En Europa el humo ambiental de tabaco permanece como el contaminante más importante (21). En la mayor parte de la literatura científica es tratado tanto como contaminante en sí mismo y como fuente de otros contaminantes (monóxido de carbono, benceno, óxidos de nitrógeno y azufre, etc.).
- **Agua y humedades:** Contribuye a la presencia de mohos, hongos, etc. y por tanto a la producción de alérgenos aéreos y proliferación de bacterias (la Legionella es un ejemplo).
- **Materiales de construcción y mobiliario:** Constituyen una fuente de compuestos orgánicos volátiles como el formaldehído (maderas aglomeradas) y otros compuestos (asbestos, etc.).
- **Uso de combustibles fósiles:** El uso doméstico de combustibles fósiles para calefacción y cocina constituye una importante fuente de exposición a partículas y compuestos orgánicos peligrosos, tales como hidrocarburos aromáticos policíclicos (21).

## Calidad del aire interior

- **Uso de productos químicos domésticos:** en el hogar se emplean innumerables productos químicos para la limpieza, desinfección, ambientadores y fragancias, plaguicidas, adhesivos, pinturas, selladores, aislantes, etc.
- **Control de plagas:** ya sea doméstico o realizado por profesionales, es una fuente de contaminación química en la vivienda.
- **Calefacción, ventilación y aire acondicionado:** un inadecuado mantenimiento o instalación puede dar lugar a polvo, suciedad o crecimientos microbiológicos en los conductos y otros lugares de los circuitos, originando partículas, bacterias, etc. Un mal diseño e instalación de las tomas de aire puede introducir aire “sucio” en el interior.
- **Aire contaminado procedente del exterior:** introduce partículas, humos, polvo, gases procedentes de contaminantes industriales y vehículos, además de los naturales como polen, ácaros, y esporas fúngicas (22).
- **Gases procedente del suelo:** el radón es el principal, aunque pueden producirse también infiltraciones de contaminantes procedentes de usos anteriores del suelo y plaguicidas (22).
- **Actividades de redecoración, remodelación y reparación:** actividades como el pintado, impermeabilización, aislamiento, uso de adhesivos y otros productos e introducción de nuevo mobiliario no sólo introducen contaminantes sino que pueden generarlos, por ejemplo debido al manejo inadecuado de materiales que contienen asbestos.
- **Condiciones no sanitarias:** un inadecuado mantenimiento y limpieza de la vivienda da lugar a condiciones que favorecen la acumulación de contaminantes.
- **Suministros:** de especial importancia en el ambiente interior de edificios destinados a oficinas, hospitales, etc. La contaminación se origina por el uso de productos como disolventes, toners o tintas para impresoras, desinfectantes, etc.
- **Individuos:** olor corporal, cosméticos, incremento de dióxido de carbono.
- **Eventos accidentales:** también especialmente importantes en edificios de oficinas, hospitales, laboratorios, etc., debido al manejo y almacenamiento de sustancias químicas peligrosas.

### FUENTES SECUNDARIAS

Son los procesos químicos que transforman los contaminantes emitidos por fuentes primarias dando lugar a otros nuevos (19), que son conocidos como contaminantes secundarios (productos de oxidación, partículas, etc.). Esta “química interior” puede darse tanto en la fase gaseosa o sobre superficies (20) y son un sumidero para los contaminantes interiores y a la vez una fuente de nuevos contaminantes.

## 2.2. Efectos sobre la salud

A continuación se recoge un cuadro resumen de la estimación de la carga de enfermedad según el factor relacionado con el ambiente que la causa, según la Organización Mundial de la Salud.

Estimación de la carga ambiental de enfermedades respiratorias		
Enfermedad	Carga estimada	Causa
Infecciones del tracto respiratorio inferior	Países desarrollados: 20%	Uso de combustibles fósiles sólidos en el interior. Humo de tabaco
	Países en vías de desarrollo: 46%	
EPOC (Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica)	36%	Ambientales y ocupacionales (exposición a polvo y sustancias químicas)
Cáncer de pulmón	66%	Fumar
	9%	Ocupacionales
	5%	Contaminación exterior
	1%	Uso de combustibles fósiles sólidos en el interior
	--	Otros (exposición a asbestos, radón y productos químicos)
Asma (desarrollo y exacerbación)	20% prevalencia	Exposición en interiores a humedad, ácaros del polvo, alérgenos fúngicos

Fuente (23)

Se han documentado efectos de toxicidad aguda o crónica, en relación a la exposición a contaminantes del aire interior. Los primeros van desde efectos leves en el tracto respiratorio alto, como la congestión nasal, estornudos, enfermedades respiratorias agudas, dificultades para respirar, y otros efectos como la conjuntivitis, hasta efectos sistémicos como dolor de cabeza, dificultad para concentrarse, etc. Con respecto a los efectos crónicos adversos, se han documentado desde enfermedades respiratorias crónicas, broncoconstricción, bronquiolitis, diagnóstico de asma, dilatación del corazón, disfunción endotelial, reducción de la capacidad pulmonar, hipersensibilidad bronquial, dolor muscular, convulsiones, secreciones del oído medio, asfixia, enfermedades reproductivas, alteraciones endocrinas, ataques cardíacos, coma, desarrollo de varios tipos de tumores, benignos y malignos, entre otras enfermedades hasta incluso la muerte.

En la base de datos MEDLINE sólo para el tema de la contaminación del aire interior (de acuerdo al descriptor temático MeSH por su sigla en inglés “Medical Subject Headings”) se encuentran más de 6 700 artículos. De ellos 874 se refieren al tema de asma, y 1176 se relacionaron con factores microbiológicos. Cabe destacar que 202 de los documentos publicados trataron de intervenciones. Al realizar una búsqueda sobre las enfermedades y efectos adversos originadas o relacionadas a la contaminación del aire en interiores en seres humanos y citados en este informe, restringiendo sólo a publicaciones en inglés, alemán, francés, italiano, portugués y español se encontraron más de 2090 trabajos, de los cuales más de 410 son publicaciones de revisiones sistemáticas y meta-análisis, y más de 140 corresponden a ensayos clínicos y controlados.

Entre diciembre del 2006 y Junio del 2007, Fuentes-Leonarte (24) y colaboradores, realizaron una revisión sobre los riesgos ambientales y la salud respiratoria de los niños. Realizaron búsqueda de la literatura disponible en las principales fuentes de información biomédica entre 1996 y 2006, recopilando 640 documentos de los cuales el 23% provenían de los EEUU. Informaron que más del 50% de las publicaciones trataban sobre contaminación del aire, de ellos el 50% se refería a contaminación del aire exterior y el 40 % a la contaminación del aire en interiores. El asma fue la enfermedad más estudiada con el 75% de la literatura dedicada, mientras que una tercera parte de esta cantidad provenía de estudios de registros hospitalarios y el 20% de estudios de encuestas, y el principal criterio diagnóstico fue el clínico.

Partiendo de toda esta evidencia actualmente se puede asegurar que existe una relación directa entre la contaminación en interiores y la salud.

Los efectos adversos que se pueden atribuir a la contaminación del aire en interiores pueden ir desde dolencias leves y localizadas, hasta enfermedades más complejas propiciadas por alteraciones en la homeostasis hormonal y que finalmente producen enfermedades relacionadas con alteraciones casi a todos los niveles del sistema endocrino, principalmente cuando las exposiciones alteran en diversos niveles de los ejes reproductivo, adrenal y metabólico.

Así entre otros efectos asociados con el metabolismo por la exposición a la contaminación del aire en interiores se han referido deshidratación, cianosis, incremento de la concentración de carboxihemoglobina, enfermedad pulmonar obstructiva crónica, bajo peso al nacer, baja talla, reducción en la esperanza de vida, estrés por calor, golpe de calor, falta de aliento, fatiga, reducción de la capacidad pulmonar, fluido en el oído medio inmunodepresión y afecciones de oído en la infancia, infiltraciones de los pulmones, lesiones en la pleura, lesiones en pulmón, y carcinogénesis en varios órganos o sistemas.

Se han referido también algunas alteraciones en la capacidad reproductiva de hombres y mujeres, malformación en sus sistemas reproductores y cambios en los niveles hormonales que regulan diversos procesos metabólicos atribuidos a las exposiciones ambientales a contaminantes químicos.

### A. Interacciones y exposiciones múltiples

Los efectos sobre la salud están a menudo relacionados con múltiples exposiciones y múltiples contaminantes y pueden tener lugar de manera puntual en el tiempo o a lo largo de la vida, por lo que es de la mayor importancia su prevención en las ventanas críticas del desarrollo y maduración de los seres vivos.

Por ejemplo, hay estudios que muestran las interacciones entre partículas y otros contaminantes como el ozono que pueden potenciar los efectos sobre la salud de exposiciones simultáneas. Ello constituye un beneficio adicional de las intervenciones destinadas a reducir las exposiciones acumulativas a varios contaminantes, comparadas con aquellas que se centran en una única exposición (14).

### B. Enfermedades relacionadas con edificios

Son enfermedades (como ciertas alergias e infecciones) que pueden ser directamente atribuidas a agentes ambientales presentes en el aire de un edificio (25). La legionella y la neumonitis por hipersensibilidad son ejemplos de que este tipo de enfermedades pueden tener serios efectos, incluso constituir una amenaza para la vida (26).

Los materiales plásticos usados en paredes han sido asociados con un incremento del riesgo de asma (OR 1.5, IC 95% 0.4–6.7), en un estudio realizado en Espoo, Finlandia, incluyendo una cohorte de 2568 niños nacidos entre 1984 y 1989 (27).

### C. Enfermedades alérgicas asociadas con la contaminación interior del aire

Los alérgenos del aire interior se han relacionado con las siguientes manifestaciones alérgicas (16):

- Rinitis con síntomas de fiebre del heno: congestión nasal, goteo nasal, estornudos, conjuntivitis y lagrimeo.
- Asma con dificultades para respirar, opresión torácica y falta de aliento.
- Alveolitis alérgica extrínseca con brotes agudos de fiebre, tos, rigidez del pecho e infiltraciones en los pulmones o desarrollo crónico de tos, falta de aliento e infiltraciones de los pulmones.
- Fiebre, escalofríos, dolor muscular y malestar pero sin efectos respiratorios obvios.

### D. Síndrome del edificio enfermo

El término síndrome del edificio enfermo hace referencia a edificios en los cuales la mayoría de los ocupantes experimentan efectos agudos en la salud y el confort que parecen estar relacionados con el tiempo que pasan en el edificio pero que no pueden relacionarse con ninguna enfermedad específica ni puede identificarse ninguna causa (16;25).

Las quejas pueden ocurrir en una zona particular o en todo el edificio. Las quejas respiratorias, la irritación y la fatiga se asocian con el SEE. Los síntomas que generalmente se atribuyen a la pobre

calidad de aire interior son: dolor de cabeza, fatiga, falta de aliento, congestión nasal, tos, estornudos, irritación ocular, nasal y de garganta, irritación dérmica, mareos y náuseas. Los olores a menudo se asocian con la percepción de una pobre calidad del aire, causen o no síntomas (16;25).

Se ha demostrado la relación entre la mala calidad del ambiente interior de un edificio y particularmente la presencia de partículas con la presencia de los síntomas asociados al síndrome del edificio enfermo. Igualmente se ha documentado la ausencia del Síndrome del edificio enfermo en edificios bien diseñados, ventilados y con un correcto mantenimiento (28).

### E. Síndrome de sensibilidad química múltiple

Un pequeño porcentaje de la población puede ser sensible a productos químicos (incluso a muy bajas concentraciones) en el aire interior. Esta condición, conocida como “sensibilidad química múltiple” es un asunto de controversia. No es reconocida por las organizaciones médicas principales pero la opinión médica está dividida y se necesita más investigación (16). No se puede descartar la ausencia de efectos en otros grupos de menor sensibilidad expuestos también a esos niveles bajos de exposiciones combinadas (29) .

### F. Susceptibilidad a la contaminación interior

Los sujetos que pueden ser particularmente susceptibles a los contaminantes del aire interior incluyen pero no están limitados, a personas con alergia o asma, con enfermedades respiratorias, con el sistema inmune deprimido, y usuarios de lentes de contacto. Otros sujetos pueden ser particularmente vulnerables a ciertos contaminantes o mezclas de contaminantes, por ejemplo, personas con enfermedades del corazón pueden ser más afectados por la exposición a bajos niveles de monóxido de carbono que individuos sanos (16).

Los niños expuestos a humo ambiental de tabaco tienen un mayor riesgo de enfermedades respiratorias y aquellos expuestos a dióxido de nitrógeno tienen un mayor riesgo de infecciones respiratorias. Los síntomas pueden estar limitados a poca gente cuando el contaminante está confinado a su área o bien ser generalizados. Las reacciones pueden diferenciarse en grado y tipo en personas diferentes (16).

Las personas mayores de 65 años pasan más tiempo en el hogar que las jóvenes, lo que resalta la importancia de una buena calidad del aire interior para el mantenimiento de la salud de este grupo de población.

Entre las personas mayores, la exposición a partículas suspendidas respirables y humo ambiental de tabaco está relacionada con un incremento de la ocurrencia de los síntomas respiratorios agudos y una función pulmonar reducida (30).

El uso de purificadores de aire que producen ozono puede empeorar el aire ambiente en lugar de mejorarlo ya que la efectividad de eliminación de contaminantes en fase gas (dióxido de nitrógeno, formaldehído) es baja. Estos purificadores no deberían usarse en hogares, especialmente si hay alguien con asma (31).

Los niños son especiales en muchos aspectos. Por ejemplo, a causa de sus mayores demandas metabólicas relativas, que incrementan su necesidad de agua de bebida y aire para respirar y sus interacciones únicas con el medio ambiente a través de su comportamiento mano-boca, los niños merecen vigilancia y protección especial. El crecimiento a lo largo de la infancia no es sólo físico sino que también incluye el altamente complejo y programado desarrollo del sistema nervioso central, cuyos componentes se comunican entre sí mediante señales químicas. La exposición a plomo incluso a niveles bajos, proporciona un claro ejemplo de cómo el desarrollo es suave pero irremediablemente interrumpido en una etapa vulnerable de la infancia. Los niños están expuestos a muchos productos químicos de uso doméstico que tienen efectos adversos desconocidos para la salud (31).

## G. Relación contaminación-enfermedad

Todo lo que respiramos, aparte de concentraciones aceptables de oxígeno, nitrógeno y dióxido de carbono, puede ser considerado un contaminante. Pero no todos los gases inhalados accidentalmente o partículas de polvo son considerados relevantes para la salud. La enfermedad o condiciones insalubres resultantes de exposiciones nocivas incluyen diferentes enfermedades relacionadas con edificios, afecciones alérgicas, síndrome del edificio enfermo, síndrome de sensibilidad química múltiple, y efectos sólo vistos por personas con una sensibilidad incrementada a la contaminación del aire interior (16).

En algunos casos, la relación causal entre contaminante y enfermedad es inmediatamente evidente, debido al corto período de incubación de la enfermedad (legionella, SARS). En esos casos, la concienciación es generalmente alta y las medidas para contener la enfermedad se toman por los políticos, gestores al menos para la mayor parte de la población.

Desafortunadamente, los sectores más susceptibles de la sociedad, jóvenes, ancianos, embarazadas e inmunodeprimidos, se clasifican como personas con necesidades especiales, junto a gente con una condición crónica, como asma o enfermedad pulmonar obstructiva crónica, en vez de ser considerados como parte de la variación natural de la sociedad. Esta discriminación de personas susceptibles es incluso mayor en el caso de afecciones crónicas relacionadas con edificios, tales como alergia a los ácaros del polvo. En el caso de que el tiempo de incubación de una enfermedad o condición se incrementa, o los efectos sobre la salud sean causados por una exposición prolongada, tal como ocurre con el asma o la enfermedad pulmonar obstructiva crónica, los efectos a largo plazo que conducen a estas condiciones tienden a ser ignorados por los que toman las decisiones y el público general.

Estas condiciones tienden a ser clasificadas como “normales en nuestra región” o “intrínsecamente relacionadas con la edad”, etc. El hecho de que la mayoría de las regiones europeas tengan niveles demasiado altos de ácaros del polvo se considera simplemente una variación climática, aunque en todas las áreas, las intervenciones en edificios puede disminuir las poblaciones de ácaros a niveles higiénicos para la sensibilización y el desarrollo de síntomas, por ello incrementando en gran medida la actual baja calidad del aire (16).

## H. Concentración, exposición y enfermedad

Para comprender la importancia de la pobre calidad del aire en hogares y sus consecuencias sobre la salud, se necesita analizar los efectos de un gran número de fenómenos. Incluyen el tiempo que se pasa dentro del hogar, las diferentes fuentes de contaminantes procedentes de personas, mascotas, actividades del hogar, condiciones interiores apropiadas para el crecimiento de ácaros, hongos e insectos, infiltraciones procedentes del exterior a través del aire o agujeros (plagas de roedores) así como la eficiencia de la eliminación de contaminantes con la ventilación e infiltración de aire. Estos datos se usan para evaluar las concentraciones reales de contaminantes en el aire en viviendas así como la intensidad y duración de expo-

siones nocivas. Subsecuentemente, estas exposiciones cortas o largas pueden conducir a enfermedad (16).

En el informe de 2008 de la Agencia de Protección Ambiental de EEUU (Environmental Protection Agency), en el apartado dedicado a la Calidad del Aire interior y sus efectos sobre la salud humana (2.4) se usan dos indicadores que son el nivel de radón en los hogares y el nivel de cotinina en sangre, como muestra de la exposición a humo ambiental de tabaco (32).

En EEUU, estudios demostraron que en escuelas no se cumplían las tasas de ventilación dadas por las guías mínimas de la ASHRAE, lo que puede relacionarse con incrementos significativos en síntomas entre niños y profesores (33).

A veces se suele atribuir erróneamente a un sólo factor, por ejemplo el consumo de tabaco, la principal responsabilidad de los eventos de salud relacionados con las vías respiratorias, y aunque este sea de los más reconocidos y estudiados agentes causales para el desarrollo de cáncer y de otras problemas como el asma, la hipersensibilidad bronquial, y otras condiciones de las vías respiratorias, como las analizadas en los estudios arriba citados son producto de la combinación de múltiples características que reúnen los individuos que presentan estas enfermedades.

Existen una sólida evidencia científica de la relación entre la exposición a múltiples contaminantes (aún a concentraciones por debajo de los niveles marcados como seguros por la normativa) y determinados problemas de salud (malformaciones, tumores, cáncer, etc.) (29;34;35).

La siguiente tabla recoge los principales contaminantes del aire interior según la evidencia toxicológica actual y su potencial efecto sobre la salud.

## Calidad del aire interior

Tabla “Principales contaminantes del interior, valores guía, mecanismos involucrados según evidencia toxicológica actual y potenciales consecuencias sobre la salud” (36)

Principales contaminantes del interior, valores guía y mecanismos involucrados según la evidencia toxicológica actual y potenciales consecuencias sobre la salud		
Contaminante (media ponderada en el tiempo/tiempo)	Mecanismo	Efectos potenciales sobre la salud
<b>Dióxido de azufre</b> (365 µg/m <sup>3</sup> por 24 h)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Hipersensibilidad bronquial después de exposición aguda, relacionada con partículas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Exacerbación de asma</li> <li>EPOC</li> <li>Enfermedades cardíacas</li> </ul>
<b>PM10</b> (150 µg/m <sup>3</sup> por 24 h)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Inflamación, irritación e hipersensibilidad de las vías aéreas</li> <li>Disminución de la limpieza mucociliar</li> <li>Disminución de la respuesta de macrófagos</li> <li>Disminución de la inmunidad bronquial</li> <li>Disfunción autónoma</li> <li>Actividad procoagulante</li> <li>Estrés oxidativo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Exacerbación de asma</li> <li>EPOC</li> <li>Incremento de infecciones respiratorias</li> <li>Incremento de la mortalidad, incluyendo enfermedades respiratorias y cardíacas</li> </ul>
<b>Ozono</b> (235 µg/m <sup>3</sup> /h)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Inflamación de vías altas y bajas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Deterioro de la función pulmonar</li> <li>Exacerbación del asma</li> </ul>
<b>Dióxido de nitrógeno</b> (200 µg/m <sup>3</sup> por 8 h)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Hipersensibilidad bronquial después de exposición aguda</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Exacerbación del asma</li> <li>Interacción con infecciones respiratorias</li> <li>Disminución de la función pulmonar en niños</li> </ul>
<b>Monóxido de carbono</b> (10 mg/m <sup>3</sup> por 8 h)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Unión con hemoglobina para producir carboxihemoglobina con incremento de hipoxia tisular</li> </ul>	
<b>Formaldehído</b> (0.1 µg/m <sup>3</sup> por 30 min)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Irritación de vías altas y bajas</li> <li>Susceptibilidad a infecciones virales y bacterianas después de exposiciones crónicas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mortalidad perinatal</li> <li>Incremento de la susceptibilidad a infecciones</li> <li>Síntomas neurológicos</li> </ul>

# 3

## Gestión del riesgo: protección, prevención y promoción de la salud

---

### 3.1. Introducción

Hasta la fecha no hay legislación específica sobre Calidad del aire interior aunque sí se empieza a trabajar en el tema, empezando a considerarse la calidad del aire interior en ambientes no laborales como factor determinante de la salud.

Son de destacar las iniciativas europeas Index y SCHER (recogidas más adelante) que trabajan específicamente sobre el aire interior no industrial.

Sí hay una importante base normativa dirigida a los ambientes laborales, que podría tomarse de referencia a la hora de establecer valores límites de exposición, emisión, ambientales, establecer tasas de renovación, etc.

Es importante tener en cuenta que los valores guía que da la legislación laboral no son de aplicación directa a los ambientes interiores no laborales, ya que los tiempos de exposición y de recuperación tras la exposición son diferentes. En algunos casos, el tiempo de recuperación es prácticamente inexistente ya que la exposición al contaminante es continua. En cambio, en el ambiente laboral los valores límite se establecen para una exposición de tan sólo 8 horas al

día. Por ello, los valores laborales necesitan un factor de conversión para su aplicación en los interiores no laborales.

Además de estas normas, de obligado cumplimiento en ambientes laborales, existen Notas Técnicas de Prevención, del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, que no son vinculantes sino una guía para la aplicación y cumplimiento de la normativa. Estas notas técnicas están redactadas no sólo para servir de guía para el cumplimiento de la legislación laboral sino como recomendaciones que se pueden aplicar en ambientes no laborales, que hasta el momento carecen de una regulación específica. A continuación se recogen las principales, con un breve resumen ya que como se explica en la número 243 no se ciñen exclusivamente al ámbito laboral sino que amplían su ámbito al resto de la población (37).

## 3.2. Legislación nacional

A continuación se mencionan los Reales Decretos que tienen que ver con la Calidad del aire interior. En el Anexo II se puede encontrar la legislación más detallada.

1. **Real Decreto 1027/2007 de 20 de Julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE)**
2. **Real Decreto 1054/2002 de 11 de octubre, por el que se regula el proceso de evaluación para el registro, autorización y comercialización de biocidas**
3. **Real Decreto 255/2003 de 28 de febrero, por el que se aprueba el Reglamento sobre clasificación, envasado y etiquetado de preparados peligrosos.**
4. **Real Decreto 865/2003, de 4 de julio, por el que se establecen los criterios higiénico-sanitarios para la prevención y control de la legionelosis.**
5. **Real Decreto 1406/1989, de 10 de noviembre por el que se imponen limitaciones a la comercialización y al uso de ciertas sustancias y preparados peligrosos.**

6. Real Decreto 396/2006, de 31 de marzo, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud aplicables a los trabajos con riesgo de exposición al amianto.

7. LEY 28/2005, de 26 de diciembre, de medidas sanitarias frente al tabaquismo y reguladora de la venta, el suministro, el consumo y la publicidad de los productos del tabaco.

## 3.3. Notas técnicas de prevención del INSHT

### NTP 243: Ambientes cerrados: calidad del aire

Con esta Nota Técnica de Prevención sobre la calidad del aire en los ambientes cerrados se inicia el tratamiento de un problema que no sólo afecta a la población laboral, sino también al resto de la comunidad, ya que está demostrado que el hombre urbano pasa entre el 80 y el 90% de su tiempo en ambientes cerrados, contaminados en mayor o menor grado.

### NTP 289: Síndrome del edificio enfermo: factores de riesgo

Describe la metodología general para diagnosticar e investigar aquellos edificios aquejados de un Síndrome de Edificio Enfermo.

### NTP 290: El síndrome del edificio enfermo: cuestionario para su detección

Propone un modelo de cuestionario, preparado y utilizado por el Grupo de trabajo sobre el Síndrome del Edificio Enfermo del Centro Nacional de Condiciones de Trabajo, y cuya finalidad es recoger la información necesaria sobre las quejas planteadas por los ocupantes del Edificio Patógeno buscando la definición precisa de las mismas, así como su magnitud y distribución. El análisis de los datos así obtenidos permitirá decidir la estrategia de actuación posterior.

### NTP 315: Calidad del aire: gases presentes a bajas concentraciones en ambientes cerrados

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.

### NTP 343: Nuevos criterios para futuros estándares de ventilación de interiores

La función primaria de un edificio en el que se desarrollan actividades de tipo no industrial (por ejemplo, oficinas, escuelas, viviendas, etc.) es proporcionar a los ocupantes un ambiente confortable y saludable en el que trabajar. Esto depende, en gran medida, de que el sistema de ventilación/climatización tenga un diseño, un funcionamiento y un mantenimiento apropiados (ASHRAE).

### NTP 358: Olores: un factor de calidad y confort en ambientes interiores

Describe las fuentes de olores en el ambiente interior, cómo se caracteriza y evalúa un olor y explica los criterios para la valoración de un efecto sensorial.

### NTP 380: El síndrome del edificio enfermo: cuestionario simplificado

Esta nota técnica propone un modelo de cuestionario simplificado que no sólo permite identificar el citado síndrome (edificios en los que el 20% o más de sus ocupantes presentan uno o más de los síntomas característicos), sino también comparar prevalencias o medias de síntomas antes y después de la aplicación de soluciones, antes y después del traslado de los ocupantes a otro edificio/planta o la comparación de varios edificios.

### NTP 431: Caracterización de la calidad del aire en ambientes interiores

En esta NTP se presenta un esquema para efectuar, de forma ordenada y efectiva, una investigación básica de calidad de aire interior (CAI) en un edificio. Para ello se propone un procedimiento que permite relacionar las quejas expresadas por sus ocupantes con la CAI y, también, identificar problemas latentes que aún no se hayan manifestado. No dirigido exclusivamente a trabajadores.

### NTP 466: Calidad del aire: determinación ambiental de formaldehído y medición de su contenido en tableros

La presencia de formaldehído en aire es una de las causas más habituales de una mala calidad del aire interior, sin olvidar sus potenciales efectos nocivos a largo plazo. Esta nota técnica describe sus características y propiedades y los métodos de medición de su contenido en diferentes tipos de tableros.

### NTP 521: Calidad de aire interior: emisiones de materiales utilizados en la construcción, decoración y mantenimiento de edificios

En ella se revisan los diferentes tipos de materiales utilizados con más frecuencia en un edificio con el fin de proporcionar información que permita evaluar su impacto en el medio.

### NTP 549: El dióxido de carbono en la evaluación de la calidad del aire interior

El dióxido de carbono es un gas incoloro e inodoro que se forma en todos aquellos procesos en que tiene lugar la combustión de sustancias que contienen carbono. En ambientes interiores no industriales sus principales focos son la respiración humana y el fumar; aunque los niveles de dióxido de carbono también pueden incrementarse por la existencia de otras combustiones (cocinas y calefacción) o por la proximidad de vías de tráfico, garajes o determinadas industrias. Esta nota técnica describe la metodología para usar el CO<sub>2</sub> como indicador de olor y de la ventilación necesaria.

### NTP 607: Guías de calidad de aire interior: contaminantes químicos

Recoge valores guía de la Environmental Protection Agency estadounidense y de la Organización Mundial de la Salud para ciertos contaminantes químicos frecuentes en el aire interior.

Según el INSHT, las guías deberían ser aplicables a cualquier ambiente interior no ocupacional y servir de ayuda al desarrollo de regulaciones y estándares para los edificios, incluidos escuelas, hospitales y servicios en general.

Estas guías no son de obligado cumplimiento sino que deben ser consideradas como recomendaciones y un valor guía representa un nivel de concentración que, cuando se exceda, aconseje emprender acciones para asegurar su reducción en el local o edificio afectado.

Este valor debería ser considerado como un dato diana que asegure, en la mayoría de circunstancias y para la mayoría de individuos, la ausencia de efectos perjudiciales sobre la salud.

## 3.4. Normas ISO

### UNE 171330: Parte 1: Diagnóstico de calidad ambiental interior

Recoge la metodología para llevar a cabo el diagnóstico de la calidad ambiental interior. Cada una de las fases del proceso de diagnóstico se encuentra desarrollada en el texto, junto a subprocesos e instalaciones que se pueden encontrar. Esta norma fue publicada en Julio 2008.

### UNE 100030IN: Guía para la prevención y control de la proliferación y diseminación de legionela en instalaciones

Se adapta a la legislación vigente sobre Legionella, concretamente al Real Decreto 865/2003.

### UNE 100012: Higienización de sistemas de climatización

Vincula la higiene del sistema de climatización a la calidad del aire interior y establece valores microbiológicos y de contenido en partículas.

Define una serie de Límites de Aceptabilidad en referencia a las instalaciones de aire acondicionado y del aire que manipulan.

### UNE 100713: Instalaciones de acondicionamiento de aire en hospitales

Establece las características que debe tener una instalación de acondicionamiento en hospitales, distinguiendo las necesidades de ventilación en las diferentes zonas (quirófanos, consultas, etc.), tomas de aire exterior, filtros, etc.

## 3.5. Iniciativas privadas

### Programa de certificación de calidad ambiental de interiores, iniciativa de la Federación Española de Empresas de calidad de aire interior (FEDECAI)

Permite calificar a los edificios según posean una calidad de aire interior aceptable diferenciándolos de los que no poseen esta calidad.

Dicho programa establece y analiza la presencia de contaminantes químicos (ozono, formaldehído, VOC, metales, etc.), contaminantes biológicos (mohos, levaduras, bacterias, etc.), contaminantes físicos (iluminación, campos electromagnéticos, ruido, etc.) y de factores de estrés térmico (temperatura, humedad, corrientes aire, etc.). Considera que existe una relación directa entre el correcto mantenimiento higiénico del edificio, en especial la ventilación, y la calidad del aire Interior del mismo.

### American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE)

Establece varias directrices y estándares relacionados con una calidad aceptable del aire interior en edificios residenciales.

### Greenguard Environmental Institute

Ha establecido un programa para la certificación de materiales que no tienen incidencia sobre la calidad de aire interior. En concreto, la denominación utilizada es la de productos de baja emisión.

El programa de certificación es una distinción realizada por expertos independientes y todos los productos o materiales que son aprobados se incluyen en una guía de productos que después se distribuye gratuitamente entre las empresas o personas que están buscando productos con estas características.

El proceso de evaluación de los productos o materiales se realiza en una atmósfera controlada. Se trata de un método que sigue y respeta distintos estándares vigentes en los Estados Unidos.

## 3.6. Programas y proyectos europeos

### Plan de Acción para Europa de Salud y Medio Ambiente de la Infancia (CEHAPE)

El Plan de Acción para Europa de Salud y Medio Ambiente de la Infancia (CEHAPE, en inglés) que ha identificado varias áreas de intervención y contiene cuatro objetivos prioritarios (38):

- Reducir la mortalidad y morbilidad relacionada con las enfermedades gastrointestinales y el saneamiento.
- Reducir las enfermedades respiratorias por contaminación del aire exterior e interior, especialmente la frecuencia de los ataques de asma.
- Reducir el riesgo de enfermedad y discapacidad por agentes químicos peligrosos, agentes físicos (ruido), agentes biológicos y lugares de trabajo peligrosos durante el embarazo, infancia y adolescencia.
- Especial sensibilidad de los niños: La mayor toma de aire por kilo de peso corporal, combinada con la incrementada susceptibilidad de sus pulmones en de-

sarrollo a los contaminantes aéreos, conduce en último lugar a un mayor riesgo de efectos respiratorios, como se puede ver en la documentada mayor incidencia de infección aguda en niños expuestos a mayores concentraciones de contaminantes interiores.

La exposición ambiental de los niños, además de a otros, es particularmente importante a los contaminantes del aire interior. Como medida preventiva se recomienda la regulación y control de los contaminantes del aire tanto exterior como interior.

Ya que los niños pasan la mayor parte de su tiempo en el interior, es más probable que reciban mayores niveles de exposición, incluso para contaminantes con una concentración relativamente baja en el aire. Los niveles de exposición son mayores en condiciones de escasa ventilación.

La morbilidad unida a una pobre calidad del aire interior se observa incluso en las áreas más desarrolladas, debido al humo ambiental de tabaco, sustancias químicas en el mobiliario y materiales de construcción y agentes biológicos tales como mohos.

Altos niveles de contaminantes del aire interior también pueden deberse a altos niveles de contaminantes en el aire exterior. Estos son particularmente comunes dentro de hogares y escuelas próximos a industrias contaminantes y arterias principales con tráfico importante. La calidad del aire interior es de interés también en lugares de trabajo y áreas de recreo.

- Factor de riesgo: contaminación del aire interior.
- Principales riesgos para la salud: incremento de la incidencia y gravedad de desórdenes respiratorios como infecciones agudas del tracto respiratorio inferior, bronquitis, asma, repercusiones adversas en el embarazo, por ejemplo el bajo peso al nacer y malformaciones congénitas. En la vida adulta, efectos tales como enfermedad respiratoria crónica y cáncer pulmonar. Irritación de las mucosas, dolor de cabeza, incomodidad.
- Grupo de edad 0-4 años.
- Carga de la enfermedad:
  - Muertes (% del total) 9845 (4.6)
  - DALYs (% del total) 340 818 (3.1)

### Objetivo regional prioritario III

Dentro del objetivo regional prioritario III, se propone prevenir y reducir las enfermedades respiratorias debidas a la contaminación del aire exterior e interior, consecuentemente contribuyendo a la reducción en la frecuencia de ataques asmáticos para asegurar que los niños puedan vivir en un medio ambiente con aire limpio.

Otra propuesta es alcanzar una reducción sustancial en la morbilidad y mortalidad por desórdenes respiratorios crónicos y agudos en niños y adolescentes mediante:

- El desarrollo de estrategias de calidad del aire interior que tengan en cuenta las necesidades específicas de los niños.
- La implementación de Framework Convention on Tobacco Control, mediante medidas legislativas a través de la redacción y puesta en marcha de las regulaciones necesarias y programas de promoción de la salud que reduzcan la prevalencia del tabaquismo y la exposición de mujeres embarazadas y niños al humo del tabaco ambiental.
- La mejora del acceso a métodos más sanos y seguros de calefacción y cocina así como a un combustible más limpio.
- Aplicar e implementar regulaciones que mejoren la calidad del aire interior, especialmente en hogares, centros de cuidado de niños, con especial referencia a la construcción y materiales de mobiliario.
- Reducción de emisiones de contaminantes del aire exterior relacionados con el transporte y otras fuentes mediante la legislación apropiada y medidas regulatorias que aseguren los estándares de calidad del aire tales como aquellos desarrollados bajo la legislación UE que tengan en cuenta los valores establecidos por la OMS como guía para la calidad del aire para Europa.

En particular, se hace un llamamiento a los fabricantes de coches para equipar los nuevos vehículos de motor diesel con filtros de partículas u otras tecnologías apropiadas para reducir drásticamente las emisiones de partículas y para tal efecto se continuarán desarrollando medidas legislativas y regulatorias así como incentivos económicos.

### Guía para calidad de aire interior – Oficina regional europea de la OMS

La Oficina regional de la OMS en Europa ha recopilado en un libro las guías de la OMS para la protección de la salud pública de los riesgos derivados de una serie de sustancias químicas

presentes en el aire interior: benceno, monóxido de carbono, formaldehído, naftaleno, dióxido de nitrógeno, hidrocarburos aromáticos policíclicos (especialmente benzo[a]pireno) radón, tricloroetileno y tetracloroetileno. Éstas sustancias proceden de fuentes del interior, son conocidas por su riesgo para la salud y a menudo se encuentran en el interior en concentraciones preocupantes para la salud (39).

Son guías dirigidas a profesionales de la salud pública involucrados en la prevención de los riesgos para la salud de las exposiciones ambientales, así como especialistas y autoridades en el diseño y uso de edificios, materiales y productos de uso en el interior. Proporcionan una base científica para establecer estándares de obligado cumplimiento legal (39):

### Benceno

No se puede recomendar ningún nivel de exposición seguro.

### Monóxido de carbono

- Nivel guía 15 minutos: 100 mg/m<sup>3</sup>
- Nivel guía 1 hora: 35 mg/m<sup>3</sup>
- Nivel guía 8 horas: 10 mg/m<sup>3</sup>
- Nivel guía 24 horas: 7 mg/m<sup>3</sup>

### Formaldehído

- Nivel guía: 0.1 mg/m<sup>3</sup> (concentración media 30 minutos)

### Naftaleno

- Nivel guía: 0.01 mg/m<sup>3</sup> (concentración media anual)

### Dióxido de nitrógeno

- Nivel guía: 200 µg/m<sup>3</sup> (media 1 hora)
- Nivel guía: 40 µg/m<sup>3</sup> (media anual)

### Hidrocarburos aromáticos policíclicos

No puede determinarse ningún nivel umbral ya que todas las exposiciones en el interior se consideran relevantes para la salud.

### Radón

No puede determinarse ningún nivel umbral ya que todas las exposiciones en el interior se consideran relevantes para la salud.

### Tricloroetileno

No puede determinarse ningún nivel umbral ya que todas las exposiciones en el interior se consideran relevantes para la salud.

### Tetracloroetileno

- Nivel guía: 0.25 mg/m<sup>3</sup> (media anual)

### Normativa europea de la construcción

El riesgo permisible para la salud de un edificio se trata en la directiva del Consejo 89/106/EEC, que dice que el trabajo de construcción debe ser diseñado y construido de tal forma que no sea una amenaza para la higiene y la salud de los ocupantes y vecinos.

También proclama que esta condición debería ser satisfecha tanto por nuevos como por existentes lugares de residencia. Dado que una parte considerable de la población europea está experimentando actualmente efectos de disminución de la salud relacionados con su vivienda, los estados miembro deberían ser llamados a mostrar los niveles de higiene y salud que la legislación nacional sobre edificación garantiza.

Subsecuentemente se podría empezar una discusión acerca de los niveles requeridos en la unión y la legislación nacional podría ser adaptada para prevenir ácaros y surgimientos de hongos, y para eliminar más eficientemente otros contaminantes del aire interior.

Así, los efectos a largo plazo de una mala calidad del aire interior pueden ser reducidos y la carga social de la enfermedad, disminuida (40).

### Sexto programa de acción europeo

Dentro del apartado de contaminación del aire, se hace mención a la contaminación del aire en el interior de los edificios, es necesario reexaminar los datos de que se dispone actualmente y mejorar la investigación y la información para comprender mejor el problema, establecer las prioridades y evaluar la necesidad de tomar medidas a nivel comunitario.

El problema de la calidad del aire en el interior de los edificios está en parte ligado a la calidad del aire exterior, que será objeto de las medidas generales para la contaminación del aire.

Pero este problema está también relacionado con la liberación de sustancias químicas utilizadas en productos tales como moquetas, colas, pinturas y otros materiales de construcción. A medida que los problemas y las prioridades se vayan definiendo con mayor claridad, convendrá por ejemplo integrar esta problemática en las iniciativas de la Comisión y de los Estados miembros sobre la política integrada de productos y la política comunitaria de productos químicos revisada (41).

### Plan de acción europeo de medio ambiente y salud 2004-2010: SCALE

Acción 12 : Mejorar la calidad del aire en el interior de edificios.

Destacan las propuestas del Plan de acción sobre contaminación del aire en el interior de los edificios, ya que, según pruebas científicas, el impacto sanitario del humo del tabaco presente en el ambiente, por ejemplo, es especialmente evidente en los niños (42).

### Anexos técnicos del Plan 2004

La Comisión ha invitado a la presentación de propuestas de proyectos de concienciación cuyo objetivo sea la contaminación del aire, en particular la contaminación del aire interior y los campos electromagnéticos.

La Comisión tiene la intención de desarrollar trabajos sobre la mejora de la calidad del aire interior. Esto integra exposiciones complejas incluyendo la consideración del humo de tabaco ambiental en edificios en la actual política de salud ambiental y de empleo (lo que debería ser complementado con acciones a desarrollar en el contexto de la política ambiental).

Las acciones relacionadas con el humo ambiental de tabaco son particularmente importantes dada la extensión de la evidencia de un impacto negativo sobre la salud como consecuencia de la exposición. Dichas acciones aquí se construirían directamente sobre el Artículo 8 de la Convención Marco del control del Tabaco (42).

### Recomendación 4 de diciembre 2002 del Consejo: Recomendación sobre la prevención del tabaquismo y el control del tabaco

Incluye (43): El fomento de la restricción del tabaquismo en todos los lugares de trabajo mediante la exploración tanto de mecanismos legales e iniciativas de promoción de la salud

## Calidad del aire interior

a nivel europeo y de estados miembro. A nivel europeo la extensión de la Directiva de carcinógenos puede proporcionar la base para un mecanismo legal dado el creciente consenso internacional de que el humo ambiental de tabaco debe ser clasificado como un carcinógeno de clase 1.

El trabajo conjunto con las autoridades competentes de los estados miembros y otros organismos para alcanzar la plena implementación y refuerzo de la legislación existente.

El desarrollo de redes y guías sobre otros factores que afecten a la calidad del aire interior (humedades/mohos, materiales de construcción, efectos en el interior de la emisiones externas y sus implicaciones sobre la salud) mediante el uso de resultados de investigación y el intercambio de las mejores prácticas.

### [PINCHE - Policy Interpretation Network on Children's Health and Environment](#)

PINCHE estudió contaminantes en el aire interior y exterior, principalmente como desencadenantes de riesgos para el tracto respiratorio.

Dentro de este tema, se estudiaron las alergias y alérgenos pero sólo los alérgenos relacionados con las fuentes humanas (no polen) e inhalables (no alergias alimentarias o de contacto) y la exposición a mohos.

Los plaguicidas fueron estudiados bajo los temas de carcinogenicidad y neurotoxicidad y no bajo el tema de polución del aire.

La exposición a asbestos fue analizada tanto como carcinogenicidad como polución del aire: los efectos carcinogénicos fueron analizados bajo la carcinogenicidad y los efectos respiratorios bajo polución del aire.

Los efectos respiratorios del humo ambiental del tabaco fueron analizados bajo el tema de contaminación del aire y los efectos carcinogénicos y neurotóxicos fueron estudiados bajo los otros temas.

Según PINCHE, se deberán tener en cuenta aquellos ítems que puedan afectar especialmente a los niños por su mayor sensibilidad a los efectos de contaminantes y sustancias tóxicas en

el aire interior y el mayor impacto que dichas sustancias tienen sobre su salud y desarrollo. La legislación respecto a este tema no está desarrollada aunque existe una propuesta de la comisión al parlamento europeo para la redacción de un libro verde sobre el tema de la calidad del aire interior (44).

### European Concerted Action on Indoor Air Quality and its Impact on Man

Actividades dentro del apartado de medio ambiente.

**Medio ambiente y salud:** interacción de los factores de estrés medioambientales con la salud humana, incluidos aspectos como la identificación de fuentes, la investigación de control biológico para la salud relacionada con el medio ambiente, la calidad del aire interior y las relaciones con el medio ambiente en el interior de los edificios, el medio ambiente urbano, las emisiones de los coches y los factores de riesgo emergentes y su impacto; los métodos de evaluación del riesgo integrados para sustancias peligrosas, incluidas las alternativas a los ensayos con animales; la cuantificación y el análisis coste-beneficio de las medidas para contrarrestar los riesgos sanitarios medioambientales, y los indicadores para tareas de prevención.

Por su parte, la Unión Europea (UE), a través del Parlamento Europeo, ha presentado una resolución sobre la calidad del aire en espacios de interior, donde se establece la necesidad de que la Comisión Europea proponga, lo antes posible, directivas específicas que incluyan:

- Una lista de sustancias que deben prohibirse o regularse, tanto en la construcción como en el mantenimiento de edificios.
- Normas de calidad aplicables a los diferentes tipos de ambientes de interior.
- Protocolos de procedimiento para la gestión y mantenimiento de las instalaciones de aire acondicionado y ventilación.
- Normas mínimas para el mantenimiento de edificios abiertos al público.

Muchos compuestos químicos tienen olores y cualidades irritantes a concentraciones que, de acuerdo con los conocimientos actuales, no son peligrosas para los ocupantes de un edificio pero que pueden ser percibidos por un gran número de personas, para las que, por tanto, pueden resultar molestas. Los valores de referencia actualmente utilizados tienden a cubrir esta posibilidad (45).

### Proyecto INDEX – Evaluación crítica del establecimiento e implementación de límites de exposición interiores en la Unión Europea, 2005

El ámbito de INDEX fue identificar las prioridades y evaluar las necesidades de una estrategia comunitaria y un plan de acción en el área de la contaminación del aire interior. Las cuestiones clave tratadas fueron (46):

#### Selección de sustancias químicas del aire interior – Identificación de riesgos

Se usaron los siguientes criterios de selección: sólo compuestos simples, el compuesto debe tener importantes fuentes interiores que dominen la exposición de una fracción significativa de la población y además, deben tener efectos conocidos sobre la salud.

Después de revisar la literatura y establecer dos grupos de trabajo, uno de evaluación de la exposición y otro de la evaluación de la dosis/respuesta, se terminaron seleccionando para una evaluación detallada del riesgo 13 compuestos (formaldehído, monóxido de carbono, dióxido de nitrógeno, benceno, naftaleno, acetaldehído, amoníaco, a-pineno, d-limoneno, m&p-xileno, o-xileno, estireno y tolueno) de los que los cinco primeros se consideraron de alta prioridad.

#### Evaluación de la exposición

Se recogieron datos existentes en la literatura científica e informes de evaluación del riesgo de la UE (RAR).

#### Evaluación dosis/respuesta

Se usó para ello información procedente de la literatura científica, revisiones toxicológicas de organizaciones de salud, documentos de evaluación del riesgo.

#### Caracterización del riesgo y priorización de sustancias

En este paso, se evaluó la incidencia de riesgos a la salud y riesgos sobre la población europea asociados a la exposición interior a sustancias químicas individuales. La evaluación del riesgo está basada en consideraciones científicas y separada de cualquier consideración relacionada con el proceso de gestión del riesgo.

Es necesario establecer límites de exposición siguiendo a exposiciones por inhalación en ambientes interiores tanto a corto como a largo plazo.

Ya que hay múltiples contaminantes en el ambiente interior, es necesario tener en cuenta el factor de incertidumbre en la gestión del riesgo.

La priorización de sustancias químicas se hizo sobre la base de la caracterización del riesgo sobre la salud y se establecieron niveles de exposición derivados de un estudio crítico seleccionado que describiera una toxicología adecuada.

### Recomendaciones y opciones de gestión

INDEX puntualiza que las recomendaciones que propone no protegerán del cáncer por exposición interior ni protegerán a los individuos más susceptibles en cualquier tipo de situación. Las recomendaciones generales pueden aplicarse a la mayoría de contaminantes, tanto de alta como de baja prioridad:

- Uso de prácticas apropiadas de ventilación basadas en estándares bien definidos para ambientes interiores de acuerdo a recomendaciones de organizaciones profesionales relevantes.
- Prohibición de fumar en cualquier espacio interior bajo jurisdicción pública. Concienciación de los riesgos de fumar.
- Desarrollo de códigos de edificación para restringir la construcción de garajes anexos a viviendas y aislarlos adecuadamente.

### Recomendaciones específicas

- **Formaldehído:** Restringir las emisiones de productos de construcción, mobiliario y sustancias química de uso en el hogar y oficinas. Disuadir del uso de productos que lo contengan.
- **Dióxido de nitrógeno:** Las opciones de gestión son la aplicación de los valores guías en el proceso de diseño de la construcción, desarrollar de códigos de construcción, y establecer estándares de ventilación y estándares de equipos y electrodomésticos.
- **Monóxido de carbono:** aplicar los valores guía en el proceso de diseño de la construcción, desarrollar códigos de construcción, y establecer estándares de ventilación y estándares de equipos y electrodomésticos. Requerir inspecciones obligatorias de equipos de combustión. Recomendar sistemas de alarma.

## Calidad del aire interior

- **Benceno:** Las fuentes de benceno no deberían permitirse en el interior, y su contenido en productos de consumo debe ser el más bajo posible.
- **Naftaleno:** restringir el uso de productos que lo contengan.
- **Acetaldehído, Xilenos y tolueno:** aunque no son de prioridad, puede que la nueva información que surja acerca de estos contaminantes cambie dicha situación.
- **Estireno:** se establece un valor guía para exposiciones largas basado en sus efectos neuroconductuales.
- **Sustancias de las que se necesita una mayor investigación en relación a la exposición humana o la dosis/respuesta:** amoniaco, d-limoneno, a-pineno.

Scientific Committee on Health and Environmental Risks – SCHER. Informe preliminar sobre evaluación de riesgo de la calidad del aire interior, 2007

Los diferentes objetivos de SCHER son (47):

1. Identificar una estrategia de evaluación del riesgo que apoye una política sobre calidad de aire interior, teniendo en cuenta los grupos más vulnerables (niños, mujeres embarazadas y personas mayores).
2. Identificar la adecuación de la información disponible y los datos necesarios para completar los vacíos de conocimiento.
3. Considerar los riesgos asociados al uso de ambientadores.
4. Identificar las potenciales áreas de interés en relación a los compuestos identificados por INDEX, al uso de productos químicos domésticos y a la humedad y proliferación de mohos y bacterias en edificios.

Se centra exclusivamente en los ambientes interiores (hogares y edificios públicos) excluyendo la exposición profesional e industrial. Se recogen a continuación las propuestas de SCHER:

1. SCHER recomienda el uso del paradigma básico para la evaluación del riesgo toxicológico (Commission directive 93/67/EEC; Council regulation EEC 793/93; TDG 2003), como apoyo de la política sobre calidad del aire interior.

- Identifica los factores del ambiente interior que pueden afectar al bienestar y la salud: sustancias químicas, radón, partículas, microbios, humedad, mascotas y plagas.
- Establece que la evaluación de la dosis-respuesta es fundamental y recomienda el uso de biomarcadores para su estudio.
- Para la evaluación de la exposición, siempre que no se disponga de datos, se podrán usar modelos validados e información de condiciones locales. SCHER establece la importancia de evaluar los efectos de la exposición por inhalación, además de por otras vías y del uso de biomonitorización para dicha evaluación.
- Para la caracterización del riesgo pueden usarse los valores guía o límite dados por organismos nacionales e internacionales aunque su objetivo no fuera específicamente la exposición a la contaminación del aire interior.
- Debe tenerse en cuenta los grupos vulnerables estableciendo factores de seguridad.
- Efectos combinados: Ya que la exposición en el ambiente interior suele ser a mezclas complejas de sustancias de diferentes fuentes, el enfoque dirigido a sustancias químicas por separado no es aplicable cuando determinados componentes afectan la respuesta de otros.

2. Debido a la privacidad de los hogares, no se recomiendan los estándares obligatorios de calidad de aire interior ya que su monitorización sistemática es difícil y SCHER por tanto recomienda establecer valores guía basados en la salud.

- En cuanto a la necesidad de conocimiento y datos, se recomienda:
- La revisión de los datos existentes sobre contaminantes del aire interior.
- Identificación de las principales fuentes
- Emisión de sustancias químicas de los productos de consumo
- Evaluación, validación y armonización de fuentes interiores y modelos de transporte-destino.
- Recogida de información sobre emisiones dañinas en edificios dañados por el agua.
- Evaluación de las emisiones dañinas de procesos de combustión interior.
- En cuanto a la información relativa a efectos sobre la salud, SCHER señala aquellos aspectos sobre los que se necesita más información tales como: efectos de expo-

siciones combinadas, efectos de microbios y bioaerosoles, contribución de contaminantes interiores a enfermedades respiratorias de los niños, efectos sobre los grupos vulnerables, sustancias que pueden reaccionar con otras en el aire interior, efectos y riesgos de nanopartículas de origen artificial, contribución de partículas finas y muy finas a los efectos adversos sobre la salud, y estudios clínicos controlados en personas con síntomas en edificios dañados por el agua para identificar los microbios más dañinos.

- SCHER no cree necesario la creación de nuevos estándares pero sí la validación y armonización de los existentes.

### 3. Las sustancias que SCHER identifica como de interés son:

- Alta prioridad según INDEX: Formaldehído, monóxido de carbono, dióxido de nitrógeno, benceno y naftaleno.
- Otras: radón, pinturas con base de plomo, humo de tabaco, plaguicidas organofosforados, compuestos orgánicos volátiles, terpenos, nuevos compuestos procedentes de la descomposición de materiales, ftalatos.
- Productos de consumo: velas, ambientadores, pegamentos, limpiadores, mobiliario, etc.

## Conclusiones

- El ambiente interior es un tema complejo en términos de toxicología y evaluación del riesgo sobre la salud, debido a la gran cantidad de tipos de contaminantes y sus posibles efectos combinados.
- La evaluación del riesgo sobre la salud debe hacerse siguiendo los principios que se usan en la UE para la evaluación del riesgo de sustancias químicas ya que es un enfoque basado en la evidencia.
- Los datos de que se dispone para una evaluación del riesgo son en general limitados y se han identificado varios vacíos de conocimiento en la cuestión 2. Además los efectos sobre la salud de los productos generados por reacciones de otros son poco conocidos. Es por ello que SCHER recomienda la producción de datos para hacer factible la evaluación de efectos combinados de contaminantes del aire interior.
- Se recomienda el desarrollo de valores guía basados en la salud para los contaminantes clave y otras guías prácticas en general que ayuden a la gestión del riesgo y la evaluación de todas las fuentes relevantes que se sabe que contribuyen a la contaminación del aire interior.

### Recomendación de la Comisión de 21 de febrero de 1990, relativa a la protección de la población contra los peligros de una exposición al radón en el interior de edificios (90/143/Euratom)

Hace las siguientes recomendaciones a los Estados miembro (48):

1. Que se establezca un sistema adecuado para limitar toda exposición a las concentraciones de radón en el interior de edificios. Que, dentro de este sistema, se preste especial atención a la adecuada información al público y a la respuesta a las preocupaciones de éste.

2. Por lo que respecta a los edificios ya existentes:

- que se utilice un nivel de referencia para el examen de las acciones correctoras que, caso de superarse, deberán prever medidas sencillas, pero eficaces, dirigidas a reducir el nivel de radón;
- que el nivel de referencia corresponda a un equivalente de dosis efectiva de 20 mSv por año, lo que puede considerarse, a efectos prácticos, como el equivalente de una concentración media anual de gas radón de 400 Bq/m<sup>3</sup>;
- que el grado de urgencia de estas acciones correctoras dependa de la medida en que se haya superado el nivel de referencia;
- que cuando se consideren necesarias las medidas correctoras, se informe al público de los niveles de radón a los que está expuesto y de los remedios disponibles para reducir tales niveles.

3. Por lo que respecta a las futuras construcciones:

- que se utilice un nivel de diseño para ayudar a las autoridades competentes en la elaboración de reglamentos, normas o códigos de práctica de la construcción aplicables a los casos en que se pueda superar el nivel de diseño;
- que el nivel de diseño corresponda a un equivalente de dosis efectiva de 10 mSv por año, lo que puede considerarse, a efectos prácticos, como el equivalente de una concentración media anual de gas radón de 200 Bq/m<sup>3</sup>;
- que se suministre información a todos aquellos que participen en la construcción de edificios nuevos, en la medida en que sea pertinente, sobre los posibles niveles de exposición al radón y sobre las medidas preventivas que puedan tomarse.

4. Que cuando se determinen las medidas correctoras o preventivas, se apliquen los principios de optimización de conformidad con las normas básicas de seguridad de la Comunidad.
5. Que, dadas las variaciones diarias y estacionales de los niveles de radón en el interior de edificios, las decisiones sobre protección radiológica se basen, por lo general, en las mediciones medias anuales de gas radón o sus descendientes en edificios afectados, realizadas utilizando técnicas de integración. Que las autoridades competentes velen por que dichas mediciones posean la calidad y fiabilidad adecuadas.
6. Que se establezcan criterios para identificar las características de regiones, lugares y edificios que puedan estar asociados a niveles elevados de radón en el interior de edificios. Que puedan utilizarse niveles de investigación para los parámetros subyacentes (por ejemplo, la radiactividad en el suelo y de los materiales de construcción, la permeabilidad del terreno, etc.) para la identificación de las circunstancias de tales exposiciones.

### Towards healthy air in dwellings in Europe

Proyecto europeo orientado a responder dos preguntas:Cuál es el impacto sobre la salud que tiene una pobre calidad del aire en el hogar y qué medidas pueden tomarse para mejorarla (16).

### European Parliament Pilot Project on Exposure to Indoor Air Chemicals and Possible Health Risks

Proyecto europeo de 2 años de duración sobre calidad de aire interior y posibles efectos sobre la salud. Objetivos:

- Identificar y cuantificar los principales contaminantes del aire en edificios públicos, incluyendo ambientes interiores frecuentados por menores de edad, como colegios y guarderías.
- Identificar las principales fuentes de estos contaminantes en las diferentes áreas interiores.
- Estimar la exposición de la población a dichos contaminantes mientras trabajan o permanecen en dichas áreas, combinado con patrones de actividad en microambientes durante el día.
- Evaluar los posibles efectos sobre la salud debidos a exposición crónica a contaminantes del aire, especialmente en niños.

Una de las principales conclusiones de éste proyecto es que las concentraciones de exposición personal (que dependen de los patrones de actividad de cada persona y del tiempo que pasa en cada microambiente interior) son mayores que las respectivas concentraciones en el interior y el exterior (49).

### 3.7. Otros programas

#### Plan Andaluz de Salud Ambiental

Andalucía es la única comunidad autónoma que cuenta con un Plan específico de salud ambiental. A nivel nacional el Plan Nacional de Salud y Medio Ambiente está aún en fase de elaboración.

El Plan se estructura en áreas temáticas prioritarias, cada una de las cuales con un análisis de situación, objetivos y acciones específicas. Una de dichas áreas es la calidad del ambiente interior, siendo su objetivo la prevención de las enfermedades alérgicas y respiratorias relacionadas con la calidad del aire interior de los edificios (1).

Las acciones específicas son:

- Proporcionar información y recomendaciones sanitarias a la población sobre los factores que pueden afectar a la calidad del aire interior, proporcionando criterios sanitarios para la prevención de los riesgos asociados y estableciendo cauces de colaboración entre las distintas administraciones.
- Mejorar el conocimiento sobre la exposición a contaminantes de ambientes interiores y su impacto en la salud:
- Fomentar la participación de sociedades científicas en la elaboración y guías técnicas y de gestión de los riesgos asociados a los contaminantes de ambientes interiores.
- Realizar estudios sobre evaluación de la calidad del aire ambiente en edificios y locales, en particular sobre la posible presencia de contaminantes químicos y biológicos y sus rutas de exposición en ambientes interiores, priorizando los Centros de Educación Infantil y Primaria de Andalucía.
- Desarrollar procedimientos que permitan valorar el impacto en la salud de los contaminantes químicos del aire interior.

### Environment Protection Agency:

#### IAQ Design Tools for Schools

Programa de la Agencia de Protección Ambiental de EEUU, dirigido a la mejora y el control de la calidad del aire en el interior de las escuelas. Cuenta con una serie de herramientas para evaluar e identificar las fuentes de contaminación y controlarlas (50).

#### Care for Your Air: A Guide to Indoor Air Quality

Guía dirigida a población general con información sobre los principales contaminantes del aire interior, sus fuentes y acciones dirigidas a la mejora de su calidad (51).

#### Alianza para un Aire Interior Limpio

Alianza de más de 300 socios, entre los que se encuentran universidades, centros de investigación, organismos internacionales (Banco Mundial, PNUMA, OMS, OPS, etc.). Su objetivo es la reducción de la exposición a humo procedente de prácticas de cocina y calefacción en el interior de viviendas de todo el mundo.

#### WHO's Programme on Indoor Air Pollution

Programa de la Organización Mundial de la Salud orientado a países en vías de desarrollo, para reducir la carga de enfermedad debida al uso de combustibles fósiles en el interior de las viviendas, que la OMS estima en un 2.7% de la carga global de enfermedad (52).

#### Indoor Air Quality – Washington State Department of Health

Programa del Departamento de Salud del Estado de Washington que cuenta con información específica de cada uno de los contaminantes mayoritarios del aire interior y que ofrece la posibilidad de que la vivienda sea evaluada por un profesional para determinar su estado de salubridad (53).

También cuenta con un programa específico y un manual de Mejores prácticas Calidad de Aire Interior en escuelas, para llevar a cabo durante el diseño, construcción y renovación de una escuela. Éste manual está dirigido al equipo directivo, personal de mantenimiento y administrativo, arquitectos e ingenieros, responsables de salud pública, así como a los estudiantes, padres, asociaciones de padres, etc. (54).

#### Health Canada – Indoor Air Quality

Programa de la Agencia de Salud de Canadá, orientado a población general, con información de los principales contaminantes del aire interior, fuentes, control y mejora de la calidad (55). Cuenta con una página web y guías específicas por contaminante dirigidas a población general y profesionales.

# 4

## Recomendaciones

---

### 4.1. Introducción

Las medidas de control de la calidad del aire interior pueden clasificarse en diferentes tipos, según el factor sobre el que se aplique el control. De forma genérica, para controlar la calidad del aire en interiores, se puede considerar la actuación sobre tres factores:

1. **La fuente de contaminación:** ya sean materiales, productos de uso doméstico, hábitos (fumar, etc.).
2. **El medio de dispersión de los contaminantes:** incrementando la ventilación, eligiendo el método de limpieza más adecuado (algunas aspiradoras incrementan la carga de ácaros en el aire), manteniendo adecuadamente el sistema de ventilación, etc.
3. **El receptor:** limitando la exposición y también evitándola, por ejemplo, cuando se usan plaguicidas, se pinta o se llevan a cabo trabajos de reparación, etc.

SCHER recomienda que cualquier estudio que correlacione la concentración en el aire exterior con efectos sobre la salud tenga en cuenta también el impacto de la exposición interior.

Los siguientes apartados recogen las recomendaciones de los principales programas de calidad del aire interior, tanto generales como específicas por contaminante.

## 4.2. Recomendaciones generales

La siguiente tabla recogida por la NTP 607, resume los valores guía que da la Organización Mundial de la Salud para concentración de contaminantes en el interior, según su efecto en la salud.

Valores guía según la OMS basados en efectos conocidos para la salud			
Compuesto	Efecto sobre la salud	Valor guía ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Tiempo de exposición
Dióxido de azufre	Cambios en la función pulmonar en asmáticos	500	10 minutos
	Aumento de los síntomas respiratorios en individuos sensibles	125	24 horas
		50	1 año
Dióxido de nitrógeno	Ligeros cambios de la función pulmonar en asmáticos	200 (0,1 ppm)	1 hora
		40 (0,02 ppm)	1 año
Monóxido de carbono	Nivel crítico de Carboxihemoglobina < 2,5%	100.000 (90 ppm)	15 minutos
		60.000 (50 ppm)	30 minutos
		30.000 (25 ppm)	1 hora
		10.000 (10 ppm)	8 horas
Ozono	Respuestas de la función respiratoria	120	8 horas

Fuente (56)

### A. Reducción de la exposición

La composición y concentraciones de los diferentes contaminantes en el aire interior varían ampliamente y están influenciadas por las actividades humanas. Ya que no es factible regular todos los posibles escenarios, la mejor manera de llevar a cabo la preven-

ción de los posibles efectos sobre la salud y la protección de las poblaciones sensibles es reduciendo la exposición.

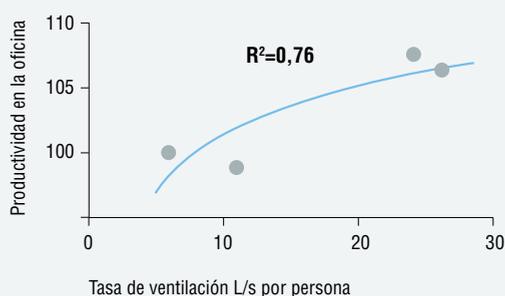
Como consecuencia SCHER recomienda que todas las fuentes relevantes que se conozca que contribuyen a la carga de contaminación en el interior deberían ser evaluadas. Tales fuentes incluyen el humo de tabaco, cualquier llama incluidas velas, materiales de construcción, mobiliario, mascotas y plagas, uso de productos domésticos así como condiciones que conlleven la proliferación de mohos. Los constructores, personal de mantenimiento y habitantes deberían también ser conscientes de que una humedad apropiada reduce las molestias y que una renovación de aire suficiente reduce la acumulación de contaminantes.

### B. Prácticas de ventilación adecuadas

Se recomienda el uso de prácticas apropiadas de ventilación basadas en estándares bien definidos para ambientes interiores de acuerdo a las recomendaciones de organizaciones profesionales relevantes (46).

En cualquier caso, las prácticas de ventilación deben tener en cuenta la contaminación del aire exterior, sobre todo en zonas problemáticas por su cercanía a áreas industriales, áreas de alta densidad de tráfico, etc.

GRÁFICO 2. Tasa de ventilación y productividad (15)



Fuente (15)

### C. No fumar

Esta recomendación podría encuadrarse dentro de la categoría de “Reducción de la exposición” pero como se ha visto en el apartado Fuentes y producción, la combustión de tabaco es una fuente importante de la mayoría de los principales contaminantes del aire interior y por eso se recoge aparte.

El programa INDEX recomienda la prohibición de fumar en todos los espacios interiores bajo jurisdicción pública así como concienciar sobre los riesgos del humo del tabaco y disuadir de fumar en lugares privados, particularmente en presencia de niños.

### D. Uso de refrigeración en áreas geográficas determinadas

Por situación geográfica Andalucía es una de las comunidades españolas que se ve más afectada por las altas temperaturas en verano.

El uso de refrigeración en las viviendas y lugares públicos para evitar consecuencias sobre la salud está especialmente recomendado en ciudades como Sevilla, Granada, Jaén y Córdoba, ya que son las más afectadas.

### E. Desarrollo de medidas específicas en los códigos de construcción

- Restringir la construcción de garajes anexos y aislarlos de las viviendas y lugares de trabajo (cerrando puertas, sellando estructuras y asegurando una diferencia de presiones adecuada entre el garaje y otros espacios interiores).
- Respetar los tiempos necesarios para la dispersión y disminución de los niveles de contaminantes que emanan de los materiales de construcción.
- Usar los productos de aislamiento adecuados y llevar a cabo la instalación de forma correcta.

### F. Promover la investigación sobre calidad de aire interior en viviendas, efectos en salud y prevención

Es una de las recomendaciones específicas del programa THADE (Towards healthy air in dwellings in Europe), que destacamos por su importancia ya que apenas existen estudios sobre calidad de aire interior en viviendas, efectos en salud y prevención.

### G. Recomendaciones del programa THADE

(Towards Healthy Air in Dwellings in Europe, Hacia un Aire Saludable en el Interior de Viviendas en Europa)

**El programa THADE recoge recomendaciones encuadradas en cinco categorías:**

- Mejorar la ventilación.
- Mejorar los métodos de limpieza e higiene.
- Evitar moquetas.
- Control de la humedad para prevenir la acumulación de mohos.
- Control de las fuentes de contaminación, humo de tabaco y emisiones de materiales y productos de consumo.

**Las medidas que recomienda son:**

- Prohibición y evitar fumar en el interior.
- Sistemas de etiquetado para controlar las emisiones de materiales y productos de consumo.
- Mejores códigos de construcción y guías de ventilación y control de la humedad.
- Campañas de educación e información.

THADE recomienda una serie de acciones más específicas para mejorar la calidad del aire en interiores, a distintos niveles: europeo, internacional, nacional, sociedades profesionales y asociaciones de pacientes y profesionales sanitarios):

**Acciones a nivel europeo**

- Acciones para prohibir fumar en lugares públicos y lugares de trabajo.
- Campañas contra el hábito de fumar en casas.
- Mejores códigos de construcción y guías de ventilación y control de la humedad.

## Calidad del aire interior

- Medidas para mejorar el ambiente interior en nuevas construcciones especialmente en cuanto a ventilación y control de la humedad se refiere.
- Medidas para mejorar el ambiente interior en edificaciones ya existentes.
- Desarrollar procedimientos de prueba y etiquetado para limpiadores de aire.
- Restringir las exhibiciones de mascotas en lugares públicos.
- Desarrollar sistemas de control y etiquetado de productos para materiales de construcción, mobiliario y productos de uso domestico en cuanto a emisiones perjudiciales.
- Desarrollar criterios de funcionamiento para aspiradores.
- Desarrollar métodos de prueba de liberación de fibras para lanas minerales.
- Desarrollar métodos de inspección y control de pequeños electrodomésticos de calefacción.
- Promover la investigación sobre calidad de aire interior en viviendas, efectos en salud y prevención.

### Nivel internacional

- Desarrollar una plataforma de websites sobre el tema de aire interior en viviendas para que las diferentes disciplinas que tienen que ver con el tema puedan “comunicarse”.
- Desarrollar criterios para viviendas saludables incluyendo valores limite de contaminantes interiores.
- Desarrollar criterios para hogares y edificios en cuanto a crecimiento microbiano dañino y daño por humedad.
- Campañas contra el hábito de fumar y la exposición a humo ambiental de tabaco.
- Campañas contra la no ventilación y el uso de cocinas de combustión en el interior.

### Nivel nacional

- Campañas contra el hábito de fumar en los hogares.
- Prohibición de fumar en edificios públicos y en el lugar de trabajo.
- Proporcionar salas de fumadores donde el fumar esté todavía permitido.
- Mejores códigos de construcción para nuevas construcciones especialmente en cuanto a ventilación y control de la humedad se refiere.
- Medidas para mejorar el ambiente interior en edificaciones ya existentes.
- Desalentar el uso de electrodomésticos calefactores no ventilados.
- Promover el uso de cocinas eléctricas en vez de cocinas a gas.
- Desarrollar control de productos y sistemas de etiquetado para materiales de construcción, mobiliario y productos de consumo.
- Tomar acciones para limitar la liberación de fibras.

- Campañas para una mejor higiene del hogar.
- Limitar mascotas en el transporte público.
- Restringir mascotas en lugares públicos.
- Desanimar el llevar ropa de exterior en el interior de colegios.
- Evitar combustiones sin ventilación en el interior.
- Incluir la concentración de CO<sub>2</sub> como un indicador de ventilación en los estándares de ventilación.

### Sociedades profesionales

- Campañas contra el hábito de fumar en los hogares.
- Prohibición de fumar en edificios públicos y en el lugar de trabajo.
- Proporcionar salas de fumadores donde el fumar esté todavía permitido.
- Desarrollar métodos efectivos y de confianza para protección contra pólenes.
- Desarrollar procedimientos de prueba y etiquetado de filtros de aire.
- Desalentar el uso de electrodomésticos calefactores no ventilados.
- Promover el uso de cocinas eléctricas en vez de cocinas a gas.
- Promover uso de calefacción central.
- Mejorar la ventilación de edificios existentes.
- Desarrollar control de productos y sistemas de etiquetado para materiales de construcción, mobiliario y productos de consumo.
- Desarrollar criterios de funcionamiento para aspiradores.
- Promover el uso de sistemas centrales de aspirado.
- Promover la limpieza fuera del horario de clase y trabajo.
- Tomar acciones para limitar la liberación de fibras.
- Promover el uso de mobiliario fácil de limpiar en espacios públicos.
- Evitar combustiones sin ventilación en el interior.
- Desarrollar estándares de ventilación y guías que incluyan niveles de CO<sub>2</sub>.
- Desarrollar más los métodos de medida del CO<sub>2</sub> para control de la ventilación.

### Asociaciones de pacientes y profesionales sanitarios

- Campañas contra el hábito de fumar en los hogares.
- Prohibición de fumar en edificios públicos y en el lugar de trabajo.
- Uso de métodos efectivos de limpieza.
- Promover el uso de cocinas eléctricas en vez de cocinas a gas.
- Implementar campañas educativas y de información para una mejor ventilación.

- Promover el uso de aspiradores para disminuir la concentración de polvo en el interior.
- Promover el uso de sistemas centrales de aspiración.
- Promover la limpieza fuera del horario de clase y trabajo.
- Campañas para una mejor higiene del hogar.
- Informar al público acerca de los riesgos y beneficios de tener mascotas de pelo en los hogares.
- Restringir las exhibiciones de mascotas en lugares públicos.
- Evitar combustiones sin ventilación en el interior.
- Promover el uso de materiales de cama a prueba de polvo cuando sea apropiado.

### 4.3. Recomendaciones específicas por contaminante

A modo de resumen, se recogen en una tabla las concentraciones aconsejadas en ambientes cerrados por la OSHA y que también recoge la Nota Técnica de prevención 243 del Instituto de Seguridad e Higiene en el trabajo.

Contaminante	Concentración
Formaldehído	0.1 ppm
<b>Compuestos orgánicos volátiles:</b>	30 - 50 mg/ m <sup>3</sup>
• Tolueno	20 ppm
• Cloruro de metileno	50 ppm
• Benceno	1 ppm
• Acetona	75 ppm
• Estireno	5 ppm
Asbestos	0.02 fibras/cm <sup>3</sup>
Amoníaco	3.5 mg/m <sup>3</sup>
Humo de tabaco	0.1 - 0.15 mg/ m <sup>3</sup>
Tetracloruro de carbono (productos de limpieza)	1 ppm

Fuente (37:57)

### Formaldehído

Es un compuesto químico de alta prioridad según INDEX, que da un nivel de no-efecto estimado en  $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$  como una media de 30 minutos. Un valor guía debería ser lo más bajo como sea razonablemente posible.

- Restringir las emisiones de formaldehído de productos de construcción, mobiliario y productos químicos de uso doméstico y en oficinas.
- Disuadir del uso de productos que contengan formaldehído.

Los valores límite que propone el organismo de salud canadiense Health Canada son para 8 horas:  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (40 ppb) y para 1 hora  $123 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (100 ppb).

Las recomendaciones de la Agencia de protección ambiental estadounidense son:

- Usar productos de aglomerado para exterior, ya que emiten menos formaldehído al contener resinas fenólicas, no de urea.
- Usar aire acondicionado y deshumidificadores para mantener una temperatura moderada y reducir los niveles de humedad.
- Incrementar la ventilación, particularmente después de introducir nuevas fuentes de formaldehído en el hogar.
- La tasa de liberación de formaldehído se acelera por el calor y puede también depender en cierto grado del nivel de humedad. Por ello, el uso de deshumidificadores y aire acondicionado para controlar la humedad y mantener una temperatura moderada puede ayudar a reducir las emisiones de formaldehído. No olvidar drenar y limpiar las bandejas de los deshumidificadores frecuentemente para que no se conviertan en campos de cultivo de microorganismos.
- Incrementar las tasas de ventilación en viviendas también puede ayudar a reducir los niveles de formaldehído en el interior.
- Incrementar la ventilación cuando se usen productos que emitan COVs. Tener en cuenta cualquier precaución recomendada en las etiquetas y no almacenar contenedores de pinturas que no se usen o materiales similares en el interior.
- Al ser uno de los pocos contaminantes del aire interior que puede ser fácilmente medido, puede identificarse la fuente. Si es posible, elimínese, si no, puede ser sellada usando un sellador.

### Dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>)

Es un compuesto químico de alta prioridad según INDEX, que propone valores guía a largo plazo de 40 µg/ m<sup>3</sup> (media de una semana) y un valor a corto plazo de 200 µg/ m<sup>3</sup>.

- Aplicar la guía de concentración en el aire interior durante el proceso de diseño de la construcción.
- Desarrollar códigos de construcción, estándares de ventilación y estándares de equipos/electrodomésticos (diseño, mantenimiento y uso) para que todos los equipos de combustión interna evacuen a chimeneas, conductos de ventilación que conduzcan al exterior.

Los valores límite recomendados por el organismo de salud Health Canada son a largo plazo: ≤100 µg/ m<sup>3</sup> (≤0.05 ppm) y a corto plazo: ≤480 µg/ m<sup>3</sup> (≤0.25 ppm) para concentraciones de una hora.

Las recomendaciones de la Agencia de Protección Ambiental (EPA) estadounidense son:

- Mantener los electrodomésticos de gas adecuadamente ajustados.
- Considerar comprar un calentador ventilado cuando se reemplace uno no ventilado.
- Usar el combustible apropiado en los calentadores de queroseno.
- Instalar y usar un extractor al exterior sobre estufas de gas
- No olvidar abrir el tiro de la chimenea cuando esté en uso.
- Elegir estufas de leña de tamaño adecuado que estén certificadas por la EPA para las emisiones. Asegurarse de que las puertas de las estufas de leña ajustan adecuadamente.
- Pasar una inspección profesional, limpiar y poner a punto el sistema de calefacción central anualmente. Reparar cualquier fuga puntualmente.
- No dejar el coche funcionando dentro del garaje.

### Monóxido de carbono (CO)

Es un compuesto químico de alta prioridad según INDEX, que da un valor guía medio de 1 hora de 30 mg/ m<sup>3</sup> y un valor guía medio para 8 horas de 10 mg/ m<sup>3</sup>.

- Aplicar la guía de concentración en el aire interior durante el proceso de diseño de la construcción.

## Calidad del aire interior

- Desarrollar códigos de construcción, estándares de ventilación y estándares de equipos/electrodomésticos (diseño, mantenimiento y uso) para que todos los equipos de combustión interna evacúen a chimeneas y conductos de ventilación que conduzcan al exterior.
- Requerimiento de inspecciones regulares obligatorias para los electrodomésticos de combustión interna.
- Recomendación de sistemas de alarma que respondan a concentraciones anormalmente altas (ej: 50 mg/ m<sup>3</sup>).

Los valores límite que propone el organismo de salud canadiense Health Canada son  $\leq 11$  ppm (concentración media para 8 horas) y  $\leq 25$  ppm (concentración media para 1 hora).

Las recomendaciones de la Agencia de protección ambiental estadounidense son:

- Mantener los electrodomésticos de gas adecuadamente ajustados.
- Considerar comprar un calentador ventilado cuando se reemplace uno no ventilado.
- Usar el combustible apropiado en los calentadores de queroseno
- Instalar y usar un extractor al exterior sobre estufas de gas
- Abrir el tiro de la chimenea cuando esté en uso.
- Elegir estufas de leña de tamaño adecuado que estén certificadas por la EPA para la emisiones. Asegurarse de que las puertas de las estufas de leña ajustan adecuadamente.
- Pasar una inspección profesional, limpiar y poner a punto el sistema de calefacción central anualmente. Reparar cualquier fuga puntualmente.
- No dejar el coche funcionando dentro del garaje.

### Benceno

Es un compuesto químico de alta prioridad según INDEX. Como el benceno es un carcinógeno, su concentración en el aire debería ser tan baja como razonablemente sea posible.

- Las concentraciones interiores de benceno no deberían exceder las exteriores.
- Las fuentes de benceno (humo de tabaco, etc.) no deberían estar permitidas en el ambiente interior.
- Bajar el contenido permisible de benceno en cualquier material de construcción y de consumo.

### Naftaleno

También un compuesto químico de alta prioridad según INDEX, que recomienda un valor a largo plazo de 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  basado en efectos de irritación/inflamación/hiperplasia. Este nivel está en el extremo más bajo del rango de percepción olfativa.

- Restringir el uso de productos domésticos que contengan naftaleno, especialmente bolas antipolilla.

### Xilenos y tolueno

No es un compuesto de alta prioridad actualmente según INDEX pero a causa del largo intervalo entre la inhalación de niveles de exposición y niveles de efecto en la salud si hay nueva información sobre las fuentes, concentraciones o efectos sobre la salud, podría cambiar la situación.

### Estireno

Valor guía a largo plazo de 200  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , recomendado basado en efectos de neurocomportamiento.

Se ha discutido sobre su posible efecto mutagénico y/o carcinogénico, pero la evidencia hasta ahora no es concluyente.

### D-limoneno

Hay insuficientes datos toxicológicos disponibles para recomendar un valor guía. La interacción con ozono que causa productos biológicamente activos se sospecha. Considerando su amplio uso tales datos deberían estar disponibles. El umbral de olor es 1-2  $\text{mg}/\text{m}^3$ .

### A-pineno

Hay insuficientes datos toxicológicos disponibles para recomendar un valor guía. La interacción con ozono que causa productos biológicamente activos se sospecha. Considerando su amplio uso tales datos deberían estar disponibles. El umbral de olor es 1-2  $\text{mg}/\text{m}^3$ .

### Pesticidas

La principal recomendación es reducir la exposición:

- Usar estrictamente de acuerdo con las instrucciones del fabricante.
- Mezclar o diluir en el exterior.

## Calidad del aire interior

- Aplicar sólo las cantidades adecuadas.
- Incrementar la ventilación cuando se usen en el interior. Poner las plantas y las mascotas fuera cuando se apliquen antipulgas.
- Usar métodos no químicos para el control de plagas siempre que sea posible.
- No almacenar plaguicidas innecesarios dentro del hogar, eliminarlos de forma segura.
- Almacenar ropa con antipolillas en áreas separadas adecuadamente ventiladas siempre que sea posible.
- Mantener los espacios interiores limpios, secos y bien ventilados para evitar plagas y problemas de olores.

### Contaminantes Biológicos

Según la Agencia de protección ambiental estadounidense un buen mantenimiento de la casa y del aire acondicionado es importante así como una ventilación adecuada y una buena distribución del aire. La clave para el control de mohos es el control de la humedad y si el moho es un problema, limpiar y deshacerse del exceso de agua o humedad. Mantener la humedad relativa entre el 30 y el 60% ayudará a controlar mohos, ácaros y cucarachas. Emplear gestión integrada de plagas para controlar alérgenos de insectos y animales. Los procedimientos de tratamiento de torres de refrigeración reducen los niveles de Legionela y otros organismos.

- Instalar y usar campanas de extracción que conduzcan al exterior en cocinas y baños y que los conductos de ventilación de secadoras de ropa vayan al exterior. Así se elimina mucha de la humedad procedente de las actividades diarias.
- Ventilar el ático y los espacios para prevenir la acumulación de humedad. Mantener los niveles de humedad por debajo del 50% puede evitar condensaciones sobre los materiales.
- Cuando se usen humidificadores, limpiarlos de acuerdo a las condiciones del fabricante y rellenar con agua fresca diariamente.
- Limpiar y secar las alfombras y materiales de construcción mojados o considerar su retirada y reemplazo.
- Mantener la casa limpia. Los ácaros del polvo, polen, caspa de animales y otros agentes alérgenos pueden ser reducidos (aunque no eliminados) a través de una limpieza regular.
- Minimizar contaminantes biológicos en sótanos. Limpiar y desinfectar el drenaje del suelo del sótano regularmente. No terminar un sótano por debajo del nivel del suelo a menos que todas las filtraciones de agua hayan sido arregladas y se hayan provisto ventilación exterior y temperatura adecuada para evitar condensaciones. Usar un deshumidificador en el sótano para mantener los niveles de humedad relativa entre el 30 y el 50%.

### Partículas

Las recomendaciones de la Agencia de protección ambiental estadounidense son:

- Ventilar todas las chimeneas y hornos al exterior; mantener las puertas abiertas cuando se usen calentadores en espacios no ventilados.
- Elegir las estufas de leña de tamaño adecuado.
- Pasar inspecciones profesionales y poner a punto los sistemas de calefacción central anualmente. Reparar cualquier fuga adecuadamente.
- Cambiar los filtros de la calefacción central y el aire acondicionado de acuerdo con las instrucciones del fabricante.

Los niveles de exposición que recomienda el organismo de salud Health Canada son a largo plazo:  $\leq 40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y a corto plazo (una hora):  $\leq 100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

### Asbestos

Es mejor dejar el material que contenga asbestos sin tocar si no está dañado y deben ser profesionales los que lleven a cabo su sustitución.

### Productos químicos de uso doméstico

Las recomendaciones de la Agencia de protección ambiental estadounidenses son

- Usarlos de acuerdo a las instrucciones del fabricante.
- Asegurarse de que la ventilación sea adecuada durante su uso.
- Desechar los que no se usen de forma frecuente. Comprar la cantidad justa que se vaya a usar siempre que sea posible.
- Mantener fuera del alcance de niños y mascotas.
- No mezclar a no ser que en la etiqueta se indique lo contrario.

### Radón

Ya que no hay niveles seguros de exposición al radón siempre va a existir cierto riesgo, pero éste puede ser disminuido reduciendo el nivel de radón en el interior.

Hay varios métodos para reducir la concentración de radón en el interior, pero el principal es un sistema de extracción, que ventile el radón hacia el exterior.

## Calidad del aire interior

Este sistema puede ser más efectivo mediante el sellado de grietas en los cimientos y otras aberturas.

### Dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ )

- Usar mecanismos eléctricos de ignición en electrodomésticos de gas.
- Instalar y usar un extracto hacia el exterior sobre estufas de gas.
- Limpiar los filtros de las campanas extractoras.
- Instalar electrodomésticos ventilados siempre que sea posible.
- Evitar el humo de tabaco en el interior.
- No dejar el coche encendido en el garaje, sobre todo si está anexo a la vivienda.
- Los electrodomésticos a gas deben pasar inspecciones profesionales regularmente.
- Abrir el tiro de la chimenea cuando esté en uso.

### Ozono ( $\text{O}_3$ )

La concentración recomendada por el organismo de salud Health Canada es de  $\leq 240 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ( $\leq 0.12 \text{ ppm}$ ) para concentraciones de una hora y no hay datos suficientes que sirvan como base para establecer un rango de exposición aceptable para exposiciones a largo plazo.

# 5

## Anexos

---

### 5.1. Anexo I: Documento de la OMS “El Derecho a un aire interior saludable”

Justicia ambiental. El derecho a un aire saludable

La OMS convocó un grupo de trabajo para llegar a un acuerdo que estableciera una serie de principios sobre “El derecho a un aire interior sano” derivados de principios fundamentales de los campos de los derechos humanos, la ética biomédica y la sostenibilidad ecológica.

La intención de dichos principios es informar a los individuos y los grupos responsables de que el aire interior sea saludable, acerca de sus derechos y obligaciones y permitir al público en general familiarizarse con sus derechos.

Algunas de las recomendaciones que se recogen en el documento son:

1. Los gobiernos deberían ser informados de los principios para que puedan incluir la calidad del aire interior en sus agendas para acciones futuras.
2. El aire interior saludable debería ser considerado como un aspecto importante del ambiente humano.
3. La OMS debería trabajar conjuntamente con las autoridades nacionales para adoptar las medidas necesarias para la implementación de los principios y seguir dicha implementación periódicamente.
4. La divulgación y la promoción de los principios que establecen derechos individuales a un aire interior sano se recomiendan con el propósito de:

5. Alentar y promover el uso de un marco internacional y principios de los gobiernos y otras agencias relevantes para el desarrollo de estrategias nacionales y locales.
6. Establecer programas educativos y formativos (web site) para concienciar y asistir a la gente para que tomen medidas razonables para reducir los riesgos para su salud de las exposiciones peligrosas a agentes del aire interior.
7. Promover el intercambio de información entre aquellos implicados tanto en la formulación de política como en la ciencia.
8. Promover la formación de profesionales en calidad del aire, lo que es necesario tanto a nivel de formación continua y en formación profesional.
9. Los principios deberían ser considerados una guía ética enmarcada en el contexto de la salud humana y la sostenibilidad.
10. Las autoridades apropiadas deberían organizar o iniciar acciones preventivas contra los riesgos documentados a la salud causados por la exposición al aire interior.
11. Las políticas de salud pública y energía deberían estar coordinadas. También es importante que las acciones del sector privado consideren tanto la calidad del aire interior como la energía.
12. En el mencionado documento de la OMS, se establecen las relaciones existentes entre la salud y los derechos humanos. Los mencionados en la Declaración universal de derechos humanos (58) que son más relevantes en cuanto al tema que nos ocupa son:

### ARTÍCULO 25

Toda persona tiene derecho a un nivel de vida adecuado que le asegure, así como a su familia, la salud y el bienestar, y en especial la alimentación, el vestido, la vivienda, la asistencia médica y los servicios sociales necesarios.

### ARTICULO 29

1. Toda persona tiene deberes respecto a la comunidad, puesto que sólo en ella puede desarrollar libre y plenamente su personalidad.
2. En el ejercicio de sus derechos y en el disfrute de sus libertades, toda persona estará solamente sujeta a las limitaciones establecidas por la ley con el único fin de asegurar el reconocimiento y el respeto de los derechos y libertades de los demás, y de satisfacer las justas exigencias de la moral, del orden público y del bienestar general en una sociedad democrática.
3. Estos derechos y libertades no podrán, en ningún caso, ser ejercidos en oposición a los propósitos y principios de las Naciones Unidas.

## 5.2. Anexo 2. Principales contaminantes del aire interior. Características

### A. Monóxido de carbono

#### Descripción

El monóxido de carbono es un gas incoloro e inodoro e insípido y no irritante, compuesto traza de la troposfera. Se produce por la combustión incompleta de materia orgánica (59). Es un componente del humo de tabaco y se origina también en tubos de escape de motores de combustibles fósiles y electrodomésticos incorrectamente ventilados (60).

Monóxido de carbono			
Estado físico	Peligros físicos	Peligros químicos	
Gas incoloro, inodoro, insípido	El gas se mezcla bien con el aire, formándose fácilmente mezclas explosivas. El gas penetra fácilmente a través de los techos y paredes	En presencia de polvo metálico la sustancia forma carbonilos tóxicos e inflamables. Reacciona vigorosamente con oxígeno, acetileno, cloro, flúor, óxidos nitrosos	
Propiedades físicas			
Punto de ebullición	Punto de fusión/ ebullición	Densidad relativa	Solubilidad en agua
-191°C	-205°C	0.8	2.3
Densidad relativa de vapor	Punto de inflamación	Temperatura de autoignición	Límites de explosividad
0.97	Gas inflamable	605°C	12.5-74.2

Fuente (59;61)

#### Fuentes

Se origina tanto por procesos naturales como por actividades humanas. Las plantas lo metabolizan y lo producen, y los animales lo producen por lo que niveles traza son normales en el medio ambiente tanto interior como exterior. El CO se genera cuando se queman materias orgánicas, como carbón, madera, papel, aceite, gasolina, explosivos o cualquier otra sustancia que contenga carbono, en una atmósfera con suministro limitado de aire u oxígeno (62) y su producción aumenta conforme disminuye el oxígeno (59).

## Calidad del aire interior

Según el estudio INDEX, los datos disponibles de exposición confirman que las fuentes de CO en las residencias europeas contribuyen a exposición a corto plazo más que a largo plazo. Cerca del 10% de la población general no fumadora está expuesta a niveles de CO que podrían resultar peligrosos para individuos con enfermedades del corazón. Las exposiciones en viviendas cercanas a calles con mucho tráfico son más elevadas. En contraste con otros productos químicos evaluados por el estudio INDEX, el CO causa un número considerable de muertes y envenenamientos agudos en la población general (con complicaciones y secuelas posteriores). Además, los individuos que sufren envenenamiento por CO no son conscientes de su exposición ya que los síntomas son similares a los asociados con enfermedades virales o depresión clínica. En ambientes interiores, estos riesgos para la salud están casi completamente asociados con el uso incorrecto de aparatos de combustión defectuosos y/o mal ventilados (63). Durante sus actividades diarias, la gente inhala monóxido de carbono en una variedad de lugares (vehículos, trabajo, localizaciones en las que se producen combustiones: cocina, calefacción y calentadores de agua de gas, humo de tabaco).

El CO está presente en el aire interior por emisiones de una serie de fuentes de combustión y la infiltración de aire del exterior. Las fuentes principales en el interior son el uso de fuentes de combustión mal o parcialmente ventiladas, como pueden ser cocinas y hornos de gas, electrodomésticos de gas, calefactores de gas o queroseno, estufas de carbón o madera y combustión de tabaco así como la infiltración de aire procedente del exterior (64) (los humos de vehículos, camiones o autobuses de garajes anexos, carreteras cercanas o áreas de aparcamiento pueden ser una fuente importante (65)). El interior del vehículo es un ambiente interior en el que la exposición es muy alta.

En algunos casos la exposición en el interior no bien ventilado, puede ser exceder los 110 mg de monóxido de carbono/ m<sup>3</sup> (110 ppm), conduciendo así a niveles de carboxihemoglobina del 10% o más con exposición continuada (la carboxihemoglobina es la combinación del monóxido de carbono con la hemoglobina, con la que tiene gran afinidad, mayor incluso que la del oxígeno, pudiendo causar hipoxia, falta de oxígeno en los tejidos. Los valores normales en una persona no fumadora están entre 0.3% y 0.7% y en un fumador la media es del 4%) (65).

**Aire exterior:** En áreas industriales y urbanas las concentraciones ambientales de CO en sus cercanías pueden exceder los niveles globales de fondo. No hay informes que demuestren una

acción perjudicial sobre microorganismos o plantas, sin embargo pueden ser perjudiciales para la salud humana y el bienestar, dependiendo de los niveles y de la susceptibilidad de los individuos expuestos.

**Fuentes de combustión:** Las emisiones dependerán del tipo de fuente, estado, mantenimiento, eficiencia en la combustión, uso, y ventilación.

**Humo de tabaco:** Emite monóxido de carbono tanto por el humo exhalado como el producido por el propio cigarrillo en combustión. La emisión varía en un rango de 40–67 mg por cigarrillo.

De media, un fumador fuma aproximadamente dos cigarrillos a la hora, con un tiempo medio de 10 minutos por cigarrillo. La media en el ambiente interior es de 80–190 mg de CO por fumador por hora cuando se está fumando en el interior.

Incrementa la exposición de los no fumadores en una media de 1.7 mg/ m<sup>3</sup> (1.5 ppm). La combustión de tabaco representa una importante fuente de monóxido de carbono en lugares donde hay mucha gente fumando (bares, lugares de ocio, etc.)(66;67).

### Efectos sobre la salud

El principal efecto del CO es un resultado del deterioro que produce en la capacidad de la hemoglobina de unirse al oxígeno, lo que puede causar dolores de cabeza, náusea, mareos, cianosis, efectos cardiovasculares, incapacidad para respirar, fatiga y a altas concentraciones, coma y muerte (57;60).

La severidad del envenenamiento por CO depende de su concentración, duración de la exposición y el estado general de salud subyacente del individuo expuesto. Dado que las concentraciones de carboxihemoglobina en sangre son acumulativas con el tiempo, las exposiciones prolongadas a bajas concentraciones, pueden resultar en efectos considerables sobre la salud (60). En un estudio llevado a cabo en un hospital de Zamora, en pacientes que acudieron a urgencias por diversos motivos, a los que se tomó muestra de sangre para medir el nivel de carboxihemoglobina, el 25% de los pacientes presentaba una concentración de COHb elevada independientemente del hábito tabáquico, siendo el brasero de cisco (carbón vegetal) la fuente de exposición más frecuente. Los autores concluyen que la exposición a CO debida al uso del brasero de carbón es una causa

común de poliglobulia. Los valores de COHb en sangre arterial tuvieron una mediana de 8,6% (límites, 4,3-14,3) y la mediana de hematocrito fue de 0,54 l/l (límites, 0,52-0,56). La saturación de O<sub>2</sub> siempre estuvo por encima del 92%. Todos los casos fueron observados durante los meses de invierno, y el valor de COHb así como el hematocrito se normalizaron tras el cese de la exposición al tóxico (mediana de COHb, 1,3%, y mediana de hematocrito, 0,49 l/l) (68).

En comparación con otros de los principales contaminantes del aire interior (NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> y O<sub>3</sub>) es el predictor principal de hospitalización de pacientes mayores por fallo cardíaco (69).

La exposición durante el embarazo a contaminantes procedentes del tráfico, como el CO, puede incrementar el riesgo de sensibilización a alérgenos exteriores entre los niños asmáticos. En análisis multivariante, se encontró asociación entre altas exposiciones a monóxido de carbono durante el embarazo y un incremento del riesgo de sensibilización a al menos un alérgeno exterior. El mayor efecto se encontró para la asociación entre exposición de 8 horas diarias. (OR=1.55 (IC 95%: 1.01, 2.37)) por incremento del rango intercuartílico (IQR). Efectos similares se apreciaron para la exposición durante el segundo trimestre del embarazo a CO, pero con estimación menos precisa (OR=1.45 (95%CI: 0.90, 2.35)) (70).

## B. Partículas

### Descripción

Lo que se conoce con el nombre de partículas o materia particulada (PM Particulate matter) es una mezcla de partículas sólidas y gotas de líquido en el aire. Algunas partículas, como el polvo, la suciedad, el hollín y también el humo, son lo suficientemente grandes o oscuras como para ser apreciadas a simple vista, pero otras sólo pueden ser detectadas mediante el uso de microscopio electrónico (26).

Hay dos tipos de partículas, dependiendo de su diámetro:

1. Inhalables, con diámetros entre las 2.5 micras y las 10 micras.
2. Finas: con diámetros de 2.5 micras e inferiores.

### Fuentes

Pueden producirse de forma primaria, emitidas por una fuente (combustiones, polvo, etc.), o bien originarse por reacciones en la atmósfera entre sustancias químicas como los óxidos de azufre y los óxidos de nitrógeno que son emitidos desde plantas de generación de energía, industrias y automóviles.

Las fuentes de partículas en el ambiente interior incluyen humo ambiental de tabaco, cocina, calefacción, productos de consumo, materiales de construcción, polvo, resuspensión de partículas procedentes de la actividad humana tales como el uso de aspiradoras y tráfico pedestre, infiltración de partículas del exterior y aerosoles orgánicos secundarios (71;72).

**Aire exterior:** Las fuentes de emisión de estas partículas pueden ser móviles o estacionarias, destacando que un 77,9% de la cantidad total emitida de PM10 procede del polvo resuspendido existente en la atmósfera. La industria, la construcción y el comercio con un 7,6% y el transporte rodado con un 6,5% representan otros focos de contaminación de especial relevancia (73).

Como fuentes minoritarias de contaminación es importante señalar que el 3,7% del total procede de quemas agrícola y un 3,3% es de origen doméstico (73). La combustión y otros procesos industriales son fuentes importantes de partículas.

El tráfico genera partículas de diferentes formas: mediante la combustión del combustible, poniendo en suspensión polvo de las carreteras o calles (sobre todo en climas secos) y también puede ser generadas por los frenos de los automóviles.

**Humo de tabaco:** El humo de tabaco contribuye de manera sustancial a la presencia de partículas finamente divididas en el interior.

**Combustión de combustibles fósiles:** El uso de gasolinas o carbón para calefacción en la vivienda (ya sea de forma individual o colectiva en el edificio) es una fuente importante.

### Efectos sobre la salud

Hay una creciente preocupación acerca de los efectos adversos sobre la salud de la partículas en el interior y sus agentes asociados químicos y biológicos. Estudios recientes han demos-

trado una asociación entre las partículas generadas en el interior (donde la población pasa la mayor parte de su tiempo en los países desarrollados) y disminución de la función pulmonar (74), incremento de síntomas y enfermedades respiratorias, incluyendo asma (75;76). Varios estudios en países industrializados han hallado una correlación positiva y significativa entre la exposición a partículas en el interior y la presencia de bronquitis, síntomas asmáticos y enfermedades respiratorias agudas, especialmente durante la estación invernal. En uno de dichos estudios, el incremento del riesgo para las enfermedades respiratorias agudas por exposición a PM2.5 en el interior fue del 62% y del 39% para bronquitis y síntomas asmáticos (30).

Además, las partículas ultrafinas son una potente fuente de estrés oxidativo e inflamación en los pulmones, y los estudios sobre animales sugieren que pueden promover respuestas inmunes alérgicas características del asma. Estudios experimentales en humanos indican que estas partículas se depositan en los pulmones y que las exposiciones típicas en el aire interior pueden causar estrés oxidativo en el organismo (72).

Los factores que determinan los efectos adversos de las partículas del aire interior sobre la salud dependen de la deposición en el tracto respiratorio y en la capacidad del árbol respiratorio para eliminarla, lo que está directamente relacionado con el tamaño de partícula y su composición química. Por ejemplo, las partículas gruesas generadas en el interior (2.5-10 mm) tiende a depositarse en las regiones nasal, faríngea y laríngea del sistema respiratorio mientras que la fina (0.1 -2.5 mm) y la ultra fina (<0.1 mm) generada tanto en el exterior como en el interior tiende a depositarse en la región traqueo bronquial y los alvéolos. La gran área superficial de la partículas más pequeñas permite que transporten (se adsorben sobre la superficie de las partículas) grandes cantidades de otros tóxicos como hidrocarburos aromáticos policíclicos, metales y quinonas, que pueden depositarse en el tracto respiratorio inferior y consecuentemente tener un efecto mayor en la causa o agravamiento de enfermedades respiratorias tales como el asma (77;78). Un estudio en Oslo mostró que las partículas suspendidas contenían una gran cantidad de portadores de potenciales alérgenos (por ejemplo partículas de hollín de diámetro menor de 1mm y capaces por tanto de transportar alérgenos hacia las profundidades del árbol respiratorio) (79).

La presencia de contaminantes orgánicos junto con estos alérgenos o endotoxinas pueden ejercer un efecto pro-inflamatorio, conduciendo a la exacerbación de enfermedades alérgicas tales como asma (79;80). Varios estudios han informado de que los niños que viven dentro

de un radio de 100 m de autopistas experimentaban más síntomas respiratorios que aquellos que vivían más lejos, sugiriendo que los efectos adversos sobre la salud pueden ser atribuidos tanto a las partículas del exterior como a la exposición a las partículas que se introducen desde el exterior, causando una pobre calidad del aire (9).

La pérdida media de esperanza de vida debida a partículas en el año 2000 fue estimada en aproximadamente 9 meses para los países de la Agencia Europea de Medio ambiente (AEMA) donde había estimaciones disponibles, aunque hay que señalar que en este informe no se distingue entre exposición interior y exterior (21).

### C. Humo ambiental de tabaco

Es la mezcla de humo exhalado y humo liberado por la combustión del cigarrillo, diluida en el aire ambiente.

#### Fuentes

Se produce por la combustión del tabaco, y el propio proceso de fumar (inhalación y exhalación del humo producido por la combustión del tabaco).

#### Efectos sobre la salud

El humo del tabaco es uno de los principales causantes de los problemas de calidad del aire interior. La mayor parte de las partículas en el aire interior son debidas al humo del tabaco y están dentro del rango respirable (57).

El tabaquismo pasivo o involuntario es la exposición a humo de tabaco de segunda mano, que es una mezcla de humo exhalado y humo liberado por la combustión lenta del cigarrillo, etc., diluida en el aire ambiente. La exposición a este humo implica la inhalación de carcinógenos así como otros componentes tóxicos.

Los efectos agudos que produce son irritación del sistema respiratorio y en personas alérgicas o asmáticas, a menudo irritación de ojos y nariz, tos, jadeos, estornudos, dolor de cabeza y problemas sinusales relacionados. La gente que lleva lentes de contacto a menudo se queja de quemazón, picor, y ojos llorosos cuando se exponen al humo del tabaco.

## Calidad del aire interior

El humo del tabaco contiene más de 300 sustancias químicas, de las que más de 40 son potenciales carcinógenos, además de nicotina y toxinas. Entre los carcinógenos se encuentran el benceno, 1-3 butadieno, benzo[a]pireno, 4-metilnitrosamina-1-3-piridil-1butanona y muchos otros (81;82).

Aproximadamente un 17% de los tumores en pacientes no fumadores estaría en relación con la exposición ambiental al tabaco durante la infancia y la adolescencia (81).

Un metanálisis publicado sobre el cáncer de pulmón en no-fumadores expuestos a humo ambiental de tabaco encontró un significativo incremento estadístico del riesgo de un 12-19%. Esta evidencia concuerda con la hipótesis de que la exposición a humo ambiental de tabaco es una causa de cáncer en no-fumadores (72).

Asimismo, los no fumadores que viven en hogares donde se fuma tienen siempre un elevado riesgo relativo de muerte por enfermedades respiratorias y cardiovasculares (83).

Un estudio realizado por investigadores de la Agencia de Salud Pública de Barcelona (ASPB) y el Instituto Catalán de Oncología (ICO) asegura que la exposición al humo ambiental de tabaco pudo provocar en España, durante el 2002, la muerte de entre 1.228 y 3237 personas, lo que constata el evidente problema de salud pública que supone (84). En dicho estudio se estimó que las muertes entre no fumadores atribuibles al humo ambiental de tabaco variaban entre 408 y 1703. De 247 a 1434 de estas muertes estarían causadas por la exposición sólo en el hogar, 136-196 por la exposición sólo en el lugar de trabajo y 25-73 por la exposición tanto en el hogar como en el lugar de trabajo. Entre mujeres, el número de muertes atribuibles variaba entre 820 y 1534. Entre 807 y 1477 de estas muertes estaría causada por la exposición sólo en el hogar, 9-32 por exposición sólo en el lugar de trabajo y 4-25 por exposición tanto en el hogar como en el lugar de trabajo.

El humo ambiental de tabaco está asociado a efectos sobre la salud como el cáncer de pulmón, enfermedades cardiovasculares, trastornos respiratorios y otras patologías. El tabaquismo pasivo es una causa conocida de cáncer de pulmón entre no-fumadores. Más de 50 estudios han encontrado una asociación entre el tabaquismo pasivo y el cáncer de pulmón (85).

En otro estudio llevado a cabo en China, la exposición a humo ambiental de tabaco entre niños de guardería se asoció con un incremento en la prevalencia de tos persistente, mucosidad persistente, respiración dificultosa y respiración dificultosa sin asma, concluyendo que la ex-

posición a humo ambiental de tabaco incrementa la aparición de síntomas y enfermedades respiratorias durante la infancia (86).

Hay evidencia de que la exposición a humo ambiental de tabaco está asociada a un mayor riesgo de padecer cáncer de vejiga. Ya era conocido el hecho de que fumar suponía un mayor riesgo de padecer este tipo de cáncer, por ser los cigarrillos una importante fuente de 4-aminobifenil (4-ABP), un reconocido carcinógeno que afecta a la vejiga en humanos. Un estudio entre mujeres no fumadoras que convivieron con fumadores durante su infancia demostró que estaban significativamente relacionadas con el riesgo de padecer cáncer de vejiga [odds ratio (OR), 3.08; 95% intervalo de confianza (95% CI), 1.16-8.22](87). La exposición a humo ambiental de tabaco provoca disfunción endotelial e incrementa la concentración de carboxihemoglobina (88).

La exposición de mujeres no fumadoras embarazadas a humo ambiental de tabaco, provoca una reducción media del peso del recién nacido de 33 gr o más e incrementa el riesgo de nacimiento por debajo de 2.500 gr en un 22% aunque no tiene un efecto claro sobre la gestación o el riesgo de talla pequeña para la edad gestacional (89).

La probabilidad que asocia la presencia de problemas para respirar, tos, producción mucosa y episodios de asfixia con diagnóstico de asma, es mayor entre los hijos de fumadores (89).

Otras enfermedades y procesos de enfermedad en niños están fuertemente influenciados por el humo ambiental de tabaco. La exposición a productos de combustión del tabaco, incrementa el número de infecciones de oído en la infancia y efusiones del oído medio, incrementa la probabilidad de infecciones del tracto respiratorio inferior tales como bronquiolitis o neumonía, incrementa la duración de la enfermedad y puede causar o contribuir a tos crónica y nariz goteante persistente.

Según la EPA (Agencia de Protección Ambiental de EEUU) en los adultos, el humo de tabaco ambiental es un carcinógeno en el pulmón humano, responsable de aproximadamente 3.000 muertes por cáncer de pulmón anualmente entre estadounidenses no fumadores. En niños, la exposición a humo ambiental de tabaco se asocia causalmente con un incremento del riesgo de infecciones del tracto respiratorio inferior como bronquitis y neumonía. Este informe estima que de 150.000 a 300.000 casos son atribuibles anualmente en bebés y niños hasta 18 meses de edad al humo ambiental del tabaco (90).

Asimismo, la exposición al humo de tabaco ambiental se asocia causalmente con un incremento de la prevalencia de fluido en el oído medio, síntomas de irritación del tracto respiratorio superior y una pequeña pero significativa reducción de la función pulmonar. También se han evidenciado asociaciones causales con episodios adicionales y un incremento de la gravedad de los síntomas en niños con asma. Un informe estima que entre de doscientos mil y un millón de niños asmáticos empeoran su condición por la exposición a humo ambiental de tabaco. Es un factor de riesgo de nuevos casos de asma en niños que no han mostrado síntomas previamente (90).

### Evidencia científica

En la siguiente tabla se resumen algunos estudios sobre los efectos en salud de la exposición a partículas, humo de tabaco y monóxido de carbono del aire interior. Tan sólo se recogen estudios realizados en países desarrollados en los últimos diez años. Es de destacar que la gran mayoría de artículos encontrados estudian los efectos de exposición a monóxido de carbono y partículas generadas en el interior por el uso de combustibles sólidos para calefacción y cocina, en países en vías de desarrollo y por lo tanto están fuera del ámbito de este informe así como partículas en el aire ambiente generadas por el tráfico.

Evidencia científica sobre los efectos de la exposición a partículas, humo ambiental de tabaco y CO en ambientes interiores			
País	Estudio/población	Exposición	Resultados
<b>Determinants of hair nicotine concentrations in nonsmoking women and children: a multicountry study of secondhand smoke exposure in homes.</b> KIM S. ET AL., 2009			
EEUU, estudio multicéntrico (31 países)	Mujeres (852) y niños no fumadores (1017) expuestos a humo de segunda mano en el hogar	Humo ambiental de tabaco	Después de controlar por edad, duración de la exposición y características socioeconómicas, la concentración de nicotina en el pelo de niños y mujeres no fumadoras se estimó que incrementaba en un 3% y 1% respectivamente para cada incremento de 1 microg/m <sup>3</sup> en la concentración de nicotina en el aire. La asociación entre la exposición a humo de tabaco ambiental en el hogar y la nicotina en el pelo fue mayor entre niños pequeños y niños con exposición de mayor duración en el hogar.
<b>Occult maternal exposure to environmental tobacco smoke exposure.</b> CHAZERON, I ET AL., 2007			
Francia	Mujeres embarazadas no fumadoras (n=698)	Humo ambiental de tabaco Contaminación de aire interior	Una gran mayoría de madres (64.3%) tuvieron límites detectables de cotinina en plasma a pesar de que declararon no haber estado expuestas a humo ambiental de tabaco

Evidencia científica sobre los efectos de la exposición a partículas, humo ambiental de tabaco y CO en ambientes interiores

País	Estudio/población	Exposición	Resultados
<b>Tobacco smoke, indoor air pollution and tuberculosis: a systematic review and meta-analysis. LIN HH ET AL, 2007</b>			
	Revisión sistemática y metaanálisis	Contaminación de aire interior	Mortalidad por Tuberculosis pulmonar (8 estudios) OR=2.00 IC95% (1.14-3.49) Fumador pasivo y Tuberculosis (3 estudios) OR=3.33 IC95% (1.93-5.72)
<b>Air pollution and lung cancer risks in China--a meta-analysis. ZHAO Y, 2006</b>			
China	Metanálisis		OR=1.70 (IC 95%: 1.32-2.18) para mujeres no fumadoras OR=1.64 (1.29-2.07) para ambos sexos
<b>Indoor and outdoor smoking: Impact on children's health. JOHANSSON ET AL, 2003</b>			
Suecia	Transversal (encuesta). Todos los niños de entre 12-24 meses nacidos entre el 1 de abril de 1994 y el 31 de Marzo de 1995 en 4 municipios de Östergötland, Suecia	Exposición a humo de tabaco de los padres	<b>Niños cuyos padres no fuman en el interior:</b> Otitis media OR=1.09 IC 95%=(0.82-1.46) Síntomas respiratorios OR=1.25 IC 95%=(0.91-1.73) <b>Niños cuyos padres fuman en el interior:</b> Otitis media OR=1.28 IC 95%=(0.86-1.90) Síntomas respiratorios OR=1.84 IC 95%=(1.22-2.78)
<b>Symptoms of cough and shortness of breath among occasional young adult smokers. AN LC ET AL, 2009</b>			
EEUU	Transversal (encuesta online) 25.000 estudiantes universitarios	Exposición a humo de tabaco	<b>Prevalencia de 1 o más días de tos/dolor de garganta (p &lt; .001):</b> • entre individuos que no fumaron en los 30 días anteriores: 62.5% • fumaron desde 1-4 días: 68.3% • fumaron desde 5-10 días: 72.0% • fumaron desde 11-20 días: 71.4% • fumaron desde 21-30 días: 73.7% <b>Prevalencia de falta de aliento/fatiga (p &lt; .001):</b> • entre individuos que no fumaron en los 30 días anteriores: 42.7% • fumaron desde 1-4 días: 47.1% • fumaron desde 5-10 días: 56.2% • fumaron desde 11-20 días: 59.5% • fumaron desde 21-30 días: 64.6%
<b>Parents' smoking habit and prevalence of atopic eczema in 6-7 and 13-14 year-old schoolchildren in Spain. ISAAC phase III. MORALES SUÁREZ-VARELA M ET AL, 2008</b>			
España	Transversal (encuesta). Escolares de 10 centros españoles de entre 6-7 años (n=27805) y 13-14 años (n=31235)	Exposición a humo de tabaco	Se encontró asociación en los niños de 6-7 años (ajustada por género, presencia de asma, presencia de rinitis, hermanos y nivel de educación de la madre) entre Eczema atópico clínicamente diagnosticado y el hábito de fumar de la madre (Relative Prevalence Ratio adjusted RPRa=1.40, IC95% 1.10-1.78) y con la presencia de más de 2 fumadores en el hogar (RPRa 1.34, IC95%1.01-1.78).

Evidencia científica sobre los efectos de la exposición a partículas, humo ambiental de tabaco y CO en ambientes interiores

País	Estudio/población	Exposición	Resultados
<b>Smoking, environmental tobacco smoke, and risk of renal cell cancer: a population-based case-control study.</b> THEIS RP ET AL, 2008			
EEUU	Casos y controles. 335 casos incidentes identificados en registros hospitalarios y el registro de cáncer de Florida, y controles (n=337) elegidos al azar	Exposición a humo de tabaco	La probabilidad de que los casos hubieran fumado 1 paquete diario durante 20 o más años, comparados con los nunca fumadores (OR: 1.35, IC 95%: 0.93 - 1.95).
<b>Associations between recent exposure to ambient fine particulate matter and blood pressure in the Multi-ethnic Study of Atherosclerosis (MESA).</b> AUCHINCLOSS AH, 2008			
EEUU	5,112 personas de entre 45 y 84 años de edad, libres de enfermedad cardiovascular (Multi-Ethnic Study of Atherosclerosis 2000–2002)	Estimación de exposición ambiental a PM2.5 para 1, 2, 7, 30, y 60 días precedentes	Un incremento de 10-microg/m <sup>3</sup> en la concentración 30 días de PM2.5 30-días se asoció con una presión 1.12 mmHg más alta (IC 95% 0.28 a 1.97) y una presión sistólica 0.99 mmHg más alta BP (IC 95%, -0.15 a 2.13), ajustado por edad, sexo, raza-etnia, ingresos, nivel educativo, IMC, diabetes, hábito de fumar y humo ambiental de tabaco, consumo de alcohol, actividad física, medicación, presión atmosférica y temperatura.
<b>Mortality attributable to passive smoking in Spain, 2002.</b> LÓPEZ MJ, 2007			
España	Metaanálisis (10.000, 1608, 6492 individuos por encuesta)	Estimaciones de exposición a humo de tabaco ambiental derivado de 3 encuestas poblacionales	Entre hombres, las muertes atribuibles a humo de tabaco ambiental estuvieron entre 408 y 1703. Entre 247 a 1434 de estas muertes podrían estar causadas por la exposición solo en el hogar, 136-196 por exposición sólo en el lugar de trabajo y 25-73 por exposición tanto en el hogar como en el lugar de trabajo. Entre mujeres, el número de muertes atribuibles varió entre 820 a 1534 (807 - 1477 estarían causadas por exposición en el hogar, 9–32 por exposición en el lugar de trabajo y 4–25 por exposición tanto en el hogar como en el lugar de trabajo).
<b>Exposure to environmental tobacco smoke at home increases the need for medical attention for respiratory diseases in childhood.</b> MARCO TEJERO A ET AL, 2007			
España	410 menores de 14 años. Se trata de un estudio retrospectivo descriptivo	Encuesta. Exposición a humo en el hogar	Se encontró una asociación directa entre el hábito de fumar de la madre y patologías respiratorias de los niños (OR=4.56 (IC 95 % 1.84-11.34).
<b>Mortality and morbidity from coronary heart disease attributable to passive smoking.</b> HEIDRICH J ET AL, 2007			
Alemania	Estudio retrospectivo	Datos de fumadores activos y pasivos de la encuesta nacional alemana de 1998 y datos de mortalidad por enfermedad coronaria de las estadísticas oficiales alemanas de mortalidad del año 2003	La exposición a humo de tabaco ambiental en el hogar es responsable de 2148 (IC 95% 1471-2736) muertes por enfermedad coronaria y 3776 (IC 95% 2588-4800) casos incidentes de enfermedad coronaria entre no fumadores cada año en Alemania.

Evidencia científica sobre los efectos de la exposición a partículas, humo ambiental de tabaco y CO en ambientes interiores

País	Estudio/población	Exposición	Resultados
<b>Environmental tobacco smoke and mortality in Chinese women who have never smoked: prospective cohort study.</b> WEN W,			
Shanghai, China	Cohorte de 74942 mujeres de áreas urbanas de Shanghai, con seguimiento de 2 años	Exposición a humo de tabaco ambiental (en el hogar y el trabajo) evaluada mediante entrevistas personales	La exposición a humo de tabaco de los maridos (la principal exposición actual) estuvo significativamente asociada con un incremento en mortalidad por todas las causas (HR=1.15, IC 95% 1.01-1.31) y con un incremento de la mortalidad por enfermedad cardiovascular HR=1.37 IC 95% 1.06 -1.78). La exposición a humo de tabaco en el trabajo se asoció con un incremento de mortalidad por cáncer (HR=1.19, 0.94-1.50), especialmente cáncer de pulmón (HR=1.79 IC 95% 1.09-2.93). La exposición temprana se asoció con un incremento de la mortalidad debida a enfermedad cardiovascular (HR=1.26 IC 95% 0.94-1.69)
<b>Smoking and bladder cancer in Spain: effects of tobacco type, timing, environmental tobacco smoke, and gender.</b> SAMANIC C ET AL, 2006			
España	Casos y controles. 1,219 pacientes con diagnóstico reciente de cáncer de vejiga y 1,271 controles, reclutados en 18 hospitales españoles	Cuestionario sobre hábito tabáquico, factores de dieta, ingesta de fluido, condiciones médicas, historial ocupacional y residencial, historial familiar de cáncer e historial de medicación	Incrementos de riesgo para el cáncer de vejiga respecto a no fumadores: OR hombres fumadores actuales=7.4; IC 95% 5.3-10.4; OR mujeres fumadoras actuales=5.1; IC 95% 1.6-16.4 OR hombres ex-fumadores=3.8; IC 95% 2.8-5.3 OR mujeres ex-fumadoras=1.8; IC 95% 0.5-7.2
<b>Maternal smoking during pregnancy increases the risk of recurrent wheezing during the first years of life (BAMSE).=2.1, (IC 95% 1.2-3.7). LANNERÓ E. ET AL, 2006</b>			
	Cohorte de 4089 recién nacidos, con seguimiento de 2 años	A los dos meses de edad se evaluó mediante cuestionario a los padres, diferentes factores de estilo de vida, si la madre había fumado durante el embarazo y después del nacimiento. Al año y los dos años se obtuvo información también mediante cuestionario de síntomas alérgicos y enfermedades respiratorias así como exposiciones ambientales, particularmente exposición a humo de tabaco ambiental.	Cuando la madre fumó durante el embarazo pero no después, se produjo un incremento del riesgo (ajustado) de dificultad respiratoria hasta los 2 años OR=2.2, (IC 95% 1.3-3.6). El incremento de riesgo en el caso de exposición in utero a humo de tabaco ambiental con o sin que la madre fumara OR=1.6, (IC 95% 1.2-2.3). Si la madre fumó durante el embarazo pero no se produjo exposición a humo de tabaco ambiental también incrementó el riesgo de diagnóstico de asma hasta los dos años de edad OR=2.1(IC 95% 1.2 – 3.7)

Evidencia científica sobre los efectos de la exposición a partículas, humo ambiental de tabaco y CO en ambientes interiores

País	Estudio/población	Exposición	Resultados
<b>Exposure to environmental tobacco smoke and cognitive abilities among U.S. children and adolescents. YOLTON K ET AL, 2005</b>			
EEUU	Datos de la Third National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES III, 1988 a 1994).	Exposición a humo de tabaco ambiental evaluada mediante cotinina sérica. Habilidades cognitivas y académicas evaluadas mediante tests.	Después de ajustar por sexo, raza, región, pobreza, educación de los padres y estado marital, ferritina y concentración de plomo en sangre, se encontró una relación inversa entre la cotinina sérica y la puntuación en los tests de lectura (beta=-2.69, p=0.001), matemáticas (beta=-1.93, p=0.01), test "block design" (beta=-0.55, p < 0.001) pero no en el test "digit span" (beta=-0.08, p=0.52).
<b>Environmental tobacco smoke may induce early lung damage in healthy male adolescents. RIZZI M ET AL 2004</b>			
Italia	Transversal	Hábito tabáquico de los sujetos y sus padres evaluado mediante cuestionario	Una correlación negativa estadísticamente significativa se encontró entre la razón cotinina/creatina y la capacidad de difusión pulmonar para el CO en fumadores (r=- 0.63, p < 0.01) y en fumadores pasivos (r=- 0.91, p < 0.001), pero no en no fumadores (r=0.26, p=no significativa), sugiriendo una relación dosis-efecto.
<b>Environmental tobacco smoke and adult-onset asthma: a population-based incident case-control study. JAAKKOLA MS ET AL, 2003</b>			
Finlandia	Casos y controles. Todos los adultos de la región entre 21 y 63 años nuevos casos diagnosticados de asma durante un período de 2.5 años (521 pacientes) y una muestra aleatoria de controles (932)	Exposición a humo de tabaco ambiental evaluada mediante encuesta	El riesgo de asma estuvo relacionado con la exposición a humo de tabaco ambiental en el lugar de trabajo (OR ajustada=2.16 IC 95% 1.26, 3.72) y exposición en el hogar (OR=4.77; IC 95%=1.29, 17.7) en el pasado año.
<b>Passive smoking and respiratory symptoms in the FinEsS Study. LARSSON ML ET AL 2003</b>			
Estonia	Transversal. 24,307 personas de 3 ciudades de Estonia.	Exposición a humo de tabaco ambiental	Las mujeres informaron de más síntomas relacionados con el humo de tabaco que los hombres (37.7% versus 21.6%). Si la exposición a humo de tabaco ambiental excedía 5 h diariamente, se incrementó el riesgo de respiración dificultosa (OR=2.67, IC 95% 1.98-3.61) y asma diagnosticada por un médico (OR 1.79, 1.02-3.16)
<b>Environmental tobacco smoke exposure and pulmonary function among adults in NHANES III: impact on the general population and adults with current asthma. EISNER MD 2002</b>			
EEUU	10,581 adultos no fumadores y 440 adultos asmáticos no fumadores	Exposición a humo de tabaco ambiental	Hombres adultos no fumadores: no se encontró evidencia de que la exposición a humo de tabaco ambiental estuviera relacionado con la disminución en la función pulmonar. Mujeres adultas no fumadoras: el tercil más alto de cotinina se asoció con un volumen de flujo expiratorio más bajo (-100 mL; IC 95% (-143 a -56 mL), FVC (-119 mL; IC 95%, -168 a -69 mL), y FEV1/FVC ratio (-1.77%; IC 95%, -2.18% a -1.36%). Mujeres con asma: el tercil más alto de cotinina también se asoció con disminución del volumen de flujo expiratorio FEV1 (-261 mL; IC 95%, -492 a -30 mL), FVC (-291 mL; IC 95%, -601 a 20 mL), y ratio FEV1/FVC (-1.6%; IC 95%, -3.3% a 0.19%).

Evidencia científica sobre los efectos de la exposición a partículas, humo ambiental de tabaco y CO en ambientes interiores

País	Estudio/población	Exposición	Resultados
<b>Exposure to indoor combustion and adult asthma outcomes: environmental tobacco smoke, gas stoves, and woodsmoke. EISNER MD, 2002</b>			
EEUU	Cohorte de 349 adultos con asma. Entrevistas telefónicas (18 meses de seguimiento)	Humo ambiental de tabaco, estufas de gas y madera	Comparados con los que contestaron no tener exposición a humo de tabaco ambiental los mayores niveles de exposición ( $\geq 7$ horas/semana) se asoció con más severidad en las marcas de asma en el seguimiento, controlando por severidad base de asma, edad, sexo, raza, ingresos y nivel educacional (incremento medio 1.5 puntos; IC 95% 0.4 - 2.6). Mayor nivel de exposición base a humo de tabaco ambiental también se asoció con peor estatus de salud física (disminución media -4.9 puntos IC 95% -8.4 a -1.3) y calidad de vida asma (incremento medio 4.4 puntos; IC 95% -0.2 a 9.0) en el seguimiento longitudinal. Mayor nivel base de exposición a humo de tabaco ambiental se asoció con un mayor riesgo de visitas a urgencias (OR 3.4; IC 95% 1.1 - 10.3) y admisiones hospitalarias por asma (OR 12.2; IC 95% 1.5 a 102). No hubo relación clara entre el uso de estufas de gas o madera y consecuencias asmáticas.
<b>Effect of gestational and passive smoke exposure on ear infections in children. LIEU JE, 2002</b>			
EEUU	Niños menores de 12 años (N=11 728) de la Tercera encuesta nacional sobre salud y nutrición (NHANES III), realizada entre 1988-1994. Análisis de datos de una encuesta transversal de salud, utilizando información de cuestionarios y medidas de cotinina sérica.	Humo ambiental de tabaco	La ocurrencia de cualquier infección de oído no se incrementó por la exposición pasiva a humo de tabaco (RR ajustada=1.01; IC 95% 0.95-1.06), pero se encontró un pequeño incremento por exposición gestacional (RR ajustado=1.08; IC 95%, 1.01-1.14) y combinada (RR ajustado=1.07; IC 95%, 1.00-1.14) a humo de tabaco. El riesgo de infecciones recurrentes de oído ( $\geq 6$ episodios) se incrementó ligeramente con la exposición combinada a humo (RR ajustada=1.44; IC 95%, 1.11-1.81). Otros factores de riesgo para la infección de oído identificados en un análisis multivariable fueron raza-etnia, ratio pobreza/ingresos de 2 o más, historial de asma, presencia de síntomas alérgicos
<b>Measurement of environmental tobacco smoke exposure among adults with asthma. EISNER MD2001</b>			
EEUU	50 sujetos de una cohorte de un estudio en marcha sobre asma que dieron positivo en una pregunta screening para la exposición o potencial exposición a humo de tabaco ambiental	Muestreador pasivo de nicotina durante 7 días	Comparados con personas sin exposición, los niveles más bajos de exposición a humo de tabaco ambiental (OR 1.9; IC 95% 0.4-8.8) y los más altos (OR 6.8; IC 95%, 1.4-32.3) se asociaron con un incremento del riesgo de síntomas respiratorios.

Evidencia científica sobre los efectos de la exposición a partículas, humo ambiental de tabaco y CO en ambientes interiores

País	Estudio/población	Exposición	Resultados
<b>Effects of in utero and environmental tobacco smoke exposure on lung function in boys and girls with and without asthma. LI YF 2000</b>			
EEUU	5.263 participantes del Children's Health Study.	Los padres o cuidadores cumplimentaron un cuestionario y se midió la función pulmonar mediante espirometría. Humo ambiental de tabaco	Los niños con asma expuestos in utero tuvieron un déficit del 14% en MMEF y una disminución del 5% en la razón FEV1/FVC comparados con los niños con asma no expuestos. Las niñas con asma tuvieron un déficit del 17% en MMEF y una disminución del 7% en la ratio FEV1/FVC en comparación con niñas no expuestas.
<b>Passive smoking exposure and female breast cancer mortality. WARTENBERG D 2000</b>			
EEUU	Cohorte de 146 488 mujeres no fumadoras casadas una sola vez libres de cáncer en 1982 (fecha de reclutamiento)	Exposición a humo de tabaco ambiental en el hogar	No se encontró asociación entre la exposición a humo de tabaco ambiental y la muerte por cáncer de mama (RR=1.0, IC 95%=0.8-1.2). Se encontró un pequeño incremento del riesgo, no estadísticamente significativo para la mortalidad por cáncer de mama entre mujeres casadas con fumadores antes de los 20 años de edad (RR=1.2; IC 95%=0.8-1.8).
<b>p53 mutations and exposure to environmental tobacco smoke in a multicenter study on lung cancer. HUSGAFVEL-PURSIAINEN K 2000</b>			
	91 no fumadores y 66 fumadores con cáncer de pulmón confirmado histológicamente	Entrevista para recabar datos sobre hábito tabáquico y exposición a humo de tabaco ambiental	Incremento del riesgo de la mutación p53 entre fumadores respecto a no fumadores (OR=2.9; IC 95% 1.2-7.2) sin tener en cuenta la exposición a humo de tabaco ambiental. El incremento fue OR 4.4 (IC 95%, 1.2-16.2) cuando se compare con los no fumadores sin exposición a humo de tabaco ambiental. Entre los no fumadores el riesgo de mutación OR=2.0 (IC 95%, 0.5-8.7) para la exposición sólo a humo de tabaco ambiental de la pareja. El riesgo fue OR=1.5 (IC 95%, 0.2-8.8) para aquellos expuestos a humo de tabaco ambiental de la pareja o en el lugar de trabajo comparado con los no expuestos.
<b>Concentration of indoor particulate matter as a determinant of respiratory health in children. NEAS LM ET AL. 1994</b>			
6 ciudades de EEUU de 1983 a 1988	2994 niños entre 7 y 11 años en 6 ciudades de EEUU entre 1983-1988	Exposición evaluada mediante cuestionario	La exposición pasiva al humo de un paquete adicional de cigarrillos fumado diariamente en el hogar se asoció con un incremento de la incidencia de síntomas del tracto respiratorio inferior (OR = 1.25, IC 95% 1.10-1.42). Para 1237 niños con dos medidas consecutivas de 1 semana tanto en invierno como en verano, un incremento de 30-microgr/m3 en la concentración anual media interior de partículas respirables PM2.5 (aproximadamente el efecto de un paquete al día) se asoció marginalmente con un incremento de la incidencia acumulada de los síntomas del tracto respiratorio inferior (OR = 1.13, IC 95% 0.99-1.30). Las medidas en el interior de PM2.5 no mostraron asociación directa con las medidas de la función pulmonar de los niños. Los niños cuyas madres fumaron durante el embarazo mostraron una reducción del -2.6% (95% IC -5.2% a 0.1%) en las tasas de flujo expiratorio forzado ajustado por volumen. Por ello, la exposición actual a PM2.5 incrementa la incidencia acumulada de los síntomas del tracto respiratorio inferior pero está débilmente asociada con la disminución del nivel de la función pulmonar en niños preadolescentes.

## D. Dióxido de azufre

### Descripción

Pertenece a la familia de los gases de óxidos de azufre ( $\text{SO}_x$ ). Estos gases se disuelven fácilmente en agua. El azufre está presente en todos los materiales sin procesar, como el crudo, el carbón, mineral de hierro, etc.

Los gases  $\text{SO}_x$  se forman cuando se quema combustible que contiene azufre, cuando se extrae gasolina del crudo o cuando se extraen metales del mineral de hierro.

Cuando se quema combustible que lo contiene, es liberado con los humos de combustión.

El  $\text{SO}_2$  se disuelve en agua para formar ácido e interactúa con otros gases y partículas en el aire para formar sulfatos y otros productos que pueden ser dañinos.

Dióxido de azufre		
Estado físico	Peligros físicos	Peligros químicos
Gas licuado comprimido o gas incoloro, de olor acre	El gas es más denso que el aire.	La disolución en agua es moderadamente ácida. Reacciona violentamente con amoníaco, acroleína, acetileno, metales alcalinos, cloro, óxido de etileno, aminas, butadieno. Reacciona con el agua o vapor de agua, originando peligro de corrosión. Ataca a muchos metales incluyendo, aluminio, hierro, acero, cobre, níquel en presencia de agua. Incompatible con los halógenos. Ataca a los plásticos, caucho y recubrimientos, si está en forma líquida.
Propiedades físicas		
<b>Punto de ebullición</b>	<b>Punto de fusión</b>	<b>Densidad relativa</b>
-10°C	-75.5°C	1.4 a -10°C
<b>Solubilidad en agua</b>	<b>Densidad relativa de vapor</b>	<b>Presión de vapor</b>
8.5	2.25	kPa a 20°C: 330

Fuente (61)

### Fuentes

**Combustión de combustibles fósiles:** Está principalmente en forma de gas, por lo que la vía de exposición es la inhalación de aire contaminado, mayor donde se lleva a cabo combustión de fuel (91).

**Aire exterior:** En conjunto, más de la mitad de las emisiones de óxidos de azufre que llegan a la atmósfera se producen por actividades humanas, sobre todo por la combustión de carbón, petróleo y por la industria metalúrgica, debido a que el azufre reacciona con el oxígeno en el proceso de combustión, formando  $\text{SO}_2$ . En los procesos metalúrgicos, se liberan grandes cantidades de este gas debido a que se emplean frecuentemente los metales en forma de sulfuros.

La inhalación por la población general que reside cerca de zonas industriales es la principal fuente de exposición.

En España sus emisiones se concentran en Galicia y Aragón, al estar situadas en estas Comunidades importantes instalaciones productoras de electricidad que usan combustibles de baja calidad. En estado líquido es un buen disolvente y es utilizado como tal. En la industria alimenticia también se aplica como conservante y antioxidante sobre todo para zumos, frutos secos, mermeladas, vino, etc. (73).

Las concentraciones interiores sin fuentes específicas son más bajas en el interior que en el exterior, dependiendo la concentración en el interior de la capacidad de las superficies de absorber o recoger de otra forma estos contaminantes y la presencia de otros que puedan interactuar con ellos, sin olvidar la ventilación.

En climas cálidos sin lluvias frecuentes, como el de Andalucía, los edificios pueden dejarse abiertos y la concentración interior suele ser la misma que la exterior.

### Efectos sobre la salud

El  $\text{SO}_2$  es un producto primario de la combustión de combustibles fósiles que puede ser agrupado junto a aerosoles ácidos y partículas para formar un complejo grupo de distintos contaminantes del aire asociados con una amplia serie de efectos adversos sobre la salud, incluyendo mortalidad y morbilidad respiratoria a corto plazo (92) e irritación y agravamiento de enfermedades respiratorias crónicas como efectos agudos (57).

Estudios en cámara han determinado que los calentadores de queroseno son la principal fuente de aerosoles de sulfato y  $\text{SO}_2$  interior (93). Algunos estudios en cámara han demostrado que el  $\text{SO}_2$  puede causar broncostricción en adultos sanos y con asma pero un estudio más reciente encontró que el  $\text{SO}_2$  (200 ppb) y sus productos de reacción (ácido sulfúrico 200mg/m<sup>3</sup> y bisulfato amónico 2000 mg/m<sup>3</sup>) no causan cambios significativos en espirometrías o síntomas en sujetos sanos y sujetos con asma (93;94).

## Calidad del aire interior

Sin embargo, otro informe en el que se examinaban los efectos de las fuentes de calor interior sobre los síntomas de mujeres no fumadoras, publicaba que un incremento de 10 ppb en SO<sub>2</sub> estaba asociado con un incremento de los estornudos y la opresión torácica (95).

### Evidencia científica sobre los efectos de la exposición a SO<sub>2</sub> en ambientes interiores

País	Estudio/población	Exposición	Resultados
<b>Airway sensitivity of asthmatics to sulfur dioxide. HORSTMAN D ET AL 1986</b>			
--	Hombres no fumadores asmáticos (n=27) sensibles a metacolina inhalada. Ninguno usaba corticoesteroides o cromoglicato sódico	La medicación oral se retiró 48 horas antes de los tests y la inhalada 12 horas antes. Cada sujeto fue expuesto 10 minutos a concentraciones de 0.00, 0.25, 0.50 y 1.00 ppm de SO <sub>2</sub> a 26 °C y 70% de humedad relativa.	Durante las exposiciones los sujetos respiraron de forma normal y realizaron ejercicio moderado. Antes y 3 minutos después de cada exposición se midió la resistencia aérea específica (SRaw). Aquellos sujetos cuya SRaw no subió al doble en la exposición de 1 ppm se expusieron también a 2 ppm. Se observó gran variabilidad entre los resultados obtenidos en los 23 sujetos.

## E. Óxidos de nitrógeno

### Descripción

La suma de NO y NO<sub>2</sub> es conocida como NO<sub>x</sub>.

Dióxido de nitrógeno				
Estado físico	Peligros físicos		Peligros químicos	
Gas marrón- rojizo o líquido marrón oamarillo, de olor acre	El gas es más denso que el aire.		La sustancia es un oxidante fuerte y reacciona violentamente con materiales combustibles y reductores. Reacciona con agua produciendo ácido nítrico y óxido nítrico. Ataca a muchos metales en presencia de agua.	
Propiedades físicas				
Punto de ebullición	Punto de fusión	Solubilidad en agua	Presión de vapor	Densidad relativa vapor (aire=1)
21.2°C	-11.2°C	Reacciona	kPa a 20°C: 96	1.58

Fuente (61)

Es identificado en el proyecto INDEX como contaminante interior de alta prioridad (63).

### Fuentes

Los óxidos de nitrógeno son productos de combustión de hornos y aparatos de gas y se encuentran en el humo de tabaco, soldaduras, humos de tubos de escape de motores diesel y de gas (57). Por tanto, en el interior la fuente primaria del  $\text{NO}_2$  interior son los electrodomésticos de cocina y calefacción a gas (26) aunque también contribuyen el humo de tabaco ambiental y el uso de velas (96). Las concentraciones debido a su uso pueden superar ampliamente los niveles encontrados en el exterior (97). Los factores que favorecen niveles elevados de  $\text{NO}_2$  son una pobre ventilación, el pequeño tamaño de los apartamentos y uso frecuente de estufas de gas (96;98).

Una vez liberado al aire, el  $\text{NO}$  se oxida a  $\text{NO}_2$  por los oxidantes que estén disponibles (particularmente ozono). Esto ocurre rápidamente bajo algunas condiciones en el aire exterior, en el interior el proceso es mucho más lento. Tanto el  $\text{NO}$  como el  $\text{NO}_2$  pueden sufrir reacciones que forman otros óxidos de nitrógeno, tanto en el interior como en el exterior, incluyendo  $\text{HNO}_2$ ,  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{NO}_3$ ,  $\text{N}_2\text{O}_5$ , PAN y otros nitratos orgánicos (99).

Las exposiciones varían enormemente en el interior y el exterior, en ciudades y zonas rurales y con la hora del día y la estación. Las concentraciones de  $\text{NO}$  y  $\text{NO}_2$  en el exterior están relativamente bien documentadas y en el interior se deben mayoritariamente a las combustiones y el humo de tabaco.

Depende de los detalles específicos de la naturaleza de electrodomésticos de combustión, chimeneas y ventilación. Cuando los electrodomésticos de combustión sin ventilación se usan para cocina o calefacción las concentraciones interiores exceden enormemente las del exterior.

Aire exterior: Hay fuentes exteriores que pueden tener una contribución importante a la contaminación del aire interior por óxidos de nitrógeno como las plantas de producción de energía que queman carbón y las áreas donde hay un uso intenso de vehículos motorizados

Combustiones: Las viviendas que queman mucha leña o que usan calentadores de queroseno y cocinas de gas tienden a tener niveles de óxidos de nitrógeno más altos en su interior comparadas a viviendas que no usan estos productos.

Humo de tabaco: las concentraciones de  $\text{NO}_x$  en hogares de fumadores es mayor que en los de no fumadores.

### Efectos sobre la salud

La principal ruta de exposición, ya que el NO<sub>x</sub> es un gas, es la inhalación. Después de ser inhalado, entre el 70-90% puede ser absorbido por el tracto respiratorio, incrementándose este porcentaje con el ejercicio (19).

Los efectos agudos que produce la exposición a óxidos de nitrógeno son irritación de ojos, del tracto respiratorio y de las membranas mucosas (57).

Según la evidencia científica analizada por el proyecto INDEX, las exposiciones a largo plazo conllevan un incremento de los síntomas respiratorios y disminución de la función pulmonar en niños en la población general (63) aunque no hay resultados definitivos sobre la duración de la exposición que provoca efectos en poblaciones susceptibles (26). Los niveles medidos en hogares europeos indican que una porción considerable de la población está expuesta a niveles de NO<sub>x</sub> superiores al nivel guía para la protección contra efectos respiratorios establecido por la OMS (<40mg/ m<sup>3</sup>) difícil de conseguir ya que en áreas de tráfico intenso, el aire exterior ya introduce esa concentración en el interior (63).

Hay evidencia reciente que sugiere que los niños con asma o atopía, bebés en riesgo de desarrollar asma y mujeres adultas son más sensibles a los efectos de la exposición a NO<sub>2</sub>. La exposición interior a NO<sub>2</sub> puede también incrementar las reacciones asmáticas a los alérgenos inhalados, siendo en un estudio, el flujo expiratorio máximo después de la exposición al alérgeno, un 6.6% menor (p=0.02) después de la exposición a NO<sub>2</sub> que a la exposición a aire (100).

El ácido nítrico, un producto de la combustión primaria formado como un producto secundario de NO<sub>2</sub> y otros óxidos de nitrógeno y agua se encuentra también en superficies interiores. La naturaleza ácida de los óxidos nítricos hacen que sean capaces de causar daño respiratorio conducente a síntomas respiratorios en pacientes con asma a concentraciones de 65 ppb durante 3 horas (92;101).

Evidencia científica sobre los efectos de la exposición a NO<sub>x</sub> en ambientes interiores

País	Estudio/población	Exposición	Resultados
<b>Health effects of indoor nitrogen dioxide and passive smoking on urban asthmatic children. MEYER K. ET AL 2007</b>			
EEUU	1528 niños de edades entre 4 y 9 años de 8 zonas del centro de la ciudad	Niños asmáticos entre 4 y 9 años y exposición a NO <sub>2</sub> y humo de tabaco ambiental. Medidos usando tubos de palmes y cotinina urinaria. Entrevista telefónica a los 3, 6 y 9 meses (uso de servicios de salud, síntomas asmáticos y peak flow rate)	El riesgo relativo para los síntomas asmáticos con incremento de exposición a NO <sub>2</sub> fue 1.75 (IC 95%, 1.10-2.78) en niños que no tuvieron test positivos cutáneos. La mayor exposición a NO <sub>2</sub> resultó en picos más bajos durante los meses fríos (RR 1.46; IC 95%, 1.07-1.97). La mayor exposición en los meses fríos se asoció débilmente con picos más bajos (RR 1.21; IC 95%, 0.99-1.47). No hubo efecto de exposición a humo de tabaco ambiental en los síntomas o uso de servicios de salud.
<b>Exposure to NO2 and nitrous acid and respiratory symptoms in the first year of life. VAN STRIEN RT ET AL 2004</b>			
EEUU	Se midió la frecuencia de síntomas respiratorios durante el primer año de vida.	Se midieron una vez las concentraciones de dióxido de nitrógeno y ácido nítrico (1996-1998) en los hogares de 768 niños que tuvieron riesgo de desarrollar asma	Los niños que vivían en casas con una concentración de NO <sub>2</sub> mayor de 17.4 ppb (cuartil más alto) tuvieron una mayor frecuencia de días con dificultad respiratoria (RR=2.2; IC 95%=1.4-3.4), tos persistente (1.8; 1.2-2.7), y falta de aliento (3.1; 1.8-5.6) en comparación con niños de hogares en los que la concentración de NO <sub>2</sub> era más baja de 5.1 ppb (cuartil más bajo), controlando por la concentración de ácido nítrico. La exposición a ácido nítrico no se asoció independientemente con los síntomas respiratorios.
<b>Indoor exposures and acute respiratory effects in two general population samples from a rural and an urban area in Italy. SIMONI M, 2004</b>			
Italia	421 casas (2/3 en Pisa)	NO <sub>2</sub> y partículas PM2.5	Las enfermedades respiratorias agudas con fiebre se asociaron significativamente con los índices de NO <sub>2</sub> (OR=1.66; IC 95%=1.08-2.57) y exposición a PM2.5 (OR=1.62; IC 95%=1.04-2.51), mientras que los síntomas asmáticos/bronquitis se asociaron sólo con la exposición a PM2.5 (OR=1.39; IC 95%=1.17-1.66). La variabilidad PEF se relacionó solo con el índice de exposición a PM2.5 (OR=1.38; IC 95%=1.24-1.54, para la máxima amplitud; OR=1.37; IC 95%=1.23-1.53, para la variación diurna).
<b>Nitrogen dioxide is not associated with respiratory infection during the first year of life. SUNYER J, 2004</b>			
Estudio multicéntrico	1611 niños reclutados antes del nacimiento para el estudio Asthma Multicentre Infants Cohort Study (AMICS). 3 cohortes (Ashford, Kent [UK]; Barcelona y Menorca) que siguieron el mismo protocolo de investigación.	Exposición a NO <sub>2</sub> en el hogar	LRTI= infección del tracto respiratorio inferior Las tasas acumulativas de LRTI (39% en Ashford, 28% en Barcelona y 45% en Menorca) no se relacionaron con los niveles de NO <sub>2</sub> en las 3 cohortes (OR alrededor de 1)

### Evidencia científica sobre los efectos de la exposición a NO<sub>x</sub> en ambientes interiores

País	Estudio/población	Exposición	Resultados
<b>NO<sub>2</sub>, as a marker of air pollution, and recurrent wheezing in children: a nested case-control study within the BAMSE birth cohort. EMENIUS G</b>			
Suecia	Transversal, cohorte de 4089 niños	Cuestionarios para los padres sobre exposiciones, síntomas y enfermedades a las edades de 2 meses, y 1 y 2 años.	La OR para el NO <sub>2</sub> interior fue de 1.51 (IC 95% 0.81-2.82). Se detectó una interacción con humo de tabaco ambiental, valor OR=3.10 (IC 95% 1.32 - 7.30) entre niños expuestos al cuartil más alto de NO <sub>2</sub> interior y humo ambiental de tabaco.

## F. Radón

### Descripción

Gas radioactivo natural, químicamente inerte, sin olor, color o sabor. Se produce por la descomposición del uranio, un elemento que se encuentra en cantidades variables en rocas y suelos de todo el mundo (42).

Radón				
Estado físico	Propiedades físicas			
Gas incoloro	Punto de ebullición	Punto de fusión	Solubilidad en agua	Densidad
	-62°C	-71°C	ml/100 ml a 20°C: 22.2	9.73 g/l

Fuente (61)

### Fuentes

El gas radón escapa fácilmente de la tierra hacia el aire y se desintegra en productos de vida corta (progenie o descendientes). Estos productos emiten radiación altamente ionizante llamada partículas alfa, que pueden estar cargadas eléctricamente y atacar a aerosoles, polvo y otras partículas en el aire que respiramos (102).

El radón es la fuente más importante de radiación natural: representa el 50% de toda la radiación que afecta al ser humano a lo largo de su vida (103).

En el aire exterior, debido a la dilución los niveles de radón son usualmente muy bajos. En el aire interior se dan niveles mayores y en lugares como minas, cuevas e instalaciones de trata-

miento de agua pueden encontrarse concentraciones mucho más altas. Los primeros estudios sobre los efectos del radón sobre la salud fueron de tipo ocupacional, realizados sobre mineros. En el interior de viviendas y otros edificios las concentraciones de radón a las que está expuesta la población general son menores pero también tienen efectos sobre la salud. Para la mayoría de la población, la mayor exposición a radón se da en el hogar.

El nivel medio de radón en el exterior varía entre 5 y 15 Bq/m<sup>3</sup>, aunque se han observado valores tanto superiores como inferiores. En el interior, el valor medio de la concentración de radón se ha estimado en 39 Bq/m<sup>3</sup>, con marcada variación entre países según el Comité Científico de Naciones Unidas sobre los Efectos de la Radiación Atómica (UNSCEAR).

**Suelo:** La concentración de radón en el hogar depende de la cantidad de uranio productor de radón en las rocas y suelos subyacentes, las rutas por las que pueda transportarse al interior y la tasa de intercambio entre el aire interior y exterior. El gas radón entra en las casas a través de aperturas tales como grietas, huecos en el suelo, pequeños poros, sumideros y drenajes. Como consecuencia, los niveles de radón son usualmente mayores en sótanos, bodegas y otras áreas estructurales en contacto con el suelo.

En zonas donde las casas se construyen sobre suelos con un alto contenido de uranio o una alta permeabilidad se han encontrado concentraciones muy altas de radón (>1000 Bq/ m<sup>3</sup>). En formaciones geológicas específicas de muchos países europeos, el radón liberado de las aguas subterráneas permea fácilmente a través de la roca hacia la superficie y el interior de los edificios.

Aunque en otros países hay normativa específica sobre la exposición a radón en ambientes laborales y para la población general, en España aún no la hay, ya que el Reglamento de protección sanitaria contra radiaciones ionizantes, RD 783/2001 de 6 de Julio excluye específicamente la exposición a radón en el interior de viviendas.

### Efectos sobre la salud

El radón es la fuente más importante de radiación natural: representa el 50% de toda la radiación que afecta al ser humano a lo largo de su vida (103). El gas radón escapa fácilmente de la tierra hacia el aire y se desintegra en productos de vida corta (progenie o descendientes). Estos productos emiten radiación altamente ionizante llamada partículas alfa, que pueden estar

cargadas eléctricamente y atacar a aerosoles, polvo y otras partículas en el aire que respiramos (102). Las más pequeñas, la fracción respirable, alcanzarán las zonas más sensibles del tejido bronquial y pulmonar, depositándose allí, juntamente con el 10% restante de los productos de desintegración. La deposición de estas partículas, junto con estos productos genera una fuente de emisión de partículas alfa de alta densidad (104). No produce efectos agudos (57) pero las partículas alfa pueden dañar el ADN y potencialmente causar cáncer de pulmón (105).

Cuando el radón gas es inhalado, la mayoría es exhalada antes de que decaiga. Una pequeña parte del radón inhalado y su progenie pueden transferirse desde los pulmones a la sangre y finalmente a otros órganos, pero las correspondientes dosis y riesgo de cáncer asociado son insignificantes comparados con el riesgo de cáncer de pulmón (105;106). De hecho, se ha estimado que el riesgo para otros órganos es un 2% del riesgo de cáncer de pulmón (107). El radón produce cáncer de pulmón y es, después del tabaco, el segundo factor de riesgo de esta enfermedad. El riesgo de cáncer de pulmón es aún más elevado si los expuestos son fumadores (108).

El radón está entre los carcinógenos ambientales mejor estudiados. La evidencia procede de múltiples líneas de investigación que incluyen estudios epidemiológicos de mineros y de población general, estudios en animales y estudios de laboratorio sobre la respuesta de los sistemas celulares a la exposición a partículas alfa (109). Basándose en estos estudios, la Agencia Internacional para la investigación sobre el cáncer (IARC) que es una agencia de la OMS especializada en cáncer, y el programa de EEUU de toxicología han clasificado el radón como carcinógeno humano. Los científicos también han investigado si los niveles de radón encontrados en hogares y otros lugares son un riesgo significativo para la salud.

Estudios y análisis de estudios clave en Europa, Norteamérica y China han confirmado que el radón en hogares contribuye sustancialmente a la aparición de cáncer de pulmón en todo el mundo (105). También estudios en España, concretamente en Galicia (que constituye un área de alta emisión de radón (110), sugieren que el radón en hogares constituye un factor de riesgo para el cáncer de pulmón (110). En un estudio norteamericano, los resultados obtenidos proporcionaron evidencia directa de la asociación entre el radón residencial y el riesgo de cáncer de pulmón, un hallazgo ya predicho por la extrapolación de los resultados de estudios ocupacionales de los mineros expuestos a radón (111). El riesgo relativo (estimado) para una exposición doméstica ajustado por sexo, edad, región, hábito tabáquico y exposición ocupacional pasada es de 1.07 IC( 1.00-1.14)

Recientes estimaciones de la proporción de cánceres de pulmón atribuibles al radón varía entre un 6 y 15 %. Todos los estudios están de acuerdo en la magnitud de la estimación del riesgo. Sin embargo, la carga de muertes por cáncer de pulmón atribuidas al límite superior de distribución de la exposición se espera que se reduzca bajando las concentraciones de radón (112).

La relación dosis-respuesta parece ser lineal sin evidencia de un nivel umbral, incrementándose el riesgo de cáncer de pulmón proporcionalmente con el incremento en la exposición a radón (el riesgo de cáncer de pulmón se incrementa en un 16% con cada incremento de 100 Bq/m<sup>3</sup> en la concentración de radón, o de un 24% para una exposición ponderada en el tiempo a 150Bq/m<sup>3</sup>) (113).

Los fumadores presentan un riesgo mayor, aproximadamente 25% superior frente a los no fumadores para las mismas concentraciones de radón. La mayoría de cánceres de pulmón inducidos por radón se dan entre fumadores (114).

Evidencia científica sobre los efectos de la exposición a RADÓN en ambientes interiores			
País	Estudio/población	Exposición a radón	Resultados
<b>Indoor Radon and Lung Cancer in France. BAYSSON H. ET AL, 2005</b>			
Francia	Caso-control	--	RR (IC 95%): 0.85 (0.59 –1.22) para 50-100 Bq/m <sup>3</sup> 1.19 (0.81–1.77) para 100-200 Bq/m <sup>3</sup> 1.04 (0.64 –1.67) para 200-400 Bq/m <sup>3</sup> 1.11 (0.59 –2.09) para 400 Bq/m <sup>3</sup>
<b>Residential Radon Gas Exposure and Lung Cancer. The Iowa Radon Lung Cancer Study. FIELD R. W. ET AL, 2001</b>			
Iowa, EEUU	Caso-control (413 casos de cáncer de pulmón y 614 controles) / Mujeres de Iowa que habían vivido 20 años en su residencia	148 Bq/m <sup>3</sup> (referencia)	Después de ajustar por edad, hábito tabáquico y educación Exceso odd de 0.50 (IC95% 0.004, 1.81) y 0.83 (IC 95% 0.11, 3.34)
<b>Case-control study of radon and lung cancer in New Jersey. WILCOX ET AL. 2007</b>			
New Jersey	561 casos y 740 controles.	--	OR ajustada por 100 Bq m(-3) -0.13 (IC 95%: -0.30 a 0.44) para hombre, 0.29 (IC 95%: -0.12 a 1.70) para mujeres y 0.05 (IC 95%: -0.14 a 0.56) para todos los sujetos.
<b>Indoor radon and lung cancer risk in Connecticut and Utah. SANDLER DP ET AL 2006</b>			
EEUU	1474 casos incidentes de cáncer de pulmón (entre 40-79 años) y 1811 controles	23 Bq/m <sup>3</sup> en Connecticut y 45 Bq/m <sup>3</sup> en Utah/ Idaho Sur	El exceso de riesgo relativo asociado con un incremento de 100 Bq/m <sup>3</sup> fue de 0.002 (IC 95% -0.21, 0.21) en la población general.

Study of lung cancer and residential radon in the Czech Republic. TOMASEK ET AL. 2001			
República Checa	Transversal, mortalidad por cáncer de pulmón	Concentración media de radón 509 Bq/m <sup>3</sup>	El exceso de riesgo relativo por concentración estándar de radón (100 Bq/m <sup>3</sup> ) fue 0.087 (IC 90%: 0.017-0.208)
Increased lung cancer risk due to residential radon in a pooled and extended analysis of studies in Germany. WICHMANN ET AL. 2005			
Alemania	Casos – controles (2,963 casos incidentes de cáncer de pulmón y 4,232 controles)	Exposición media a radón de 61 Bq /m <sup>3</sup>	El incremento lineal en la OR para cada incremento de 100Bq/m <sup>3</sup> fue de 0.10 (IC 95% -0.02 a 0.30) para todos los sujetos y 0.14 (IC 95% -0.03 a 0.55) para aquellos que vivieron en un solo hogar durante los últimos 5-35 años.
Residential radon exposure, diet and lung cancer: A case control study in a Mediterranean region. BOCHICCHIO ET AL. 2005			
Lazio	Casos - controles. 384 casos y 404 controles de entre 35 y 90 años reclutados en el hospital	--	El exceso de OR por 100 Bq/m <sup>3</sup> fue 0.14 (-0.11, 0.46) para todos los sujetos, 0.24 (-0.09, 0.70) para sujetos con medidas completas de radón y 0.30 (-0.08, 0.82) para individuos que habían vivido en 1 o 2 viviendas
Exposure to residential radon and lung cancer in Spain: A population-based case-control study. BARROS-DIOS ET AL. 2002			
Distrito de salud pública de Santiago de Compostela, España	Caso – control: 163 casos de cáncer de pulmón incidente y 241 controles.	--	Las OR ajustadas para los cuartiles segundo, tercero y cuarto de radón son: 37.0 Bq/m <sup>3</sup> 2.73 (IC 95%: 1.12 - 5.48) 55.2 Bq/m <sup>3</sup> 2.48 (IC 95%: 1.29 - 6.79) 148.0 Bq/m <sup>3</sup> 2.96 (IC 95%: 1.29 - 6.79)

## G. Compuestos orgánicos volátiles

### Descripción

Grupo de compuestos químicos y compuestos de origen biológico caracterizados por su gran volatilidad (capacidad para pasar a fase gaseosa).

### Fuentes

A continuación se describen los principales que se encuentran en el aire interior.

#### 1. Formaldehído

##### Descripción

Gas inflamable, incoloro y que polimeriza rápidamente a temperatura ambiente. Se disuelve fácilmente en agua, alcoholes, y otros disolventes polares.

Está presente en el medio ambiente como resultado de procesos naturales y desde fuentes producidas por el hombre (66).

## Calidad del aire interior

Se forma en grandes cantidades en la troposfera por la oxidación de hidrocarburos. Otras fuentes menores son la descomposición de plantas y la transformación de químicos emitidos por las hojas.

Se procesa industrialmente en grandes cantidades y se usa para muchas aplicaciones.

### Fuentes principales en el aire interior

En un estudio del Inhalation Toxicology Research Institute, la tasa de liberación de formaldehído es, según el material: Madera aglomerada >> ropa, productos aislantes, papel > telas > moqueta.

En el ambiente interior, el humo de tabaco junto al uso de espumas ureicas como aislantes, son las fuentes principales de exposición (115).

**Aire exterior:** emitido por motores sin convertidores catalíticos, por los residuos producidos durante su fabricación y por materiales derivados o tratados con él.

**Productos domésticos:** Se usa como conservante en comida, cosméticos y agentes de limpieza y en la formulación de adhesivos que se usan sobre superficies plásticas. Las alfombras, parquet, pinturas, desinfectantes y las cocinas de gas también pueden ser emisores de formaldehído.

También lo contienen y pueden emitirlo las telas de plancha fácil.

**Mobiliario y material de construcción:** Uno de los usos más comunes del formaldehído es la fabricación de resinas ureicas y melaminas.

Las resinas ureicas se usan en el aislamiento de edificios y pueden emitir formaldehído después de la instalación o constituir una fuente persistente, aunque las emisiones dependen de la edad del edificio, tipo de resina, tipo de aplicación y cuidados tomados, tasa de exceso de formaldehído, cantidad y tasa de emisión, temperatura-humedad y tasas de ventilación (66). Las resinas fenólicas son emisores más débiles (91).

Las melaminas, madera aglomerada y los adhesivos usados para los materiales de construcción y los barnices del parquet también constituyen una fuente importante en el interior.

En la madera aglomerada, la emisión procede del formaldehído que durante el prensado en el proceso de fabricación, es transferido por el vapor caliente junto a otros volátiles desde la superficie al centro del tablero, donde se acumula y alcanza concentraciones que doblan la del exterior. La emisión disminuye con el tiempo.

**Humo de tabaco:** El humo de un cigarrillo contiene cerca de 1.5 mg de formaldehído, 30 µg en el humo inhalado y 1526 µg en el humo de la colilla. El consumo de un paquete de cigarrillos al día, 20, supone una exposición de 1 mg/día (68). El humo de tabaco ambiental, puede contribuir de un 10 a un 25% de la exposición (91).

**Fuentes de combustión:** Los sistemas de calefacción y cocina de gas, también lo originan.

**Degradación de otros compuestos:** Por ejemplo el limoneno y pineno, que pueden ser también liberados de productos de consumo y compuestos antropogénicos mediante reacción con ozono.

## 2. Benceno

### Descripción

Es un líquido incoloro de olor dulce. El benceno se evapora al aire rápidamente y es sólo ligeramente soluble en agua, además de sumamente inflamable.

Benceno		
Estado físico	Peligros físicos	Peligros químicos
Líquido incoloro, de olor característico	El vapor es más denso que el aire y puede extenderse a ras del suelo; posible ignición en punto distante. Como resultado del flujo, agitación, etc., se pueden generar cargas electrostáticas.	Reacciona violentamente con oxidantes, ácido nítrico, ácido sulfúrico y halógenos, originando peligro de incendio y explosión. Ataca plásticos y caucho.
Propiedades físicas		
Punto de ebullición	Punto de fusión	Solubilidad en agua
80°C	6°C	g/100 ml a 25°C: 0.18
Presión de vapor	Densidad relativa (agua=1)	Densidad relativa de vapor
kPa a 20°C: 10	0.88	2.7

Fuente (61)

## Calidad del aire interior

### Fuentes

El benceno se encuentra en el aire, el agua y el suelo y proviene tanto de fuentes industriales como naturales.

Los niveles de benceno en el aire interior generalmente son más altos que al aire libre.

### Fuentes principales en el aire interior

La inhalación de aire que contiene benceno procedente de fuentes antropogénicas (incluido el humo de tabaco) es la principal vía de exposición al benceno.

En ambientes interiores donde no hay fuentes de benceno, los niveles los determina la concentración del aire exterior.

El estudio PEOPLE (116) midió los siguientes niveles de benceno en interiores en Madrid:

Ambiente interior	Media
Hogares (13)	5,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Escuelas (3)	6.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Tiendas (4)	8.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Oficinas (4)	7.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Bares (5)	19.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Taxis (7)	14.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Los altos niveles en tiendas, oficinas y bares se debieron a la posible presencia de humo de tabaco y en los taxis, debido al humo del tráfico.

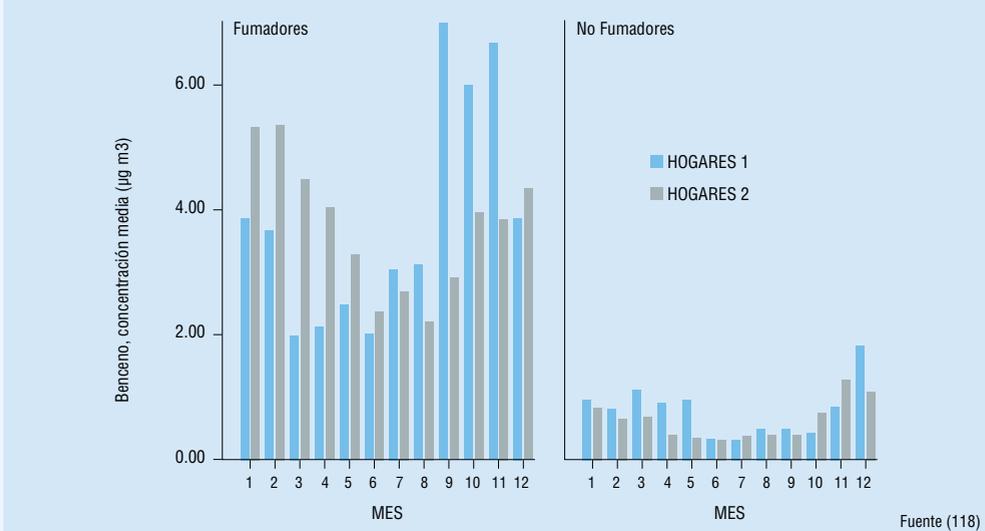
**Humo de tabaco:** La principal fuente de benceno en el aire interior parece ser el humo de tabaco, siendo por tanto la combustión de tabaco una importante fuente para la población general (fumadores y fumadores pasivos), no pudiendo descartarse el aporte de la contaminación del aire exterior (117).

El humo inhalado de un cigarrillo contiene entre 6 y 73  $\mu\text{g}$  de benceno. Se ha encontrado a niveles más altos en las casas de fumadores que en las de no fumadores.

## Calidad del aire interior

Según la Agencia de protección medioambiental de EEUU (EPA), aproximadamente la mitad de la exposición al benceno en Estados Unidos es el resultado de fumar cigarrillos o de exposición a humo de tabaco. Un fumador típico (32 cigarrillos al día) inhala aproximadamente 1.8 miligramos (mg) de benceno al día. Esta cantidad es aproximadamente 10 veces mayor que la cantidad de benceno que inhala una persona que no fuma.

**GRÁFICO 3. Concentraciones de benceno en el aire interior de casas de Escocia situadas sobre tierras contaminadas (Hogares 1) y cercanías (Hogares 2) categorizadas según los ocupantes sean o no fumadores**



Fuente (118)

**Aire exterior:** La población que vive cerca de sitios de desechos peligrosos, refinерías de petróleo, industrias petroquímicas o estaciones de servicio puede estar expuesta a niveles de benceno más altos.

La inhalación durante el llenado del depósito del coche puede ser también importante (3.2 mg/ m<sup>3</sup>), debido a su presencia en los combustibles. Por tanto el humo de los automóviles es también una fuente que condiciona su presencia en el aire exterior.

La industria petroquímica, refinерías de petróleo y manufactura de carbón de hulla y coque, manufactura de neumáticos y almacenaje y transporte de benceno y de productos de petróleo que contienen benceno son las principales emisoras de benceno, aunque también puede emitirse desde los hornos de coque en la industria del acero, en la imprenta, industria de caucho, fabricantes de calzado y laboratorios.

**Productos de consumo:** los pegamentos, pinturas, cera para muebles y detergentes pueden también contenerlo y ser una fuente de emisión en el interior (65).

### 3. Naftaleno

#### Descripción

Sustancia sólida de color blanco que se evapora fácilmente. Su uso principal en hogares es en forma de bolitas o escamas antipolillas, y también se la conoce como alquitrán blanco y alcanfor blanco. Cuando se mezcla con aire, los vapores de naftalina se incendian fácilmente.

También se conoce como naftalina.

Naftaleno		
Estado físico	Peligros físicos	Peligros químicos
Sólido en diversas formas, de olor característico.	Es posible la explosión del polvo si se encuentra mezclado con el aire en forma pulverulenta o granular	Por combustión formación de gases tóxicos e irritantes. Reacciona con oxidantes fuertes.
Propiedades físicas		
Punto de ebullición	Punto de fusión	Solubilidad en agua
218°C	80°C	g/100 ml a 25°C: ninguna
Presión de vapor	Densidad relativa vapor (aire=1)	Densidad
Pa a 25°C: 11	4.42	1.16 g/cm <sup>3</sup>

Fuente (61)

#### Fuentes

Mediante evaporación desde su estado sólido o desde los compuestos que la contienen (combustibles fósiles, etc.). La ruta de exposición más probable a la naftalina y los compuestos relacionados 1-metilnaftalina ó 2-metilnaftalina es a través del aire. El aire libre contiene pequeñas cantidades de estas sustancias. Quemar madera o combustibles fósiles, y las descargas de aguas industriales, aumentan la cantidad de estas sustancias en el ambiente

#### Fuentes principales en el aire interior

**Combustibles fósiles y madera:** tanto el petróleo como el carbón la contienen, por lo que su combustión, al igual que la de la madera, puede liberarla en el aire interior si se utilizan estufas, cocinas, etc. que usen este tipo de combustibles.

## Calidad del aire interior

**Tabaco:** El humo de tabaco es también una fuente de naftaleno. Las concentraciones de naftalina más elevadas del aire interior se encuentran en los hogares de fumadores.

**Productos de uso doméstico:** Repelentes para polillas, en forma de bolas o cristales, telas que hayan sido tratadas con estos productos y bloques desodorantes para cuartos de baño.

**Aire exterior:** Se usa de forma industrial en la manufactura de otras sustancias químicas que se utilizan para fabricar plásticos de cloruro de polivinilo (PVC), tinturas, resinas, agentes para curtir cuero y el insecticida carbaril.

El escape de automóviles agrega naftalina, entre otras sustancias químicas, a la contaminación en ciudades. Las concentraciones típicas de la naftalina en el aire son bajas, 0.2 ppb o menos. En hogares e interiores donde se fuman cigarrillos, se quema madera o se usan repelentes para polillas, los niveles de naftalina y otras dos sustancias relacionadas, 1-metilnaftalina y 2-metilnaftalina, son más altos. Los estudios indican que generalmente la concentración promedio de estos contaminantes en el aire interior es menor que 1 ppb.

## 4. Xileno

### Descripción

El xileno es un líquido incoloro de olor dulce que se inflama fácilmente. Se encuentra de forma natural en el petróleo y el alquitrán. Las industrias químicas producen xileno a partir del petróleo.

Xileno		
Estado físico	Peligros físicos	Peligros químicos
Líquido incoloro, de olor característico	Como resultado del flujo, agitación, etc., se pueden generar cargas electrostáticas.	Reacciona violentamente con oxidantes fuertes, originando peligro de incendio y explosión.
Propiedades físicas		
<b>Punto de ebullición</b>	<b>Punto de fusión</b>	<b>Densidad relativa</b>
144°C	-25°C	0.88
<b>Solubilidad en agua</b>	<b>Densidad relativa de vapor</b>	<b>Presión de vapor</b>
Ninguna	3.7	kPa a 20°C: 0.7

Fuente (61)

### Fuentes

En el aire interior se produce por evaporación de productos de uso doméstico que lo contiene y por combustión de combustibles fósiles y tabaco.

Los niveles típicos de xileno en el aire en el interior de viviendas varían entre 1 y 10 ppb (115). En algunos casos, los niveles de xileno en el interior de viviendas pueden ser más altos que los niveles al aire libre, especialmente en edificios con ventilación inadecuada.

**Combustibles fósiles:** Aproximadamente un 92% de la producción de xilenos se usa para su mezcla con gasolina. El resto se usa en una variedad de solventes así como para producir isómeros individuales de xileno. Los sistemas de calefacción y agua caliente central que usen gasolina suponen una fuente en el aire interior.

**Productos de uso doméstico:** barniz, laca, productos para prevenir la corrosión, líquidos para diluir o quitar pintura y plaguicidas

**Humo de tabaco:** El hábito de fumar es determinante para su mayor presencia en el aire interior de lugares con presencia de fumadores. Se ha detectado en el aliento de fumadores en concentraciones de más del doble que las de no fumadores.

**Aire exterior:** su presencia se debe al humo de vehículos, estaciones de servicio y emisiones industriales de fábricas de pinturas, destiladores de xileno, plantas de procesado y acabado de madera, manufactura de metal, así como laboratorios clínicos (91).

## 5. Tolueno

### Descripción

Líquido claro, sin color, con un olor característico.

Es un disolvente de aceites, resinas, caucho natural (mezclado con ciclohexano) y sintético, alquitrán de hulla, asfalto, brea y acetilcelulosas (en caliente, mezclado con etanol). También se utiliza como disolvente y diluyente de pinturas y barnices de celulosa y como diluyente de las tintas de fotograbado. Al mezclarse con el agua, forma mezclas azeotrópicas que tienen un efecto deslustrante. El tolueno se encuentra en mezclas que se utilizan como productos de limpieza en distintas industrias y en artesanía. También se utiliza en la fabricación de deter-

gentes y cuero artificial y es una importante materia prima para síntesis orgánicas, como las de cloruro de benzoilo y bencilideno, sacarina, cloramina T, trinitrotolueno y un gran número de colorantes.

El tolueno es un componente del combustible para aviones y de la gasolina para automóviles. El Reglamento 594/91/CE del Consejo ha prohibido el uso de esta sustancia en la Unión Europea (62).

### Fuentes

Presente de forma natural en el crudo y en el árbol tolu. También se produce en el proceso de fabricación de gasolina y otros combustibles de crudo y carbón de coque.

**Aire exterior:** Humo del escape de automóviles. Gasolina, queroseno, aceite para calefacción, pinturas y lacas. Vertederos no controlados para residuos peligrosos que contienen productos de tolueno. La exposición se produce principalmente por la inhalación de aire urbano (116).

## 6. Estireno

### Descripción

Es una sustancia química industrial ampliamente usada con emisiones atmosféricas de más de 20 millones de kilogramos en los EEUU (65).

Como resultado del flujo, agitación, etc., se pueden generar cargas electrostáticas. La sustancia puede formar peróxidos explosivos. La sustancia puede polimerizar debido al calentamiento suave, bajo la influencia de la luz y en contacto con muchos compuestos tales como oxígeno, agentes oxidantes, peróxidos y ácidos fuertes, con peligro de incendio o explosión. Se descompone al arder produciendo humos tóxicos y óxido de estireno. Ataca al cobre y sus aleaciones.

### Fuentes

Se usa ampliamente para fabricar plásticos y gomas. Los productos que lo contienen son aislamientos, fibra de vidrio, tuberías de plástico, automóviles, zapatos, moquetas, además de recipientes para la comida.

Se usa en la producción de polímeros, copolímeros y plásticos reforzados. La exposición principalmente ocurre en industrias que usan estireno.

## Calidad del aire interior

Se fotodegrada en la atmósfera, con una vida media de entre 7 y 16 horas (reacciones catalizadas por radical hidroxil y ozono), es moderadamente móvil en el suelo y se volatiliza desde el agua a la atmósfera. Sufre biodegradación en la mayoría de suelos y ambientes acuáticos, más lenta en aquellos ambientes que son anaerobios. La bioconcentración no parece ser significativa.

Para la población general la exposición incluye humo de vehículos, humo de tabaco y de otros procesos de combustión y pirólisis. La principal ruta de exposición para la población general es probablemente la inhalación de aire interior contaminado.

Los niveles medios están en el rango de 0.1–50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , y pueden ser atribuidos a emisiones de materiales de construcción, productos de consumo y humo de tabaco.

La exposición en el exterior es menor que en el interior, con niveles medios que van desde 0.28 a 20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (0.064– ppmv).

Los niveles de exposición suponiendo que una persona pase 20.4 horas/día en ambientes interiores, están en el rango de 1.7 a 850  $\mu\text{g}/\text{día}$ .

**Materiales de construcción:** (moquetas, losetas del suelo, aislamiento) pegamentos usados en la construcción y acabado de edificios.

**Productos de uso doméstico:** productos de consumo (desinfectantes, plásticos, pintura) puede contribuir significativamente a la contaminación del aire interior. Los productos de poliestireno tales como materiales de embalaje, juguetes, enseres domésticos y electrodomésticos que pueden contener pequeñas cantidades del monómero, también contribuyen a los niveles en el aire interior.

**Humo de tabaco:** se encuentra también en el humo de tabaco, por lo que éste es una fuente importante en el interior.

**Procesos de combustión y pirólisis:** Se utiliza como disolvente o diluyente, como componente de los combustibles para automóviles y aviones y en la fabricación de acetato de celulosa (62).

### Efectos sobre la salud

Los compuestos orgánicos volátiles incluyen tricloroetileno, benceno, tolueno, metil-etil-cetona, alcoholes, metacrilatos, acroleínas, hidrocarburos aromáticos policíclicos y plaguicidas (26;57).

Las fuentes primarias de COV químicos en edificios incluyen mobiliario de oficina, alfombras, cubiertas de paredes de vinilo, pinturas, adhesivos, componentes de limpieza, antipolillas, pegamentos, fotocopiadoras, copiadoras-imprentas, materiales de sellado de silicona, insecticidas, herbicidas, productos de combustión, asfalto, vapores de gasolina, humo de tabaco, agua de secado del suelo, cosméticos y otros productos personales (26;57).

Los principales emisores de formaldehído son pinturas, adhesivos, aislantes y paneles de techos y paredes. Los ocupantes de edificios y las actividades son también fuentes principales de estos contaminantes interiores. La combinación de estas fuentes químicas en edificios puede resultar en la exposición del ocupante a una cantidad de entre 50 hasta 300 COV diferentes, cada uno presente en un rango de concentración de microgramo por metro cúbico.

Esta compleja mezcla química frecuentemente resulta en olores que conducen a quejas de los ocupantes en estos ambientes interiores no industriales ya que los efectos agudos que producen son náuseas, mareo, irritación, dolor de cabeza y fatiga (26).

Las respuestas adversas de la salud atribuidas pero que no se ha probado que sean causadas por COV en ambientes interiores no industriales incluyen (119):

- Efectos irritantes resultantes de irritación de la membrana mucosa.
- Efectos sistémicos tales como fatiga y dificultad para la concentración
- Efectos tóxicos tales como carcinogenicidad.

La asociación más fuerte entre COV y salud es irritación de la membrana mucosa (119;120).

#### Compuestos orgánicos volátiles como factores de riesgo para la salud respiratoria

País (muestra)	Factor de riesgo	Enfermedad / condición	OR (95% IC)
Rumchev K B, Eur Respir J 2002			
Australia (niños)	Formaldehído (cada incremento de 10 µg/m <sup>3</sup> )	Asma	1.003 (1.002–1.004)

## Calidad del aire interior

Smedje G, Int J Tuberc Lung Dis 2001*			
Suecia (niños)	Formaldehído (cada incremento de 15 µg/m³)	Asma	1.20 (0.80–1.70)
Diez U, Int J Hyg Environ Health 2000			
Alemania (niños)	Estireno, benceno	Infección pulmonar durante las primeras 6 semanas de vida	2.10 (1.10–4.20)
	Benceno		2.40 (1.28–4.48)
Pitten F A, Dtsch Med Wochenschr 2000			
Alemania (adultos)	COVs	Dolor de garganta	10.72 (1.46–465.20)
		Irritación de membranas mucosas	10.45 (1.43–453.80)
Garrett M H, Allergy 1999			
Australia (niños)	Formaldehído	Sensibilización al formaldehído	1.40 (0.98–2.00)
Wieslander G, Int Arch Occup Environ Health 1997			
Suecia (adultos)	Superficies recientemente pintadas	Asma (combinación de hipersensibilidad bronquial y síntomas relacionados con asma)	1.50 (1.00–2.40)
	Madera recientemente pintada		2.30 (1.20–4.50)
	Cocina pintada		2.20 (1.10–4.50)
Norback D, Occup Environ Med 1995*			
Suecia (adultos)	COVs	Sin aliento por la noche	9.90 (1.70–58.80)
	Formaldehído		12.50 (2.00–77.90)

País	Estudio/población	Exposición	Resultados
<b>Effects of volatile organic compounds, damp, and other environmental exposures in the home on wheezing illness in children. VENN AJ ET AL 2003</b>			
Nottingham, Reino Unido	Casos y controles (193 niños con dificultad persistente para respirar y 233 controles entre 9 y 11 años.	Mediciones de Compuestos orgánicos totales, formaldehído, dióxido de nitrógeno, humedad y humo de tabaco ambiental (cotinina en saliva)	El riesgo de dificultad respiratoria se incrementó significativamente en relación a la humedad (OR por incremento de categoría=1.32 (IC 95% 1.00 - 1.75)), y no se relacionó con las demás exposiciones medidas. Entre los casos, el formaldehído y la humedad se asociaron con mayor frecuencia de síntomas nocturnos (OR por incremento de cuartil y categoría respectivamente 1.45 (1.06 - 1.98) y 1.97 (1.10 - 3.53)), significativamente más en los casos atópicos pero no hubo efecto de compuestos orgánicos totales, dióxido de nitrógeno o cotinina.

### H. Contaminantes biológicos

#### Descripción

Los contaminantes biológicos son producidos por seres vivos y se encuentran a menudo en áreas que les proporcionan agua o humedad y comida. Por ejemplo, lugares mojados o húmedos tales como aparatos de aire acondicionado, humidificadores, zonas de condensación o baños no ventilados pueden ser lugares mohosos (65), de crecimiento de hongos y bacterias como la legionella (121).

La legionella es un género de bacterias del que se han identificado hasta la fecha 40 especies, entre las que cabe destacar a la *Legionella pneumophila*, por ser la causante de, aproximadamente, el 80% de las infecciones por legionela (121).

La bacteria causante es un bacilo Gram negativo, ubicuo en medios acuáticos naturales, lagos, ríos, arroyos, lodos y suelo, siendo por tanto las dos fuentes ambientales principales el agua y el suelo (122). También sobrevive en pequeñas cantidades en los sistemas potabilizadores de agua (121).

Es un contaminante del aire interior de gran relevancia, cuya importancia radica en que produce brotes, enfermedad grave en personas mayores o ya enfermas. En España es una Enfermedad de Declaración Obligatoria, con notificación semanal y datos epidemiológicos básicos (Real Decreto 2210 / 1995, de 28 de diciembre, por el que se crea la red nacional de vigilancia epidemiológica) (121).

La bacteria vive el agua y se disemina en el ambiente interior mediante los sistemas de tratamiento y acondicionamiento del aire y el agua, que también pueden favorecer su diseminación en el exterior (122). Su supervivencia en el aire es corta, ya que resiste mal la desecación y para su diseminación es necesaria la formación de un aerosol (122) (un aerosol es material particulado, sólido o líquido, mayor que una molécula pero suficientemente pequeña como para permanecer suspendido en la atmósfera (123).

En todos los grandes brotes, se aisló la bacteria en condensaciones de agua, duchas, sistemas de refrigeración, etc. Los sistemas de refrigeración del aire usan agua, y durante el proceso parte de ésta puede ser aerosolizada o evaporada y escapar del circuito, siendo rápidamente transportada por la corriente de aire, distribuyéndose tanto en el interior como en el exterior, de donde puede volver a entrar al interior mediante las captaciones de aire de ventilación. También pueden formarse aerosoles en los grifos y los cabezales de la ducha (121).

La presencia de otros organismos, hongos, algas, bacterias, materia orgánica favorece el crecimiento de la legionella, proporcionándole nutrientes y protección (121). Además la legionella puede colonizar ciertos tipos de material usados en la construcción de sistemas de agua muchos de los cuales pueden proporcionarle nutrientes (124).

### Fuentes

Además de la legionella, las fuentes más comunes de contaminantes biológicos incluyen mohos, ácaros del polvo, caspa de mascotas, restos de cucarachas, roedores y otras plagas o insectos, virus y bacterias. Muchos de estos contaminantes biológicos son lo suficientemente pequeños como para ser inhalados (65)

**Agua:** El agua a temperatura entre 20 y 50°C favorece el crecimiento de la bacteria legionella. Las biopelículas (capa de microorganismos combinados en una matriz que forma una superficie de limo en contacto con el agua) que se pueden formar dentro de un sistema de agua también pueden proporcionar sustrato y alimento para la legionella.

Por tanto son elementos de riesgo los sistemas de agua con torre de refrigeración, sistemas de aire acondicionado, humidificadores, balnearios, piscinas, instalaciones de agua caliente y fría cisternas de almacenamiento, cualquier sistema en general que produzca aerosoles que pueden exceder una temperatura de 20 °C. (124).

**Polvo:** Las cortinas, ropa de cama, y otras áreas donde se pueda acumular polvo, pueden acumular también contaminantes biológicos (134).

Un estudio serológico realizado en NY demostró que una proporción significativa de individuos sanos tenía anticuerpos a *Legionella pneumophila*. Esto junto con el hecho de haber aislado organismos de muestras de agua y suelo, refiere una presencia ubicua y una aparición frecuente de la enfermedad (122).

Las epidemias y casos informados probablemente representan una proporción pequeña de la incidencia real de la enfermedad, ya que se diagnostica más fácilmente cuando afecta a grupos de personas con alguna relación entre ellas, o que viven en el mismo sitio (122).

### Efectos sobre la salud

Virus, hongos, mohos, bacterias, nematodos, amebas, polen, caspa y ácaros, que se acumulan por condensaciones del sistema de aire, torres de refrigeración, materiales dañados por el agua, áreas de alta humedad en el interior, material orgánico húmedo y superficies porosas húmedas, humidificadores, sistemas de agua caliente, excavaciones exteriores, plantas, excreciones de animales, animales e insectos, comida. Producen reacciones alérgicas y enfermedades por hipersensibilidad, (neumonitis, rinitis alérgica, dificultad para respirar, asma...) e infecciones tales como legionelosis. Los síntomas incluyen escalofríos, fiebre, dolor muscular, opresión torácica, dolor de cabeza, tos, dolor de garganta, diarrea y náuseas (57).

Más de 200 COV microbianos han sido asociados con diferentes hongos incluyendo alcoholes, aldehídos, cetonas, terpenos, ésteres, aminas y compuestos aromáticos así como compuestos que contienen azufre y nitrógeno (125).

Los problemas de humedad con hongos localizados detrás de superficies o dentro de materiales de edificación pueden conducir a un incremento en la liberación de COVm manifestada como olores mohosos. Se ha sugerido que los COVm pueden usarse como trazas de contaminación microbiana en materiales de edificación cuando los ocupantes se quejan de olores a moho y síntomas relacionados con el aire interior (126).

En edificios dañados por el agua, tanto las especies microbianas y el crecimiento del sustrato (materiales de construcción) afecta al perfil de los COVm en el aire interior (127). Sin embargo, el uso de COVm como trazadores de la contaminación microbiana puede ser problemático si hay otras fuentes de estos compuestos como el tráfico, actividades humanas o materiales de construcción normales que no son tenidas en cuenta. Los COV microbianos de interiores han sido asociados con irritación de ojos, nariz y garganta; tos y estornudos, fatiga, dolor de cabeza, mareo y náusea (128).

El asma se asocia con la sensibilización a aeroalergénos específicos comunes (*Alternaria*, *Abedul*, gato, *Cladosporium*, *Dermatophagoides pteronyssinus*, oliva, *Parietaria*, ambrosia o hierba timotea), con incrementos significativos en la probabilidad de ser considerados asmáticos. Un estudio estima que el riesgo atribuible a la población (RAP) para cualquiera de los alergenos individuales considerados, por ejemplo para la atopía, la explicación del asma resultó en un RAP del 41,97 % (129). La presencia de diferentes alérgenos en niveles elevados es más frecuente en hogares de asmáticos (23.4% frente al 16.2% de hogares de no asmáticos,  $p=0.03$  para la diferencia) (130).

## Calidad del aire interior

La siguiente tabla recoge algunos estudios que relacionan la presencia de hongos y humedad en el interior con el riesgo de padecer síntomas respiratorios, recopilados por Viegi y colaboradores (36).

Exposición a hongos/humedad como factor de riesgo para la salud respiratoria		
País (muestra)	Enfermedad / condición	OR (95% IC)
<b>Spengler J D, Proceedings Indoor Air 200265</b>		
Rusia (niños / adolescentes)	Dificultad para respirar	1.35 (1.08–1.70)
	Síntomas asmáticos	1.79 (1.41–2.27)
	Bronquitis	1.60 (1.34–1.91)
<b>Jaakkola M S, Environ Health Perspect 2002*</b>		
Finlandia (adultos)	Asma	1.54 (1.01–1.32)
<b>Kilpelainen M, Thorax 2001*</b>		
Finlandia (adultos jóvenes)	Asma	2.21 (1.48–3.28)
<b>Zacharasiewicz A, Allergy 2000*</b>		
Austria (niños)	Rinitis	1.51 (1.31–1.74)
<b>Norback D, Int J Tuberc Lung Dis 199966</b>		
Suecia (adultos)	Síntomas asmáticos	1.80 (1.10–3.00)
<b>Jedrychowski W, Int J Occup Med Environ Health 1998*</b>		
Polonia (niños)	Dificultad para respirar	1.63 (1.07–2.48)
<b>Health 1998*</b>		
Alemania (niños)	Hipersensibilidad bronquial	5.77 (1.17–28.44)
<b>Nicolai T, Thorax 1998*</b>		
Noruega (adultos)	Obstrucción bronquial	3.80 (2.0–7.20)
<b>Nafstad P, Am J Respir Crit Care Med 199824</b>		
Reino Unido, Chequia, Polonia (niños/ adolescentes)	Dificultad para respirar	1.29 to 1.60 (1.06–1.97)
<b>Fisher P H, Indoor Air 1998*</b>		
Taiwan (niños/adolescentes)	Dificultad para respirar	1.81 (1.32–2.47)
	Tos	1.71 (1.42–2.06)
	Asma	1.73 (1.20–2.49)
<b>Yang C Y, Pediatr Pulmonol 1997*</b>		
China (niños/adolescentes)	Rinitis	1.37 (1.03–1.83)
<b>Li C S, Arch Environ Health 1996*</b>		
	Tos	5.74 (2.20–14.95)
<b>Strachan D P, Thorax 1990*</b>		
Reino Unido (niños)	Dificultad para respirar	3.70 (2.22–6.15)
<b>Salo et al 2008 Exposure to multiple Indo allergens in US homes and its relationship to asthma</b>		
EEUU	Asma	1.39 0.91-2.14

Fuente (36)

### I. Asbestos

#### Descripción

Es el nombre que se le da un grupo de seis minerales fibrosos diferentes (amosita, crisotilo, crocidolita y las variedades fibrosas de la tremolita, actinolita y antofilita) que aparecen de forma natural en el medio ambiente.

Tienen largas fibras separables que son lo suficientemente fuertes y flexibles para ser hiladas y tejidas y resisten al calor. A causa de estas características, los asbestos han sido usados para un amplio rango de bienes manufacturados, mayormente en materiales de construcción, productos de fricción (embragues, frenos y partes de la transmisión), materiales resistentes al calor, empaquetamientos, cabos, y revestimientos. Algunos productos de vermiculita o talco pueden contener asbestos (131).

No son volátiles ni solubles pero sus pequeñas fibras pueden mantenerse en suspensión en el aire y el agua. Estas fibras son muy estables y no se degradan de forma significativa en el ambiente. Quedan suspendidas durante períodos largos de tiempo.

Mientras su producción y uso en los EEUU y Europa ha disminuido debido a la prohibición de uso por los efectos que provoca sobre la salud, se sigue usando en Centro y Sudamérica, Asia y África.

Los asbestos son ubicuos en el medio ambiente a causa de su extensivo uso industrial y la diseminación de fibras de fuentes naturales. Los datos disponibles en áreas rurales son de 1 fibra/litro y aire urbano de 1 a 10 fibras por litro (131).

#### Fuentes

La población general está expuesta a bajos niveles de asbestos primariamente por inhalación. Pequeñas cantidades son ubicuas en el aire, pudiendo proceder de fuentes naturales, suelo en suspensión procedente de vertederos de residuos peligrosos donde no esté correctamente almacenado y por deterioro de embragues y frenos de coches que lo contengan o del deterioro de materiales usados como aislantes.

Las concentraciones de fibras de asbestos en el aire exterior son muy variables, al igual que en el interior, dependiendo de la cantidad y condiciones de los materiales que contengan asbestos en el edificio. En general los niveles en el exterior son bajos pero los niveles interiores pueden ser mayores.

## Calidad del aire interior

Los mayores niveles de exposición pueden resultar cuando los asbestos son liberados de materiales de construcción tales como aislamientos, tejas, losetas que están en malas condiciones o son retiradas (131).

**Materiales de construcción:** Las fuentes principales son el material de aislamiento deteriorado o dañado, el material a prueba de fuego, y los materiales de aislamiento acústico y solería. Toda la población está expuesta a pequeñas cantidades de asbesto en el aire. Estos niveles varían entre 0.01 y 0.1 fibras por Litro de aire; los niveles más altos se encuentran generalmente en ciudades y en áreas industriales Pueden liberarse durante el manejo de material que lo contenga durante trabajos de demolición, mantenimiento, reparaciones y remodelaciones. Los materiales que lo contienen pero que no se manipulan ni están deteriorados, en general no poseen riesgos para la salud (131).

**Aire exterior:** Los trabajadores de industrias que fabrican o usan productos de asbestos o que trabajan en la minería de asbestos pueden estar expuestos a altos niveles de asbestos. La gente que vive cerca de estas industrias también puede estar expuesta a altos niveles de asbesto en el aire.

### Efectos sobre la salud

Las fibras de asbestos pueden liberarse al aire al manipular materiales que contienen asbesto durante el uso del producto, demoliciones, mantenimiento, reparación y renovación de edificios o viviendas. En general, la exposición puede ocurrir solamente cuando el material que contiene asbesto es manipulado de manera tal que libera partículas o fibras al aire El agua potable puede contener asbesto de fuentes naturales o de cañerías de cemento que contienen asbesto (131).

El asbesto afecta principalmente a los pulmones y a la membrana que envuelve a los pulmones, la pleura. Respirar altos niveles de fibras de asbesto durante largo tiempo puede producir lesiones que parecen cicatrices en el pulmón y en la pleura. Esta enfermedad se llama asbestosis y ocurre comúnmente en trabajadores expuestos al asbesto, pero no en el público en general. La gente con asbestosis tiene dificultad para respirar, a menudo tiene tos, y en casos graves sufre dilatación del corazón. La asbestosis es una enfermedad grave que eventualmente puede producir incapacidad y la muerte. Respirar niveles de asbesto más bajos puede producir alteraciones en la pleura, llamadas placas. Las placas pleurales pueden ocurrir en trabajadores y ocasionalmente en gente que vive en áreas con altos niveles ambientales

de asbestos. La exposición a niveles más altos puede producir un engrosamiento de la pleura que puede restringir la respiración (131).

El Departamento de Salud y Servicios Humanos (DHHS), la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la EPA han determinado que el asbesto es carcinógeno para seres humanos.

Se sabe que respirar asbesto puede aumentar el riesgo de cáncer en seres humanos. Hay dos tipos de cáncer producidos por exposición al asbesto: cáncer del pulmón y mesotelioma. El mesotelioma es un cáncer de la pleura o del tejido que envuelve la cavidad abdominal (el peritoneo). El cáncer producido por el asbesto no aparece inmediatamente, sino que se manifiesta después de varios años. Los estudios en trabajadores sugieren también que respirar asbesto puede aumentar las posibilidades de contraer cáncer en otras partes del cuerpo (estómago, intestino, esófago, páncreas y los riñones), aunque esto es más incierto. La identificación y el tratamiento tempranos de todo cáncer pueden aumentar la calidad de vida y la supervivencia de la persona. La combinación de exposición al asbesto y al humo de tabaco aumenta considerablemente las posibilidades de contraer cáncer de pulmón (131).

## J. Ozono

### Descripción

Es un gas compuesto de tres átomos de oxígeno. Se produce por una reacción química entre óxidos de nitrógeno y compuestos orgánicos volátiles en presencia de luz solar.

### Fuentes

Originado por fotocopiadoras, limpiadores electrostáticos de aire, arco eléctrico, nieblas (57).

Aire exterior: La infiltración de aire exterior es la principal fuente de oxidantes en el aire interior, aunque el ozono también puede generarse por limpiadores de aire electrostáticos inadecuadamente instalados o mantenidos.

Las emisiones de instalaciones industriales y aparatos eléctricos, humos de vehículos, vapores de gasolina y disolventes químicos son las principales fuentes de óxidos de nitrógeno y compuestos orgánicos volátiles.

### Efectos sobre la salud

De forma aguda produce irritación ocular, del tracto respiratorio y de las membranas mucosas; agravamiento de enfermedades respiratorias crónica, reducciones en la función pulmonar y la capacidad de ejercicio e induce inflamación de las vías aéreas tanto en individuos sanos como en aquellos con enfermedades preexistentes de las vías aéreas, como asma o enfermedad pulmonar obstructiva crónica (57).

En individuos con alergia, el ozono actúa como un adyuvante, incrementando la respuesta alérgica a los alérgenos inhalados. Las interacciones entre el ozono y las partículas en oficinas también se ha documentado (26).

Los efectos sobre la salud inducidos por el ozono son dependientes de la dosis y de la concentración de ozono depositado en el pulmón y de la tasa de ventilación individual y duración de la exposición. Las principales fuentes del ozono interior proceden de fuentes exteriores de ozono así como purificadores de aire (precipitadores electrostáticos, generadores de iones negativos y generadores de ozono) que se le venden al público para proporcionar alivio de las numerosas afecciones respiratorias así como para reducir olores y destruir microorganismos. Se ha demostrado que estos dispositivos incrementan las concentraciones de ozono interior en el rango de 16 a 453 ppb (26).

## K. Temperatura

### Descripción

La exposición humana a temperaturas ambientales elevadas puede provocar una respuesta insuficiente del sistema termorregulador. El calor excesivo puede alterar nuestras funciones vitales si el cuerpo humano no es capaz de compensar las variaciones de la temperatura corporal.

Una temperatura muy elevada produce pérdida de agua y electrolitos que son necesarios para el normal funcionamiento de los distintos órganos.

En algunas personas con determinadas enfermedades crónicas, sometidas a ciertos tratamientos médicos y con discapacidades que limitan su autonomía, estos mecanismos de termorregulación pueden verse descompensados.

El exceso de mortalidad se ha asociado a períodos de tres o más días consecutivos de temperaturas altas y no habituales, y sus efectos se pueden observar durante los citados períodos o con un retraso de hasta tres días (132).

### Efectos sobre la salud

El impacto de la exposición al calor excesivo está determinado por el envejecimiento fisiológico y las enfermedades subyacentes. Normalmente un individuo sano tolera una variación de su temperatura interna de aproximadamente 3°C sin que sus condiciones físicas y mentales se alteren de forma importante. A partir de 37 °C se produce una reacción fisiológica de defensa. Las personas mayores y los niños muy pequeños son más sensibles a estos cambios de temperatura. La exposición a temperaturas excesivas puede provocar problemas de salud como (132):

- estrés por calor: molestias y tensión psicológica asociada con la exposición a elevadas temperaturas.
- calambres
- deshidratación
- insolación
- golpe de calor (con problemas multiorgánicos que pueden incluir síntomas tales como inestabilidad en la marcha, convulsiones e incluso coma).

La única rúbrica identificada como causa de mortalidad directa por exceso de temperatura ambiental en la Clasificación Internacional de Enfermedades y Causas de Muerte, 10ª revisión, es “X 30: Exposición al calor natural excesivo”.

En el caso de las olas de calor este impacto se va a traducir en un aumento de la morbi-mortalidad asociada con estos eventos extremos ya que las previsiones apuntan hacia un aumento en intensidad y en frecuencia de aparición de las olas de calor, especialmente en los primeros meses del verano (133).

### Factores de riesgo

Los principales factores de riesgo asociados con la exposición a olas de calor son:

#### Factores personales:

- Personas mayores, especialmente en el grupo de edad mayor de 65 años.
- Lactantes y menores de 4 años.

## Calidad del aire interior

- Enfermedades cardiovasculares, respiratorias y mentales (Demencias, Parkinson).
- Enfermedades crónicas (diabetes mellitus), obesidad excesiva.
- Ciertos tratamientos médicos (diuréticos, neurolépticos anticolinérgicos y tranquilizantes).
- Trastornos de la memoria, dificultades de comprensión o de orientación o poca autonomía en la vida cotidiana.
- Dificultades en la adaptación al calor.
- Enfermedades agudas durante los episodios de temperaturas excesivas.
- Consumo de alcohol y otras drogas.

### Factores ambientales, laborales o sociales:

- Personas que viven solas, en la calle y/o en condiciones sociales y económicas desfavorecidas.
- Ausencia de climatización y viviendas difíciles de refrigerar.
- Exposición excesiva al calor por razones laborales (trabajo manual en el exterior o que exigen un elevado contacto con ambientes calurosos), deportivas (deportes de gran intensidad física) o de ocio.
- Contaminación ambiental.
- Ambiente muy urbanizado.
- Exposición continuada durante varios días a elevadas temperaturas que se mantienen por la noche.

### Factores locales:

Si bien los mecanismos anteriores actúan de forma general, los factores locales juegan un papel decisivo, ya que condicionan la temperatura de confort, las temperaturas umbrales a considerar y la asociación temperatura-mortalidad, es decir la magnitud del impacto.

Los principales factores locales son:

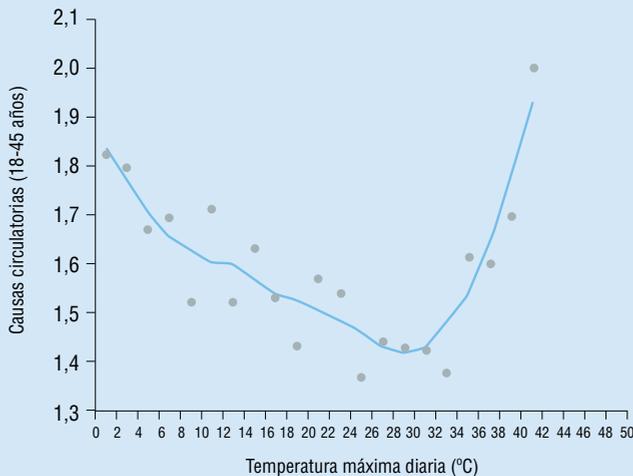
- La demografía, que determina la composición de la pirámide de población, y por tanto, la importancia de los grupos susceptibles.
- La climatología, en la medida que los individuos se adaptan al clima local. Ello explica que el efecto de los extremos térmicos no dependa de valores absolutos, sino de que nos encontremos, o no, dentro del intervalo de normalidad de las temperaturas en un cierto lugar.
- El equipamiento doméstico y el nivel de renta, de los cuales depende la capacidad de las familias para afrontar situaciones de temperaturas excesivas (132).

## Calidad del aire interior

La contaminación del aire es a menudo peor cuando la temperatura es elevada. Ya que las altas temperaturas y la contaminación del aire coinciden a menudo, puede ser difícil separar los efectos de las dos exposiciones. Los contaminantes principales durante el calor son el ozono y la fracción de partículas MP10. Los niveles de ozono son más altos en el exterior mientras que las partículas también penetran en el interior. Hay una evidencia creciente del efecto sinérgico sobre la mortalidad de las altas temperaturas y la concentración de ozono. Varios estudios han encontrado que los efectos del ozono son más altos durante el verano. De igual forma, los efectos sobre la mortalidad en días en que la temperatura es elevada son mayores aquellos días en que además los niveles de PM10 son elevados, lo cual puede explicarse por la alta penetración de PM10 en el interior (134).

En el siguiente gráfico puede observarse la relación entre temperatura y muerte por causas circulatorias en el grupo de edad de 16-44 años.

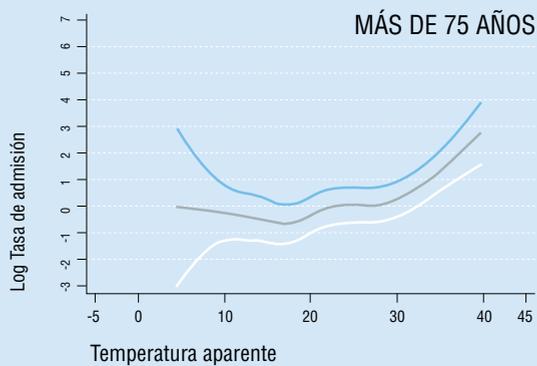
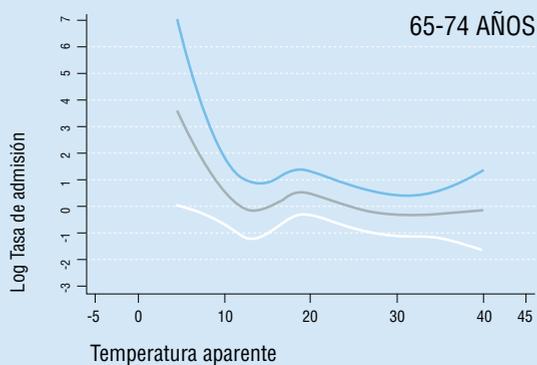
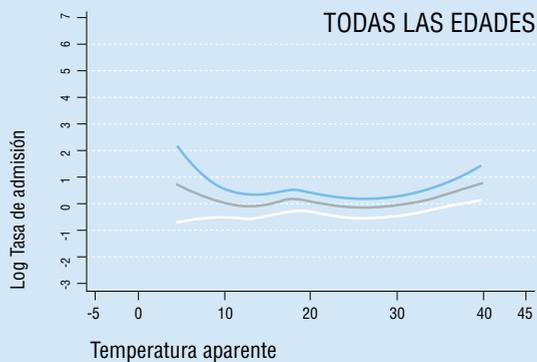
**GRÁFICO 4. Relación entre temperatura y muerte por causas circulatorias en el grupo de edad de 16-44 años**



Fuente (135)

En los siguientes gráficos, puede observarse la relación entre temperatura y admisión hospitalaria por causas respiratorias en ciudades mediterráneas, según un estudio realizado por Michelozzi y colaboradores (136).

GRÁFICOS 5. "Relación admisión por enfermedad respiratoria y Temperatura"



Fuente (136)

### L. Productos de uso doméstico

#### Descripción

Plaguicidas, pinturas, disolventes, y otros solventes, conservantes de la madera, atomizadores en aerosol, limpiadores y desinfectantes, repelentes de polilla y ambientadores, combustibles almacenados y productos de automoción, materiales para hobbies, ropa limpiada en seco.

#### Efectos sobre la salud

Hay evidencia del papel que pueden jugar los plaguicidas de uso doméstico en la etiología de afecciones malignas hematopoyéticas en la infancia y surge la cuestión de la conveniencia de evitar el uso de plaguicidas por parte de mujeres embarazadas. El estudio ESCALE (Étude sur les cancers de l'enfant), llevado a cabo en Francia durante el período 2003–2004, mostró que el uso doméstico de plaguicidas tanto materno como paterno estaba asociado significativamente con leucemia aguda infantil y linfomas no-Hodgkin (10).

También se ha encontrado evidencia de la asociación entre la exposición a disolventes domésticos (usados en la construcción de maquetas, artesanía) de forma frecuente (más de 4 veces en un mes) y la leucemia aguda linfoblástica infantil. Para los disolventes usados en la construcción de maquetas, [OR]=1.9; 95% intervalo de confianza [95% CI]=0.7, 5.8) y artesanía (OR=4.1; 95% CI=1.1, 15.1). El riesgo es elevado también en niños cuyas madres han vivido en hogares pintados de forma extensiva durante el año anterior al nacimiento. (OR=1.7; 95% CI=1.1, 2.7) (137).

El contenido de agentes de limpieza puede ser volátil y no volátil. Los constituyentes principales desde un punto de vista toxicológico son los COVs que tienen, de acuerdo a pruebas de emisión en laboratorio, perfiles de concentración-tiempo bastante diferentes. Las fragancias contienen terpenos, los disolventes glicoles y glicol-éteres, los biocidas contienen formaldehído, los suavizantes y plastificadores ftalatos y los monómeros residuales procedentes de polímeros (film) proporcionan estireno y metacrilato (138).

Los estudios de campo y las pruebas de emisión indican que durante el proceso de limpieza hay un incremento temporal en el nivel general de COV (exposición a corto plazo) y que después de la limpieza permanece incrementado el nivel de COV lo que afecta a la calidad del aire interior (exposición persistente). Los niveles de COV pueden ser reducidos mediante ventilación (abriendo las ventanas, encendiendo un ventilador o aparato de aire acondicionado).

Los productos de limpieza constituyen una causa común de síntomas tanto específicos como no específicos en diferentes sitios y órganos (ojo, piel, tracto respiratorio, etc.). Los desinfectantes constituyen el grupo más peligroso de agentes de limpieza (36) y pueden dar lugar a envenenamiento no intencionado (139).

Los productos de limpieza incluyen entre otros, formulaciones con concentraciones excesivas de fosfatos y COV. Estos agentes químicos pueden poseer un riesgo respiratorio, particularmente cuando se usan en áreas pobremente ventiladas. Datos recientes sugieren que el trabajo de limpieza doméstica tiene un importante impacto sobre la salud que incluye no sólo a limpiadores profesionales sino también a aquellos que llevan a cabo tareas de limpieza en el hogar (140).

Ensayos clínicamente controlados demuestran que la broncoconstricción se asocia con el uso de insecticidas que contienen piretrinas y perfumes. En un estudio que incluyó 88 adultos, el 50% de los cuales tenía síntomas asmáticos, se encontró que los síntomas respiratorios estaban relacionados con concentraciones residenciales de formaldehído y orgánicos volátiles en los lugares de residencia. La reactividad bronquial estaba relacionada con el limoneno, un terpeno volátil encontrado en cítricos y a menudo añadido a productos de limpieza. En Suecia en 1990 se encontró que los síntomas de asma e hipersensibilidad bronquial estaban asociados con el pintado de madera y de la cocina en los doce meses previos, siendo los niveles de compuestos orgánicos volátiles  $100 \text{ mg/m}^3$  mayores en los hogares que habían sido recientemente pintados (27).

El uso de productos de limpieza en aerosol se ha asociado con un incremento de la incidencia de los síntomas de asma en un período de seguimiento de 9 años. Entre 3503 personas en 10 países europeos que usaban productos en aerosol para la limpieza de cristales, ambientación, y limpieza de mobiliario, el riesgo relativo era 1.49 (IC 95% 1.12–1.99) para los síntomas de asma o uso de medicación y 1.39 (IC 95% 1.06–1.80) para la respiración dificultosa.

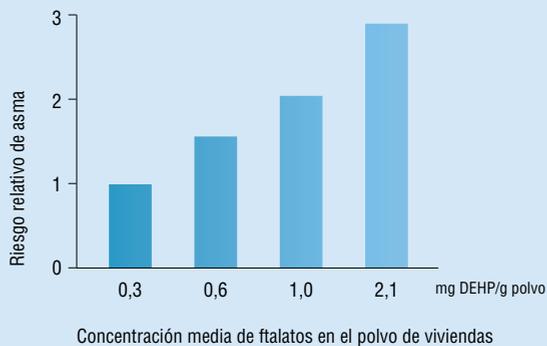
Hubo una relación dosis-respuesta entre la frecuencia semanal del uso de pulverizadores de limpieza y el riesgo relativo de asma y el uso de productos tipo no aerosol no se relacionó con asma (141).

La carga pediátrica de enfermedad de la exposición a plaguicidas incluye impactos sobre la salud tanto agudos como crónicos. Los síntomas agudos varían desde suaves hasta severos (náusea, dolor de cabeza, erupciones cutáneas, irritación ocular, ataques, coma y muerte). Las condiciones crónicas asociadas con plaguicidas en estudios epidemiológicos en niños incluyen defectos de nacimiento, cáncer, asma y efectos adversos neuroconductuales y sobre el neurodesarrollo (142).

## Calidad del aire interior

Ciertas sustancias químicas como los plastificadores (que se usan para hacer el plástico flexible y presentes por tanto en muchos productos de uso diario), incrementan el riesgo de asma entre niños, como se puede ver en el siguiente gráfico, que representa el RR de asma en relación a la concentración de DEHP (di(2-etilhexil)ftalato), plaguicidas de uso doméstico, en formato spray, barra o evaporador (clorpirifos, diclorvos) y la pulverización de desinfectantes y limpieza de superficies con peróxido de hidrógeno, formaldehído y glutaraldehído (143).

**GRÁFICO 6. Concentración de ftalatos y RR de asma en niños**



Fuente (144)

País	Estudio/población	Exposición	Resultados
<b>Frequent use of chemical household products is associated with persistent wheezing in pre-school age children.</b>			
SHERRIFF A ET AL, 2005			
Reino Unido	Cohorte ALSPAC, de mujeres embarazadas, con 13.971 niños vivos al pasar 1 año.	Uso de 11 productos químicos de uso doméstico (desinfectantes, lejía, limpiador de alfombras, limpiador de cristales, fluido para la limpieza en seco, aerosoles, aguarrás, ambientadores, disolventes, pintura o barnices y pesticidas o insecticidas) determinado mediante cuestionarios completados por mujeres durante el embarazo, una puntuación de carga total de químicos (TCB) se derivó de estos cuestionarios.	El mayor uso de productos químicos domésticos se asoció con respiración jadeante durante la infancia temprana (OR ajustada por cada unidad de incremento de TCB=1.06 IC 95% 1.03 -1.09). Los niños cuyas madres obtuvieron puntuaciones mayores de TCB (> percentil 90) tuvieron el doble de probabilidad de sufrir respiración jadeante durante la infancia temprana que los niños de madres con una puntuación de TCB baja (< percentil 10), OR ajustada 2.3 IC 95% 1.2 - 4.4).

## 5.3. Anexo III: Legislación Nacional relacionada con la Calidad del Aire Interior

Real Decreto 1027/2007 de 20 de Julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE)

El nuevo Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE), establece las condiciones que deben cumplir las instalaciones destinadas a atender la demanda de bienestar térmico e higiene a través de las instalaciones de calefacción, climatización y agua caliente sanitaria, para conseguir un uso racional de la energía.

Las medidas que este reglamento contempla presentan una clara dimensión ambiental. Por un lado, contribuyen a la mejora de la calidad del aire y, por otro, añaden elementos en la lucha contra el cambio climático. En el primer caso, se tiene en cuenta que los productos de la combustión son críticos para la salud y el entorno de los ciudadanos. Por eso, ahora se prevé la obligatoriedad de la evacuación por cubierta de esos productos en todos los edificios de nueva construcción. También se fomenta la instalación de calderas que permitan reducir las emisiones de óxidos de nitrógeno y otros contaminantes, lo que supondrá una mejora en la calidad del aire de las ciudades, además de otras medidas con vocación ambiental como son:

- Mayor Rendimiento Energético en los equipos de generación de calor y frío, así como los destinados al movimiento y transporte de fluidos.
- Mejor aislamiento en los equipos y conducciones de los fluidos térmicos.
- Mejor regulación y control para mantener las condiciones de diseño previstas en los locales climatizados.
- Utilización de energías renovables disponibles, en especial la energía solar y la biomasa.
- Incorporación de subsistemas de recuperación de energía y el aprovechamiento de energías residuales.
- Sistemas obligatorios de contabilización de consumos en el caso de instalaciones colectivas.
- Desaparición gradual de combustibles sólidos más contaminantes.
- Desaparición gradual de equipos generadores menos eficientes.

Este Real Decreto tiene el carácter de reglamentación básica del Estado. Para su aplicación se deberá desarrollar por las Comunidades Autónomas la reglamentación complementaria correspondiente. Esto quiere decir que las Comunidades Autónomas podrán introducir requisitos adicionales sobre las mismas materias cuando se trate de instalaciones radicadas en su territorio.

### Real Decreto 1054/2002 de 11 de octubre, por el que se regula el proceso de evaluación para el registro, autorización y comercialización de biocidas

Condición para el registro de un biocida: No tiene efectos inaceptables, por sí mismo o como consecuencia de sus residuos, en la salud humana o animal, directa o indirectamente (por ejemplo, por el agua potable o los alimentos destinados al consumo humano o animal, el aire interior o consecuencias en el lugar de trabajo), o en las aguas superficiales y subterráneas.

En los anexos I y IA de dicho Real Decreto, que coinciden con los del mismo número de la directiva citada, que se titulan «Lista de sustancias activas para su inclusión en biocidas» y «Lista de sustancias activas para su inclusión en biocidas de bajo riesgo», respectivamente, se han de incluir previamente las sustancias activas que vayan a formar parte de un biocida o de un biocida de bajo riesgo, para poder inscribir éste en el Registro Oficial de Biocidas y, en su caso, poder obtener el reconocimiento mutuo de registro en los otros Estados de la Unión Europea.

### Real Decreto 255/2003 de 28 de febrero, por el que se aprueba el Reglamento sobre clasificación, envasado y etiquetado de preparados peligrosos

Describe los posibles efectos, comportamiento y destino ambiental de la sustancia o del preparado en el aire, el agua o el suelo. Deben recogerse los datos de pruebas pertinentes de que se disponga (por ejemplo, CL50 peces=1 mg/L).

El control sanitario de los productos químicos se dirige a prevenir y limitar los efectos perjudiciales para la salud humana, derivados de la exposición a corto y largo plazo, a sustancias y preparados químicos peligrosos.

La importancia sanitaria de esta norma radica en garantizar la protección de la población en general, de los consumidores y en particular de las personas que entran en contacto con dichos

preparados peligrosos, ya sea en su trabajo o durante cualquier actividad recreativa, así como la utilización de estudios epidemiológicos y ensayos clínicos para la evaluación de los riesgos para la salud originados por un preparado, que prevalecerá sobre cualquier otro criterio de clasificación toxicológica.

Introduce los nuevos criterios de clasificación y etiquetado de los peligros para el medio ambiente que pueden presentar los preparados.

Asimismo, es de destacar la inclusión en el ámbito de esta normativa de los biocidas y de los productos fitosanitarios.

Se introducen además requisitos de etiquetado especial en relación con determinados preparados que, aun sin ser peligrosos según las disposiciones de la directiva, pueden, sin embargo, entrañar algún peligro para los usuarios y asimismo exigirles la ficha de datos de seguridad. Dado que los explosivos comercializados con objeto de producir un efecto pirotécnico pueden por su composición química presentar riesgos para la salud, se deberán clasificar y se les exigirá también una ficha de datos de seguridad de acuerdo con esta nueva norma.

Se impone la obligatoriedad de que determinados preparados ofrecidos o vendidos al público en general deben ir provistos de cierres de seguridad para niños y/o llevar una marca de peligro detectable al tacto, lo que supone otro elemento dirigido a la protección de la salud y la seguridad de la población.

Se establece asimismo un sistema de información específico con el fin de facilitar información exclusivamente a efectos médicos, preventivos o curativos.

### Real Decreto 865/2003, de 4 de julio, por el que se establecen los criterios higiénico-sanitarios para la prevención y control de la legionelosis

La legionelosis es una enfermedad bacteriana de origen ambiental que suele presentar dos formas clínicas diferenciadas: la infección pulmonar o “Enfermedad del Legionario”, que se caracteriza por neumonía con fiebre alta, y la forma no neumónica, conocida como “Fiebre de Pontiac”, que se manifiesta como un síndrome febril agudo y de pronóstico leve.

## Calidad del aire interior

La infección por Legionella puede ser adquirida en dos ámbitos, el comunitario y el hospitalario. En ambos casos la enfermedad puede estar asociada a varios tipos de instalaciones, equipos y edificios. Puede presentarse en forma de brotes y casos aislados o esporádicos.

En este real decreto se clasifican las instalaciones implicadas en casos o brotes de la enfermedad en función de su probabilidad de proliferación y dispersión de Legionella. Asimismo, se ha recogido la necesidad de conocer el régimen de funcionamiento de las instalaciones y de buscar diversas formas de ampliar su notificación, a fin de conocer su ubicación en los estudios epidemiológicos de los casos y en las inspecciones ambientales. También se han especificado mayores condiciones estructurales de las instalaciones. Igualmente se ha dado nueva redacción a los anexos 3 y 5 y se han modificado los anexos 1, 2, 4 y 6, incluyéndose tablas de parámetros indicadores de la calidad del agua y de las actuaciones a realizar según los niveles de contaminación en el caso de las torres de refrigeración y de los condensadores evaporativos, y un nuevo protocolo para los sistemas de agua climatizada con agitación constante y recirculación a través de chorros de alta velocidad.

Esta norma pretende ser respetuosa con el fomento del uso de fuentes de energía renovables que mejoren la eficiencia energética de las instalaciones implicadas en la proliferación y difusión de la Legionella.

Así mismo, se ha tenido expresamente en cuenta el principio de cautela que debe inspirar toda normativa dirigida a salvaguardar la salud de la población, protegiendo y mejorando la calidad de vida de las personas.

### Real Decreto 1406/1989, de 10 de noviembre por el que se imponen limitaciones a la comercialización y al uso de ciertas sustancias y preparados peligrosos

La comercialización y el uso de ciertas sustancias y preparados peligrosos puede representar un riesgo para la población en general y especialmente para la salud de los consumidores y usuarios de los mismos.

Asimismo, estas sustancias y preparados pueden causar problemas de ecotoxicidad y contaminar el medio ambiente. Por esta razón, la ley 14/1986, general de sanidad, determina en su artículo 25.2 que deberán establecerse prohibiciones y requisitos mínimos

para el uso y tráfico de los bienes, cuando supongan un riesgo o daño para la salud; por otra parte, la ley 26/1984, general para la defensa de los consumidores y usuarios, establece en su artículo 4.2 que todos los productos que en su composición lleven sustancias tóxicas, cáusticas, corrosivas o abrasivas deberán ir envasados con las debidas garantías y llevar de forma visible las oportunas indicaciones que adviertan el riesgo de su manipulación.

### Real Decreto 396/2006, de 31 de marzo, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud aplicables a los trabajos con riesgo de exposición al amianto

En el primer capítulo se incluyen, como disposiciones de carácter general, el objeto, las definiciones y el ámbito de aplicación. En el capítulo segundo se han agrupado las obligaciones del empresario en cuestiones tales como: el límite de exposición y las prohibiciones en materia de amianto; la evaluación y control del ambiente de trabajo; las medidas técnicas generales de prevención y las medidas organizativas; condiciones de utilización de los equipos de protección individual de las vías respiratorias; las medidas de higiene personal y de protección individual; las disposiciones específicas para la realización de determinadas actividades; los planes de trabajo previos a las actividades con amianto y condiciones para su tramitación; las disposiciones relativas a la formación, información y consulta y participación de los trabajadores; y, por último, las obligaciones en materia de vigilancia de la salud de los trabajadores. Finalmente, en el tercer capítulo se han agrupado una serie de disposiciones de contenido vario, aunque dominadas por su carácter documental: inscripción en el Registro de empresas con riesgo por amianto; registro de los datos y archivo de la documentación; y tratamiento de datos generados al amparo del real decreto.

### LEY 28/2005, de 26 de diciembre, de medidas sanitarias frente al tabaquismo y reguladora de la venta, el suministro, el consumo y la publicidad de los productos del tabaco

La Ley se articula en cinco capítulos, dedicados respectivamente a la regulación de las disposiciones generales, las limitaciones a la venta, suministro y consumo de los productos del tabaco, la regulación de su publicidad, promoción y patrocinio, medidas de prevención del tabaquismo, de promoción de la salud y de facilitación de la deshabituación tabáquica, así como el régimen de las infracciones y sanciones.

El capítulo I se consagra a las disposiciones generales, delimita el objeto y aclara, en forma de definiciones, los conceptos fundamentales que se contienen en la Ley.

El capítulo II regula las limitaciones a la venta, suministro y consumo de los productos del tabaco. En cuanto a las limitaciones a la venta y suministro, la Ley, en perfecta concordancia con la normativa que disciplina el mercado de tabacos, dispone que la venta y suministro al por menor de productos del tabaco sólo podrá realizarse en la red de expendedurías de tabaco y timbre o a través de máquinas expendedoras que cuenten con las autorizaciones administrativas oportunas, por lo que queda expresamente prohibido en cualquier otro lugar o medio.

Además, se prohíbe vender o entregar a personas menores de dieciocho años productos del tabaco, así como cualquier otro producto que le imite e induzca a fumar. Igualmente, se prohíbe la venta de tabaco por personas menores de dieciocho años. En cualquier caso, se prohíbe la venta y suministro en determinados lugares, tales como centros y dependencias de las Administraciones públicas y entidades de derecho público, centros sanitarios o de servicios sociales y sus dependencias, centros docentes, centros culturales, centros e instalaciones deportivas, centros de atención y ocio de los menores de edad, así como en cualquier otro lugar, centro o establecimiento donde esté prohibido su consumo.

En cuanto a las limitaciones sobre el consumo, la Ley parte de la distinción entre lugares donde se establece la prohibición total de fumar y lugares donde se prohíbe fumar pero se permite la habilitación de zonas para fumar, siempre que se cumplan determinados requisitos, tales como una señalización adecuada, la separación física del resto de las dependencias y la dotación de sistemas de ventilación independiente.

El capítulo III incorpora a nuestro ordenamiento la Directiva 2003/33/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 26 de mayo de 2003, relativa a la aproximación de las disposiciones legales, reglamentarias y administrativas de los Estados miembros en materia de publicidad y de patrocinio de los productos del tabaco.

La Ley no se limita, sin embargo, a la mera transposición de la normativa comunitaria, sino que, además, regula la prohibición de la distribución gratuita o promocional de productos, bienes o servicios o cualquier otra actuación cuyo objetivo o efecto directo o indirecto, principal o secundario, sea la promoción de un producto del tabaco, así como de la de toda clase de

publicidad, promoción y patrocinio de los productos del tabaco en todos los medios, incluidos los servicios de la sociedad de la información, aunque con determinadas excepciones.

Este capítulo se completa con normas sobre las denominaciones comunes, expresión con la que se identifica a los nombres, marcas, símbolos o cualesquiera otros signos distintivos que sean utilizados para productos del tabaco y, simultáneamente, para otros bienes o servicios y que hayan sido comercializados u ofrecidos por una misma empresa o grupo de empresas con anterioridad a la entrada en vigor de la Ley.

El capítulo IV incorpora medidas de prevención del tabaquismo impulsando acciones de educación para la salud y de información sanitaria.

También recoge la promoción de programas para la deshabituación tabáquica en la red asistencial del Sistema Nacional de Salud.

Se crea el Observatorio para la Prevención del Tabaquismo, así como las necesarias medidas de coordinación en el seno del Consejo Interterritorial del Sistema Nacional de Salud para el mejor cumplimiento de la Ley.

La Ley se completa con un preciso régimen de infracciones y sanciones en el capítulo V, en el que, además de tipificar las correspondientes conductas contrarias a la norma y asignarles el respectivo reproche sancionador, se identifican los responsables, incluso en los supuestos de infracciones cometidas por menores, y se delimitan claramente las competencias sancionadoras.

Todas estas medidas, enmarcadas en el contexto de las políticas de salud pública que las Administraciones públicas deben promover, podrán complementarse con programas de prevención y control del tabaquismo.

# 8

## Bibliografía

---

- (1) Consejería de Salud, Consejería de Medio ambiente, Junta de Andalucía. Plan Andaluz de Salud ambiental 2008-2012. 2008.
- (2) Lvovsky K. Environment Strategy papers: Health and environment. Strategy series number 1. Environment, October 2001.
- (3) Environment matters at The World Bank. Annual Review 2006.
- (4) European Environment Agency. Environment and health. EEA report No 10/2005. 2005.
- (5) Communication From The Commission To The Council, The European Parliament, The European Economic And Social Committee. The European Environment & Health Action Plan 2004-2010.
- (6) Ministerio de Medio ambiente. Estrategia española de calidad del aire. Ministerio de Medio ambiente. 2005.
- (7) World Health Organization. Comparative Quantification of Health Risks: Global and Regional Burden of Disease Attributable to Selected Major Risk Factors. Ginebra, 2003. Disponible en: <http://www.who.int/publications/cra/en/>
- (8) Ballester F. Air pollution, climate change and health. Rev Esp Salud Publica 2005; Mar-Apr;79(2):159-175.
- (9) van Vliet P, Knape M, de Hartog J, Janssen N, Harssema H, Brunekreef B. Motor vehicle exhaust and chronic respiratory symptoms in children living near freeways. Environ Res 1997; 74(2):122-132.
- (10) Rudant J, Menegaux F, Leverger G, Baruchel A, Nelken B, Bertrand Y et al. Household exposure to pesticides and risk of childhood hematopoietic malignancies: The ESCALE study (SFCE). Environ Health Perspect 2007; Dec;115(12):1787-1793.
- (11) Franklin P. Indoor air quality and respiratory health of children. Paediatr Respir Rev 2007; Dec;8(4):281-286.
- (12) Vargas Marcos F, Gallego Pulgarín I. Environmental quality: welfare, confort and health. Rev Esp Salud Publica 2005; Mar-Apr;79(2):243-251.
- (13) World Health Organization. The right to healthy indoor air. Report on a WHO meeting, Bilthoven, The Netherlands, May 2000.

- (14) Wu F, Jacobs D, Mitchell C, Miller D, Karol MH. Improving Indoor Environmental Quality for Public Health: Impediments and Policy Recommendations. *Environ Health Perspect* 2007; 115(6).
- (15) Ole Fanger P. What is IAQ? *Indoor Air* 2006; Oct;16(5):328-334.
- (16) Franchi M, Carrer P, Kotzias D, Rameckers EM, Seppänen O, van Bronswijk JE et al. Working towards healthy air in dwellings in Europe. *Allergy* 2006; Jul;61(7):864-868.
- (17) Environmental Protection Agency. A comparison of indoor and outdoor concentrations of hazardous air pollutants. Inside IAQ. EPA's Indoor Air Quality Research Update. EPA/600/N-98/002 Spring/Summer: 1-7.
- (18) Bornehag CG, Sundell J, Hagerhed-Engman L, Sigsgaard T. Association between ventilation rates in 390 Swedish homes and allergic symptoms in children. *Indoor Air* 2005; Aug;15(4):275-280.
- (19) Krzyzanowski Michal et al.. Development of WHO Guidelines for Indoor Air Quality (IAQ). First EnVIE Conference on Indoor Air Quality and Health for EU Policy. Proceedings. 2007.
- (20) Mitchell CS, Zhang JJ, Sigsgaard T, Jantunen M, Lioy PJ, Samson R et al. Current state of the science: health effects and indoor environmental quality. *Environ Health Perspect* 2007; Jun;115(6):958-964.
- (21) European Environment Agency. Air pollution in Europe 1990-2004. EEA Report No 2/2007.
- (22) Etkin DS. Indoor air quality in schools. Cutter Information Corporation, 1996.
- (23) Prüss-Üstün A. World Health Organization. Preventing disease through healthy environments. Towards an estimate of the global burden of disease. 2006.
- (24) Fuentes-Leonarte V et al. Levels of pollutants in indoor air and respiratory health in preschool children: a systematic review. *Pediatr Pulmonol* 2009; 44(3):231-243.
- (25) Comunicación De La Comisión Al Consejo, Al Parlamento Europeo Y Al Comité Económico Y Social Europeo. Estrategia Europea De Medio Ambiente Y Salud, SCALE. 2005.
- (26) Bernstein JA, Alexis N, Bacchus H, Bernstein IL, Fritz P, Horner E et al. The health effects of non-industrial indoor air pollution. *J Allergy Clin Immunol* 2008 2008; Mar;121(3):585-591.
- (27) Dales R, Liu L, Wheeler AJ, Gilbert NL. Quality of indoor residential air and health. *CMAJ* 2008; Jul 15;179(2):147-152.
- (28) Niven RM, Fletcher AM, Pickering CA, Faragher EB, Potter IN, Booth WB et al. Building sickness syndrome in healthy and unhealthy buildings: an epidemiological and environmental assessment with cluster analysis. *Occup Environ Med* 2000; Sep;57(9):627-634.
- (29) Fernandez MF et al. The total effective xenoestrogen burden, a biomarker of exposure to xenoestrogen mixtures, is predicted by the (anti)estrogenicity of its components. *Reprod Toxicol* 2008; Sep;26(1):8-12.
- (30) Simoni M, Scognamiglio A, Carrozzi L, Baldacci S, Angino A, Pistelli F et al. Indoor exposures and acute respiratory effects in two general population samples from a rural and an urban area in Italy. *J Expo Anal Environ Epidemiol* 2004; 14 Suppl1:144-152.

- (31) Anderson ME, Bogdan GM. Environments, indoor air quality, and children. *Pediatr Clin North Am* 2007; Apr;54(2):295-307.
- (32) EPA EPA. EPA's 2008 Report on the environment. National Center for Environmental Assessment, Washington, DC; EPA 600 R-07/045F. Disponible en: <http://www.epa.gov/roe/>.
- (33) Daisey JM, Angell WJ, Apte MG. Indoor air quality, ventilation and health symptoms in schools: an analysis of existing information. *Indoor Air* 2003; Mar;13(1):53-64.
- (34) Ibarluzea Jm J FMS-MLO-SMRAAJeal. Breast cancer risk and the combined effect of environmental estrogens. *Cancer Causes Control* 2004; 15:591-600.
- (35) Kortenkamp A. Ten years of mixing cocktails: a review of combination effects of endocrine-disrupting chemicals. *Environ Health Perspect* 2007; Dec;115 Suppl 1:98--105.
- (36) Viegi G, Simoni M, Scognamiglio A, Baldacci S, Pistelli F, Carrozzi L et al. Indoor air pollution and airway disease. *Int J Tuberc Lung Dis* 2004; Dec;8(12):1401-1415.
- (37) INSHT. NTP 243: Ambientes cerrados: calidad del aire.
- (38) Licari L. Children's health and environment (CEHAPE). Developing action plans. World Health Organization Europe. 2007.
- (39) World Health Organization. WHO guidelines for indoor air quality: selected pollutants. 2010.
- (40) European Commission. The Construction Products Directive (Council Directive 89/106/EEC). Disponible en <http://ec.europa.eu/enterprise/construction/internal/cpd/cpd.htm>.
- (41) Comisión Europea. Comunicación de la Comisión al Consejo, al Parlamento europeo, al Comité económico y social y al Comité de las regiones sobre el Sexto Programa de Acción de la Comunidad Europea en materia de Medio Ambiente 'Medio ambiente 2010: el futuro está en nuestras manos'. 2010.
- (42) Commission E. Technical Annexes to the Communication of the Commission on the European Environment and Health Action Plan 2004-2010.
- (43) Consejo Europeo. Recomendación del Consejo, de 2 de diciembre de 2002, relativa a la prevención del tabaquismo y a una serie de iniciativas destinadas a mejorar la lucha contra el tabaco.
- (44) Björkstén B , Botsivali M , Busby C , Hanke W , van den Hazel P , Krämer U. et al. Policy Interpretation Network on Children's Health and Environment (PINCHE). Final Report Risk and Health Impact Assessment Workpackage 4, 2005. 2005.
- (45) Parlamento Europeo. European Concerted Action on Indoor Air Quality and its Impact on Man. (EUR 13216 EN,). Decisión no 1982/2006/ce del Parlamento europeo y del Consejo de 18 de diciembre de 2006 relativa al Séptimo Programa Marco de la Comunidad Europea para acciones de investigación, desarrollo tecnológico y demostración (2007 a 2013).
- (46) Joint Research Centre. The INDEX Project (Critical Appraisal of the Setting and Implementation of Indoor Exposure Limits in the EU). Summary on recommendations and management options, December, 2004.

- (47) Scientific Committee on Health and Environmental Risks SCHER EC. Preliminary report on risk assessment on indoor air quality.
- (48) Comisión Europea. Recomendación de la Comisión de 21 de febrero de 1990, relativa a la protección de la población contra los peligros de una exposición al radón en el interior de edificios (90/143/Euratom).
- (49) Kotzias D, Tirendi S, Bernasconi C, Barrero J, Gotti A, Cimino-Reale G et al. European Parliament Pilot Project on Exposure to Indoor Air Chemicals and Possible Health Risks: Final Report. 2008.
- (50) EPA. IAQ Design Tools for Schools. Disponible en: <http://www.epa.gov/iaq/schooldesign/>
- (51) EPA. Care for Your Air: A Guide to Indoor Air Quality. Disponible en: <http://www.epa.gov/iaq/pubs/carefor-yourair.html>
- (52) WHO. WHO's Programme on Indoor Air Pollution. Disponible en: <http://www.who.int/indoorair/en/>
- (53) Washington State Department of Health. Indoor Air Quality. 2005. Disponible en: <http://www.doh.wa.gov/ehp/ts/iaq/default.HTM>
- (54) Hall R, Hardin T, Ellis R. School Indoor Air Quality. Best Management Practices Manual. Office of Environmental Health and Safety, Washington State Department of Health. Indoor Air Quality Program. 2003. Disponible en: <http://www.doh.wa.gov/ehp/ts/iaq/schooliaqbmp.pdf>
- (55) Health Canada. Indoor Air Quality. Disponible en: <http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/air/in/index-eng.php>
- (56) INSHT. NTP 607: Guías de calidad de aire interior: contaminantes químicos.
- (57) Administration OS&H. OSHA Technical manual, Section III, chapter 2. Indoor Air Quality Investigation. Disponible en: [http://www.osha.gov/dts/osta/otm/otm\\_iii/otm\\_iii\\_2.html#2](http://www.osha.gov/dts/osta/otm/otm_iii/otm_iii_2.html#2).
- (58) Naciones Unidas. Declaración Universal de Derechos Humanos.
- (59) INCHEM. Carbon monoxide (EHC 13, 1979).
- (60) Weaver LK, Hopkins RO, Chan KJ, Churchill S, Elliott CG, Clemmer TP et al. Hyperbaric oxygen for acute carbon monoxide poisoning. *N Engl J Med* Vol 2002; 347(14).
- (61) INSHT. Fichas Internacionales de Seguridad Química.
- (62) Organización Mundial del Trabajo. Guía de productos químicos.
- (63) Koistinen K, Kotzias D, Kephelopoulos S, Schlitt C, Carrer P, Jantunen M et al. The INDEX project: executive summary of a European Union project on indoor air pollutants. *Allergy* 2008; 63(7):810-819.
- (64) De Bruin YB, Carrer P, Jantunen M, Hanninen O, Di Marco GS, Kephelopoulos S et al. Personal carbon monoxide exposure levels: contribution of local sources to exposures and microenvironment concentrations in Milan. *J Expo Anal Environ Epidemiol* 2004; 14(4):312-322.
- (65) EPA. An introduction to Indoor Air Quality. Disponible en: <http://www.epa.gov/iaq/ia-intro.html>
- (66) IPCS I. Environmental Health Criteria Monographs.

- (67) Harrison RM TCLRMDKRAJ. Personal exposure monitoring of particulate matter, nitrogen dioxide, and carbon monoxide, including susceptible groups. *Occup Environ Med* 2002; Oct;59(10):671-679.
- (68) Garcia Arroyo I et al. Subclinical carbon monoxide poisoning in our health area. *Rev Clin Esp* 2003; Aug;203(8):378-381.
- (69) Burnett RT, Dales RE, Brook JR, Raizenne ME, Krewski D. Association between ambient carbon monoxide levels and hospitalizations for congestive heart failure in the elderly in 10 Canadian cities. *Epidemiology* 1997; Mar;8(2):162-167.
- (70) Mortimer K et al. Early-lifetime exposure to air pollution and allergic sensitization in children with asthma. *J Asthma* 2008; 45(10):874-881.
- (71) Ogulei D, Hopke PK, Wallace LA. Analysis of indoor particle size distributions in an occupied townhouse using positive matrix factorization. *Indoor Air* 2006; Jun;16(3):204-215.
- (72) Weichenthal S, Dufresne A, Infante-Rivard C, Joseph L. Indoor ultrafine particle exposures and home heating systems: a cross-sectional survey of Canadian homes during the winter months. *J Expo Sci Environ Epidemiol* 2007; May;17(3):288-297.
- (73) Ministerio de Medio ambiente y Medio Rural y Marino. Registro Estatal de Emisiones y Fuentes Contaminantes.
- (74) Koenig JQ, Mar TF, Allen RW, Jansen K, Lumley T, Sullivan JH et al. Pulmonary effects of indoor- and outdoor-generated particles in children with asthma. *Environ Health Perspect* 2005; 113(4):499-503.
- (75) Delfino RJ. Epidemiologic evidence for asthma and exposure to air toxics: linkages between occupational, indoor, and community air pollution research. *Environ Health Perspect* 2002; Aug;110 Suppl 4:573-589.
- (76) Simoni M, Carrozzi L, Baldacci S, Scognamiglio A, Di Pede F, Sapigni T et al. The Po River Delta (north Italy) indoor epidemiological study: effects of pollutant exposure on acute respiratory symptoms and respiratory function in adults. *Arch Environ Health* 2002 2002; Mar-Apr;57(2):130-136.
- (77) D'Amato G, Liccardi G, D'Amato M, Holgate S. Environmental risk factors and allergic bronchial asthma. *Clin Exp Allergy* 2005; Sep;35(9):1113-1124.
- (78) Donaldson K, Brown D, Clouter A, Duffin R, MacNee W, Renwick L et al. The pulmonary toxicology of ultrafine particles. *J Aerosol Med* 2002; Summer;15(2):213-220.
- (79) Ormstad H. Suspended particulate matter in indoor air: adjuvants and allergen carriers. *Toxicology* 2000; Nov 2;152(1-3):53-68.
- (80) Leung TF, Lam CW, Chan IH, Li AM, Ha G, Tang NL et al. Inhalant allergens as risk factors for the development and severity of mild-to-moderate asthma in Hong Kong Chinese children. *J Asthma* 2002; Jun;39(4) (323):330.
- (81) César GR CCMGB. Factores etiológicos del cáncer de pulmón : fumador activo, fumador pasivo, carcinógenos medioambientales y factores genéticos. *Medicina Clínica* 2007; 128(10):390-396.

- (82) World Health Organization. IARC. Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans Volume 83. Tobacco Smoke and Involuntary Smoking: Summary of Data Reported and Evaluation.
- (83) Hill SE, Blakely T, Kawachi I, Woodward A. Mortality among lifelong nonsmokers exposed to secondhand smoke at home: cohort data and sensitivity analyses. *Am J Epidemiol* 2007; Mar 1;165(5):530-540.
- (84) López MJ, Pérez-Ríos M, Schiaffino A, Nebot M, Montes A, Ariza C et al. Mortality attributable to passive smoking in Spain, 2002. *Tob Control* 2007; Dec;16(6):373-377.
- (85) Vineis P, Alavanja M, Buffler P, Fontham E, Franceschi S, Gao YT et al. Tobacco and cancer: recent epidemiological evidence. *J Natl Cancer Inst* 2004; Jan 21;96(2):99-106.
- (86) Dong GH, Cao Y, Ding HL, Ma YN, Jin J, Zhao YD et al. Effects of environmental tobacco smoke on respiratory health of boys and girls from kindergarten: results from 15 districts of northern China. *Indoor Air* 2007; Dec;17(6):475-483.
- (87) Jiang X, Yuan JM, Skipper PL, Tannenbaum SR, Yu MC. Environmental tobacco smoke and bladder cancer risk in never smokers of Los Angeles County. *Cancer Res* 2007; Aug 1;67(15):540-545.
- (88) Leone A, Balbarini A. Exposure to passive smoking: a test to predict endothelial dysfunction and atherosclerotic lesions. *Angiology* 2008; Apr-May;59(2):220-223.
- (89) Leonardi-Bee J, Smyth A, Britton J, Coleman T. Environmental tobacco smoke and fetal health: systematic review and meta-analysis. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed* 2008; Sep;93(5):351-361.
- (90) EPA. Fact Sheet: Respiratory Health Effects of Passive Smoking. EPA Document Number 43-F-93-003, January 1993.
- (91) ATSDR. Toxicological Profiles.
- (92) Katsouyanni K, Touloumi G, Spix C, Schwartz J, Balducci F, Medina S et al. Short-term effects of ambient sulphur dioxide and particulate matter on mortality in 12 European cities: results from time series data from the APHEA project. *Air Pollution and Health: a European Approach. BMJ* 1997; Jun 7;314(7095):1658-1663.
- (93) Leaderer BP, Naeher L, Jankun T, Balenger K, Holford TR, Toth C et al. Indoor, outdoor, and regional summer and winter concentrations of PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, SO<sub>4</sub>(2)<sup>-</sup>, H<sup>+</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, NH<sub>3</sub>, and nitrous acid in homes with and without kerosene space heaters. *Environ Health Perspect* 1999; Mar;107(3):223-231.
- (94) Tunnicliffe WS, Harrison RM, Kelly FJ, Dunster C, Ayres JG. The effect of sulphurous air pollutant exposures on symptoms, lung function, exhaled nitric oxide, and nasal epithelial lining fluid antioxidant concentrations in normal and asthmatic adults. *Occup Environ Med* 2003; Nov;60(11).
- (95) Triche EW, Belanger K, Bracken MB, Beckett WS, Holford TR, Gent JF et al. Indoor heating sources and respiratory symptoms in nonsmoking women. *Epidemiology* 2005; May;16(3):377-384.
- (96) Raaschou-Nielsen O, Skov H, Lohse C, Thomsen BL, Olsen JH. Front-door concentrations and personal exposures of Danish children to nitrogen dioxide. *Environ Health Perspect* 1997; Sep;105(9):964-970.

- (97) Drye EE. Development of models for predicting the distribution of indoor nitrogen dioxide concentrations. *Journal of the Air and Waste Management Association* 1989; 39.
- (98) Tunnicliffe WS, Burge PS, Ayres JG. Effect of domestic concentrations of nitrogen dioxide on airway responses to inhaled allergen in asthmatic patients. *Lancet* 1994; Dec 24-31;344(8939-8940):1733-1736.
- (99) ATSDR. ToxFAQs, Óxidos de nitrógeno.
- (100) Strand V, Rak S, Svartengren M, Bylin G. Nitrogen dioxide exposure enhances asthmatic reaction to inhaled allergen in subjects with asthma. *Am J Respir Crit Care Med* 1997; Mar;155(3):881-887.
- (101) van Strien RT, Gent JF, Belanger K, Triche E, Bracken MB, Leaderer BP. Exposure to NO<sub>2</sub> and nitrous acid and respiratory symptoms in the first year of life. *Epidemiology* 2004; Jul;15(4):471-478.
- (102) World Health Organization. Programmes and Projects, Media centre, Fact Sheets: Radon and cancer; Disponible en: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs291/en/index.html>.
- (103) P.A. B. NTP 533: El radón y sus efectos sobre la salud Instituto nacional de seguridad e higiene en el trabajo. Ministerio de trabajo y asuntos sociales, España.
- (104) M.J B. NTP 440: Radón en ambientes interiores. Instituto nacional de seguridad e higiene en el trabajo. Ministerio de trabajo y asuntos sociales, España.
- (105) Samet JM. Residential radon and lung cancer: end of the story? *J Toxicol Environ Health A* 2006; Apr;69(7):527-531.
- (106) Brill AB, Becker DV, Donahoe K, Goldsmith SJ, Greenspan B, Kase K et al. Radon update: facts concerning environmental radon: levels, mitigation strategies, dosimetry, effects and guidelines. SNM Committee on Radiobiological Effects of Ionizing Radiation. *J Nucl Med* 1994; Feb;35(2):368-385.
- (107) Committee on Health Effects of Exposure to Radon (BEIR VI). Health effects of exposure to radon Disponible en: <http://www.nap.edu/openbook.php?isbn=0309050871>.
- (108) Ruano-Ravina A B-D. Radón y cáncer de pulmón. Implicaciones para profesionales sanitarios, ciudadanos y administraciones públicas. *JM Med Clin (Barc)* 2007; Apr 14;128(14):545-549.
- (109) Frumkin H, Samet JM. Radon. *CA Cancer J Clin* 2001; Nov-Dec;51(6):337-344.
- (110) Barros-Dios JM, Ruano-Ravina A, Gastelu-Iturri J, Figueiras A. Factors underlying residential radon concentration: results from Galicia, Spain. *Environ Res* 2007; Feb;103(2):185-190.
- (111) Pouli AE, Hatzinikolaou DG, Piperi C, Stavridou A, Psallidopoulos MC, Stavrides JC. The cytotoxic effect of volatile organic compounds of the gas phase of cigarette smoke on lung epithelial cells. *Free Radic Biol Med* 2003; Feb 1;34(3):345-355.
- (112) Environmental Protection Agency. Office of Radiation and Indoor Air US. Epa assessment of risks from radon in homes, June 2003.

- (113) Pavia M, Bianco A, Pileggi C, Angelillo IF. Meta-analysis of residential exposure to radon gas and lung cancer. *Bull World Health Organ* 2003; 81(10):732-738.
- (114) Krewski D, Lubin JH, Zielinski JM, Alavanja M, Catalan VS, Field RW et al. A combined analysis of North American case-control studies of residential radon and lung cancer. *Toxicol Environ Health A* 2006; Apr;69(7):533-597.
- (115) IARC. Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, Volume 62, Wood Dust and Formaldehyde.
- (116) R.A.Field et al. Population Exposure to Air Pollutants in Europe (PEOPLE). Methodological Strategy and Basic Results. Joint Research Center 2005.
- (117) Chikara H, Iwamoto S, Yoshimura T. Indoor air pollution of volatile organic compounds. *Nippon Eiseigaku Zasshi* 2009; May;64(3):683-688.
- (118) Crump D. Combustion sources. Proceedings of First EnVIE Conference on Indoor Air Quality and Health for EU Policy.
- (119) Wolkoff P, Wilkins CK, Clausen PA, Nielsen GD. Organic compounds in office environments - sensory irritation, odor, measurements and the role of reactive chemistry. *Indoor Air* 2006; Feb;16(1):7-19.
- (120) Rumchev K, Spickett J, Bulsara M, Phillips M, Stick S. Association of domestic exposure to volatile organic compounds with asthma in young children. *Thorax* 2004; Sep;59(9):746-751.
- (121) INSHT. NTP 538. Legionelosis: medidas de prevención y control en instalaciones de suministro de agua.
- (122) James IP. Legionellosis and the Indoor Environment. Symposium on Health Aspects of Indoor Air Pollution. 1981.
- (123) Environmental Protection Agency USWD. Glossary of Climate Change Terms. Disponible en: <http://www.epa.gov/climatechange/glossary.html>.
- (124) Health and Safety Unit. The Control of Water Quality, Legionella and Associated Risks. 2009.
- (125) Wilkins K, Larsen K. Identification of volatile (micro) biological compounds from household waste and building materials by thermal desorption-capillary gas chromatography-mass spectroscopy. *J High Resol Chromatogr* 1995; 18(6):373-377.
- (126) Park JH, Schleiff PL, Attfield MD, Cox-Ganser JM, Kreiss K. Building-related respiratory symptoms can be predicted with semi-quantitative indices of exposure to dampness and mold. *Indoor Air* 2004; Dec;14(6):425-433.
- (127) Korpi A, Pasanen AL, Pasanen P. Volatile compounds originating from mixed microbial cultures on building materials under various humidity conditions. *Appl Environ Microbiol* 1998; Aug;64(8):2914-2919.
- (128) Smedje G. Asthma among school employees in relation to the school environment In: Proceedings of Indoor Air '96: The 7th International Conference on Indoor Air Quality and Climate, Nagoya, Japan, July, 1996.

- (129) Soriano, Anto, Sunyer, Tobias, Kogevinas, Almar. Risk of asthma in the general Spanish population attributable to specific immunoresponse. Spanish Group of the European Community Respiratory Health Survey. *Int J Epidemiol* 1999; Aug;28(4):728-734.
- (130) Salo PM, Arbes SJ, Crockett PW, Thorne PS, Cohn RD, Zeldin DC. Exposure to multiple indoor allergens in US homes and its relationship to asthma. *J Allergy Clin Immunol* 2008; Mar;121(3):678-684.
- (131) ATSDR. Resumen de Salud pública, Asbestos.
- (132) Ministerio de Sanidad y Consumo. Plan Nacional de Acciones Preventivas de los Efectos del Exceso de Temperaturas sobre la Salud 2008. Disponible en: <http://www.msc.es/ciudadanos/saludAmbLaboral/planAltasTemp/2008/docs/planExcesoTemperaturas2008.pdf>.
- (133) Díaz Jiménez et al. Impact of extreme temperatures on public health. *Rev Esp Salud Publica* 2005; Mar-Apr;79(2):145-157.
- (134) World Health Organization. Heat&Health action plans. Guidance 2008.
- (135) Linares Cristina DJ. Temperaturas extremadamente elevadas y su impacto sobre la mortalidad diaria según diferentes grupos de edad. *Gac Sanit* 2008; 22(2):115-119.
- (136) Michelozzi P, Accetta G, De Sario M, D'Ippoliti D, Marino C, Baccini M et al. High temperature and hospitalizations for cardiovascular and respiratory causes in 12 European cities. *Am J Respir Crit Care Med* 2009; Mar 1;179(5):383-389.
- (137) Freedman DM, Stewart P, Kleinerman RA, Wacholder S, Hatch EE, Tarone RE et al. Household solvent exposures and childhood acute lymphoblastic leukemia. *Am J Public Health* 2001; Apr;91(4):564-567.
- (138) Wolkoff P et al. Risk in cleaning: chemical and physical exposure. *Sci Total Environ* 1998; Apr 23;215(1-2):135-156.
- (139) Presgrave RF, Camacho LA, Villas Boas MH. A profile of unintentional poisoning caused by household cleaning products, disinfectants and pesticides. *Cad Saude Publica* 2008; 24(12):2901-2908.
- (140) Medina-Ramón M, Zock JP, Kogevinas M, Sunyer J, Antó JM. Asthma symptoms in women employed in domestic cleaning: a community based study. *Thorax* 2003; Nov;58(11):950-954.
- (141) Zock JP et al. The use of household cleaning sprays and adult asthma: an international longitudinal study. *Am J Respir Crit Care Med* 2007; Oct 15;176(8):735-741.
- (142) Karr CJ, Solomon GM, Brock-Utne AC. Health effects of common home, lawn, and garden pesticides. *Pediatr Clin North Am* 2007; Feb;54(1):63-80 viii.
- (143) Hahn S et al. Consumer exposure to biocides--identification of relevant sources and evaluation of possible health effects. *Environ Health* 2010 2010;9-17.
- (144) Karr et al. The association between asthma and allergic symptoms in children and phthalates in house dust: a nested case-control study. *Environ Health Perspect* 2005; Mar;113(3):A152-3.



osman

Observatorio de Salud y  
Medio Ambiente de Andalucía

