

# CALIDAD del AMBIENTE INTERIOR en edificios de uso público



**CALIDAD** del  
**AMBIENTE INTERIOR** en  
edificios de uso público



**Comunidad  
de Madrid**

Dirección General de Salud Pública  
CONSEJERÍA DE SANIDAD



**Edita:**

Dirección General de Salud Pública  
Consejería de Sanidad de la Comunidad de Madrid



Esta versión forma parte de la Biblioteca Virtual de la **Comunidad de Madrid** y las condiciones de su distribución y difusión se encuentran amparadas por el marco legal de la misma.



comunidad.madrid/publicamadrid

**Edición revisada y actualizada por Autores:**

Almudena García Nieto  
Isabel Marta Morales

**Coordinación técnica:**

Felipe Vilas Herranz  
Carmen Fernández Aguado

**Coordinación de la edición:**

Blanca Golvano Sacristán

**Diseño y maquetación:**

Almudena García Nieto  
Isabel Marta Morales

**Agradecimiento:** a D. José María Ordoñez por la revisión cuidadosa que ha realizado de este texto.

**© Comunidad de Madrid**

**Edición:** Segunda, Julio 2018

**Soporte de Edición:** Archivo electrónico PDF

Publicado en España - Published in Spain

**Edición Primera, Diciembre 2010****Coordinación:**

José Frutos García. Jefe de Servicio de Sanidad Ambiental. Subdirección General de Sanidad Ambiental y Epidemiología.

**Autores:**

Isabel Marta Morales.  
Virgilio Blanco Acevedo.  
Almudena García Nieto.

**Agradecimiento:**

Deseamos expresar nuestros agradecimientos a todos los profesionales y asociaciones del sector: Francisco Vargas del Ministerio de Sanidad y Política Social, Saúl García del Instituto de Salud Carlos III, Julio Vidal de AELSA (Asociación de Empresas de Limpieza de Sistemas de Aire Acondicionado) y Milagros Fernández de Lezeta de ANECPLA (Asociación Nacional de Empresas de Control de Plagas). De una forma especial a Sara Casas Lima y a la Comisión Técnica de Programa en la Comunidad de Madrid, por su trabajo de revisión, a Pilar Benítez Jiménez por su disponibilidad y contribución en los apartados sobre Biocontaminantes y Presencia de animales en edificios y a Paulino Pastor de FEDECAI (Federación Española de Empresas de Calidad Ambiental en Interiores) por su colaboración en el apartado de calidad del aire interior. Finalmente a Antonio López de los Muros por su apoyo en las labores administrativas.

**Dirección General de Ordenación e Inspección.**

**CONSEJERIA DE SANIDAD DE LA COMUNIDAD DE MADRID.**

Edición: primera 2010

Depósito Legal : M-48.739-2010

Diseño, maquetación: Caja Alta Edición y Comunicación ([www.cajaalta.es](http://www.cajaalta.es))

Imprime: BOCM

# → Presentación

La Organización Mundial de la Salud (OMS) estima que la población de las ciudades pasa entre el 80 y el 90% de su tiempo en recintos cerrados cuyo ambiente está contaminado en mayor o menor grado. Se estima que los niveles de contaminación pueden llegar a ser de 10 a 100 veces más elevados que las concentraciones exteriores. Estudios actuales ponen en evidencia que en edificios como escuelas, hospitales, oficinas, centros comerciales o residencias de mayores, entre otros, coexisten organismos patógenos (hongos, virus, ácaros), partículas y compuestos volátiles que alteran la calidad del ambiente interior y originan efectos nocivos en la salud de las personas. De entre todos los contaminantes de interiores, destaca el humo de cigarrillo, por su impacto en salud y la relativa sencillez de su control.

La Dirección General de Salud Pública, hace más de una década, publicó el Documento Técnico: Calidad del aire interior en edificios de uso público. A lo largo de estos años, dicho documento ha tenido una excelente acogida entre los sectores técnicos de la edificación, asociaciones del sector y profesionales sanitarios, siendo una referencia en cursos especializados sobre este tema. A esto se une el crecimiento significativo del interés por la calidad del aire en ambientes interiores durante los últimos años. Por todo ello, desde la Subdirección General de Sanidad Ambiental, se diseñó esta guía como herramienta para atender las expectativas de los usuarios, el progreso científico y los cambios regulatorios.

En esta nueva edición, además de una revisión detallada de los contenidos, teniendo en cuenta los cambios normativos acaecidos, se ha enriquecido con otros nuevos, introduciendo riesgos emergentes y ampliando las distintas secciones con medidas de prevención y control de los principales riesgos ambientales para la salud. Supone, por tanto, un avance importante respecto a la versión anterior, pudiendo considerarse un nuevo documento.

En definitiva, presento esta publicación con el deseo de que sea un recurso documental de referencia para los gestores de edificios públicos y profesionales del sector en la consecución de edificios saludables.

Quiero asimismo agradecer a todos los Técnicos de Salud Pública implicados en la obra en mayor o menor grado, su trabajo y profesionalidad.

Juan Martínez Hernández  
Director General de Salud Pública

# → Índice

INTRODUCCIÓN .....	9
<b>1. CONTAMINANTES QUÍMICOS .....</b>	<b>11</b>
Monóxido de carbono (CO). Efectos en salud .....	12
Dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> ). Efectos en salud .....	13
Dióxido de nitrógeno (NO <sub>2</sub> ). Efectos en salud .....	14
Dióxido de Azufre (SO <sub>2</sub> ). Efectos en salud .....	14
Partículas PM10 y PM2.5. Efectos en salud .....	15
Amianto. Efectos en salud. Limitaciones en su comercialización y uso .....	16
Ozono (O <sub>3</sub> ). Efectos en salud. Regulación en su comercialización y uso.....	20
Compuestos Orgánicos Volátiles (COVs). Efectos en salud .....	21
Formaldehído (CH <sub>2</sub> = O). Efectos en salud .....	26
Humo de tabaco. Efectos en salud. Medición del grado de exposición al humo ambiental de tabaco .....	28
Radón. Efectos en salud. Medidas de prevención y control .....	30
Creosota. Efectos en salud .....	35
Olores. Medición del grado de exposición. Efectos en salud .....	36
<b>2. CONTAMINANTES FÍSICOS.....</b>	<b>40</b>
Confort térmico: Humedad y temperatura .....	41
Campos electromagnéticos. Efectos en salud. Recomendaciones preventivas .....	42
Ruido. Efectos en salud .....	47
<b>3. CONTAMINANTES BIOLÓGICOS .....</b>	<b>49</b>
Humedad y Ventilación .....	50
Hongos: Mohos y Levaduras. Efectos en salud. Medidas de remediación.....	51

Alergenos de origen biológico .....	53
Alergenos de animales de compañía. Efectos en salud .....	53
Alergenos de los ácaros del polvo. Efectos en salud .....	55
Agentes patógenos. Virus y bacterias. Control ambiental: toma de muestras y análisis .....	55
Polen atmosférico. Medidas de prevención .....	59
<b>4. OTROS: PRESENCIA DE ANIMALES EN EDIFICIOS Y SU ENTORNO .....</b>	<b>61</b>
<b>5. PLAN DE PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CALIDAD DEL AIRE INTERIOR.....</b>	<b>70</b>
Plan de prevención y control de la calidad del aire interior .....	72
A. Diagnóstico de situación de calidad .....	72
B. Medidas de actuación: Vigilancia y control .....	76
C. Evaluación .....	86
<b>6. LEGISLACIÓN .....</b>	<b>105</b>
<b>7. BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>110</b>
<b>8. DIRECCIONES DE INTERÉS.....</b>	<b>116</b>



# → Introducción

La calidad del ambiente interior es una preocupación creciente para los ciudadanos. Actualmente, la relación entre las condiciones de salubridad en los edificios y sus efectos en salud es bien conocida, además esta relación es un importante determinante de salud, incluido en la agenda de la Organización Mundial de la Salud. Actualmente, contaminantes ambientales como, humo ambiental de tabaco, formaldehído, radón, fibras minerales, isocianatos y resinas epoxídicas, hongos, polen... han sido identificados como algunos de los principales riesgos emergentes que pueden ser causa de enfermedades como, alergias, asma, trastornos de la fertilidad y cáncer, entre otros.

Los problemas de la calidad del ambiente interior son especialmente complejos y están interrelacionados: grupos heterogéneos de contaminantes, difícil relación causal, escaso conocimiento científico de nuevas moléculas de síntesis, etc., lo que sumado a las condiciones operativas no adecuadas de sistemas de ventilación y recirculación de aire, refrigeración y/o calefacción, suponen un potencial problema en la calidad del ambiente dentro de los edificios de uso público. Todo ello, refuerza la necesidad de enfoques de gestión basados en los requisitos legales, los conocimientos científicos y buenas prácticas higiénicas

Hay que tener en cuenta que, la contaminación interior en los edificios, varía en función de las actividades que se desarrollan en dichos espacios, el estado sanitario de los ocupantes, la infraestructura física del edificio y sus bienes materiales y la calidad del aire del entorno. Algunos de estos contaminantes proceden del exterior, pero la mayoría se libera dentro del propio edificio, por ejemplo al limpiar o al utilizar combustible para cocinar, por el mobiliario y los materiales de construcción o el uso de ambientadores. La humedad y la falta de ventilación pueden aumentar aún más la contaminación del aire interior (tabla 1).

Los **factores físicos** que influyen en el confort están relacionados principalmente con la humedad relativa, la velocidad media del aire, la temperatura y el ruido. Además existen **contaminantes químicos**; entre los clásicos están el dióxido de carbono, monóxido de carbono, dióxido de azufre, compuestos orgánicos volátiles, partículas en suspensión, ozono, radón, etc. y diversos **agentes patógenos**. En definitiva, un "cóctel" de sustancias contaminantes a los que la población se enfrenta a diario no sólo en los edificios, sino también en el aire exterior, el agua, los alimentos, etc. y de los cuales resulta bastante complejo conocer su composición, la dosis de exposición diaria, y su interacción con el cuerpo humano y el medio ambiente. Por todo ello, resulta difícil **valorar los riesgos para la salud** (medición, nivel de tolerancia, tiempo de exposición, efectos...) en interiores, siendo relevante la labor preventiva y de control, minimizando sus emisiones y exigiendo unos valores límites de concentración para gran parte de estos contaminantes.

Tabla 1. Contaminación en ambientes interiores.

Tipo de contaminación	Características y elementos relacionados	Origen	Contaminante
<b>Contaminantes procedentes del ambiente exterior</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>★ Ubicación del edificio.</li> </ul>	<p>Combustión (calderas, tráfico)</p> <p>Industrias cercanas</p> <p>Terreno Vertederos, solares, cuencas fluviales, obras</p>	<p>CO, CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, partículas, metales</p> <p>NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, COVs</p> <p>Radón, polvo, olores, polvo, insectos, roedores, bacterias</p>
<b>Contaminantes generados en el edificio</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>★ Uso y distribución del edificio:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Zonas de reprografía</li> <li>▪ Restaurantes y cocinas</li> <li>▪ Zonas de aparcamiento</li> <li>▪ Aseos y vestuarios.</li> </ul> </li> <li>★ Materiales de construcción y elementos decorativos Instalaciones del edificio.</li> <li>★ Diseño e Instalaciones e infraestructuras.</li> </ul>	<p>Fotocopiadoras Combustión. Combustión. Humedad/ desagües</p> <p>Aislantes, conglomerados, moquetas, barnices, pinturas</p> <p>Climatización y Ventilación. Red distribución de agua de consumo. Agua caliente sanitaria. Red de saneamiento. Cuarto de basuras. Calderas y depósitos de combustibles</p>	<p>Ozono. NO<sub>x</sub>, olores CO, partículas, mohos, Olores</p> <p>Amianto, radón, COVs, polvo, formaldehído, ácaros, creosota</p> <p>Legionella, olores, fibras, amianto, COVs, bacterias, hongos, artrópodos, roedores</p>
<b>Contaminantes generados por los ocupantes y sus actividades</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>★ Hábitos.</li> <li>★ Mantenimiento y Reformas.</li> </ul>	<p>Respirar, fumar</p> <p>Operaciones de limpieza, desinfección, control de plagas, jardinería, ambientadores</p>	<p>CO<sub>2</sub>, humo de tabaco</p> <p>Amianto, polvo, biocidas, químicos, hongos, ácaros, bacterias (Legionella), artrópodos, roedores</p>
<b>Disconfort: factores físicos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>★ Inst. acondicionamiento de aire y calefacción.</li> <li>★ Equipos y aparatos.</li> </ul>	<p>Aire acondicionado, ventilación y calefacción</p> <p>Equipos informáticos Pantallas de visualización, cableado eléctrico</p>	<p>Humedad relativa Temperatura Ruido</p> <p>Vibraciones, campos electromagnéticos</p>

Fuente: Elaboración propia.



# Contaminantes químicos

## → Monóxido de carbono (CO)

El monóxido de carbono se produce cuando los combustibles que contienen carbono se queman en condiciones donde el oxígeno es limitado. Los motores de gasolina son la principal fuente de monóxido de carbono. Se trata de un gas incoloro e inodoro y este hecho hace que sea extremadamente peligroso ya que, las personas expuestas lo inhalan sin percibirlo produciéndoles la muerte.

Las concentraciones de monóxido de carbono en las zonas urbanas están estrechamente relacionadas con la densidad del tráfico y las condiciones meteorológicas. Otras fuentes de menor importancia son las centrales eléctricas y las incineradoras de residuos. En el hogar, las calderas de gas defectuosas pueden liberar monóxido de carbono, también las estufas de carbón, braseros, hornos, el sistema de calefacción y el consumo de tabaco.

Así, su presencia en interiores está relacionada con garajes, cocinas, calentadores de agua, toma inadecuada del aire exterior y presencia de fumadores.

### Efectos en salud

El principal efecto para la salud es que provoca la asfixia de las personas expuestas ya que impide la oxigenación de la sangre. En el proceso natural fisiológico de la respiración, el aire es aspirado por los pulmones hasta los alvéolos donde el oxígeno del aire se combina con la hemoglobina de la sangre formando oxihemoglobina, responsable del transporte de oxígeno a los tejidos. Cuando existe presencia de CO, éste presenta mayor afinidad por la hemoglobina, casi 250 veces mayor que el oxígeno, por lo que se combina fácilmente formando carboxihemoglobina, reduciéndose la capacidad de la sangre para transportar oxígeno a los tejidos. Cuando la

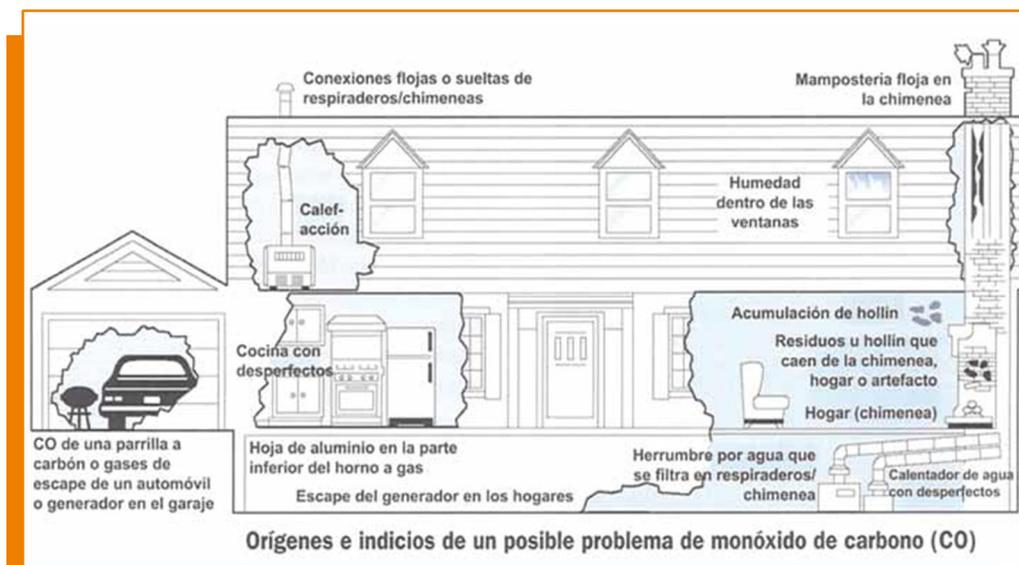


Figura 1. Fuente: Departamento Militar de Washington. División de manejo de emergencias

hemoglobina se encuentra carboxilada en más de un 50% se produce la muerte.

A bajos niveles de exposición, el CO puede causar sensación de falta de aire, náuseas y mareos ligeros.

## → Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)

El dióxido de carbono es un componente del aire que se origina de forma natural en diferentes procesos como la actividad volcánica, incendios forestales y en la evaporación del agua de mar, pero sobre todo se libera por la respiración de los organismos vivos. Es un gas incoloro e inodoro, más denso que el aire y ligeramente soluble en agua donde forma ácido carbónico. La concentración de dióxido de carbono ha aumentado alrededor de un 30% desde la revolución industrial, principalmente como resultado de la combustión de los combustibles fósiles. En las zonas urbanas se genera en todos aquellos procesos en los que tiene lugar la combustión de sustancias que contienen carbono emitiéndose a la atmósfera desde las chimeneas de las industrias y de los vehículos de motor.

Tiene numerosas utilidades, entre ellas: líquidos de refrigeración, extinción de incendios y como gas conservante.

La principal preocupación ambiental con el dióxido de carbono es el papel que desempeña este compuesto como un gas de efecto invernadero que influye en el cambio climático.

El nivel de concentración de dióxido de carbono en un ambiente interior se suele utilizar en estudios relacionados tanto con el suministro de aire como en su distribución a las zonas ocupadas del edificio. Además, en

ausencia de otras fuentes contaminantes, se utiliza como indicador de la carga de olor existente debida a sus ocupantes, considerándose un margen aceptable para aproximadamente el 80% de los visitantes de un local, incluida la población sensible al olor, con valores iguales o superiores comprendidos entre 500 a 1000 ppm.

### *Efectos en salud*

El CO<sub>2</sub> en concentraciones muy elevadas conduce a la asfixia por desplazamiento del oxígeno. Una excesiva exposición (concentración superior a 30.000 ppm) puede afectar al cerebro y causar dolor de cabeza, falta de concentración, mareos, problemas respiratorios. Sin embargo, a las concentraciones a las que se encuentra habitualmente tanto en el ambiente exterior (300 a 400 ppm) como en el ambiente interior (de 600 ppm a valores superiores a 2000 ppm) no resulta tóxico, y más que considerarse un contaminante se considera como indicador de calidad del aire, ya que la principal fuente de emisión en interiores son las propias personas, siempre que no haya instalados aparatos de combustión.

Su concentración está directamente relacionada con el índice de ventilación. Cuando los niveles de CO<sub>2</sub> exceden de 1000 a 1200 ppm en interiores, muchas personas comienzan a experimentar incomodidad, dolores de cabeza, cansancio y problemas respiratorios, dependiendo de la concentración y de la duración de la exposición. Estos síntomas se agravan en el caso de los niños y se producen quejas de "ambiente cargado". Los efectos más graves se producen a partir de 5000 ppm, donde pueden producirse incluso desvanecimientos, aunque estos niveles no suelen alcanzarse en los edificios en

condiciones normales y son propios de ambientes cerrados confinados.

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

El término “óxidos de nitrógeno” (NOx) normalmente se usa para agrupar un conjunto de formas oxidadas del nitrógeno en la atmósfera, principalmente óxido nítrico (NO) y dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>). El óxido nítrico reacciona con el oxígeno o con el ozono en el aire para formar dióxido de nitrógeno. Cuando el dióxido de azufre está presente con el dióxido de nitrógeno puede tener un efecto sinérgico, aumentando el daño a niveles superiores que los producidos por la suma de los efectos individuales de ambos.

La presencia de NOx está relacionada con la quema de combustibles, fuentes móviles (vehículos), procesos industriales y algunos procesos naturales (relámpagos, microorganismos del suelo). Los procesos de combustión emiten una mezcla de óxido nítrico (90%) y dióxido de nitrógeno (10%). A su vez, el óxido nítrico reacciona con otras sustancias químicas en el aire para convertirse en dióxido de nitrógeno. En ambientes interiores la principal fuente de emisión de NO<sub>2</sub> son las calefacciones y las estufas y cocinas de gas, así como el humo de tabaco. Los niveles habituales son mayores en invierno que en verano.

#### *Efectos en salud*

A concentraciones bajas, los óxidos de nitrógeno son irritantes del tracto respiratorio superior y de los ojos. En exposiciones prolongadas puede producir

edema pulmonar. La exposición excesiva a los óxidos de nitrógeno puede causar efectos sobre la salud en la sangre, hígado, pulmón y bazo. El dióxido de nitrógeno es también uno de los gases que contribuyen a la lluvia ácida que causa daños a la vegetación, a los edificios y contribuye a la acidificación de los lagos y arroyos.

### → Dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>)

La fuente primaria de óxidos de azufre es la quema de combustibles fósiles que contienen azufre, como el carbón, ya que reacciona con el oxígeno originando dióxido de azufre. Es por tanto, un contaminante importante en el exterior, ya que es donde se encuentran la mayoría de las fuentes que lo originan. En ambientes interiores los niveles presentes son muy inferiores a los del exterior, siempre que no existan focos en el interior que lo originen como estufas de queroseno, calderas o chimeneas. Por este motivo no es un contaminante que genere grandes problemas en interiores. Sin embargo, la existencia de partículas produce un efecto sinérgico en presencia de dióxido de azufre, ya que la combinación de estas dos sustancias produce un efecto mayor que el de cada sustancia por sí sola. Los óxidos de azufre también contribuyen a la formación de lluvia ácida al igual que los NOx.

#### *Efectos en salud*

El dióxido de azufre provoca la irritación de mucosas sobre todo ojos, nariz y garganta y es causante de enfermedades respiratorias como broncoconstricción y bronquitis. En personas sensibles expuestas como las

asmáticas puede agravar los síntomas, si bien los efectos dependerán de la sensibilidad del individuo, siendo más sensibles los grupos de población más vulnerables como ancianos, niños y sujetos con enfermedades respiratorias crónicas. Estos efectos pueden agravarse cuando el dióxido de azufre se combina con partículas.

## → Partículas PM10 y PM2.5

Las partículas en suspensión en el aire son una mezcla compleja de sustancias de distinta composición química y de diversa naturaleza física (suspensiones de sólidos o gotas de líquido) que presentan un tamaño variable que oscila desde 0,005 a 100  $\mu\text{m}$ . En conjunto, las partículas pueden presentarse como hollín, nubes de polvo o neblina; aisladamente no pueden detectarse a simple vista. Los elementos que pueden encontrarse en las partículas son sumamente heterogéneos: carbón, hidrocarburos, sílice, sulfato de amonio, nitratos, metales como el plomo, hierro, aluminio o cadmio, polen, microorganismos, dioxinas, plaguicidas, etc. Debido a esta heterogeneidad en su composición, no puede hacerse una valoración global de su toxicidad ya que dependerá del tipo de elementos que formen parte de dicha composición. En general, las partículas más pequeñas tienen en su composición elementos más tóxicos, como metales pesados o compuestos orgánicos de capacidad carcinógena, como por ejemplo el benzo-a-pireno. Por tanto, son las partículas más pequeñas las de mayores efectos adversos sobre la salud, ya que además, son las que pueden llegar a los alvéolos pulmonares.

Normalmente, a estas partículas se las denomina partículas totales en suspensión (TSP) y agrupa a todas las partículas con diámetro que van desde menos de 0,1 micras a 50 micras, ya que las de tamaño superior se depositan por gravedad. Las TSP se expresan como PM, materia particulada con un número que hace referencia al diámetro de partícula o diámetro aerodinámico equivalente (diámetro de una esfera de densidad la unidad que tiene la misma velocidad de caída que la partícula considerada), en peso de partículas por volumen de aire ( $\text{mg}/\text{m}^3$  o  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Cuanto mayor es el tamaño de las partículas, menor es el tiempo que permanecen suspendidas en el aire y menores son las distancias capaces de recorrer. Las partículas mayores de 10 micras caen rápidamente cerca de la fuente que las produce; las partículas PM10 (con diámetro entre 2,5 y 10 micrómetros) pueden permanecer suspendidas durante horas y viajar desde 100 metros a 40 kilómetros; y las partículas PM2.5 (con diámetro inferior a 2,5 micras), consiguen permanecer en el aire durante semanas, siendo capaces de trasladarse cientos de kilómetros, desplazándose con las corrientes de aire y penetrando en el interior de los locales a través de los sistemas de ventilación.

Las principales fuentes de partículas en el exterior son el tráfico rodado, especialmente los vehículos diésel, procesos industriales, incineradoras, canteras, minería, emisiones de chimeneas, calefacciones de carbón... También el polvo procedente de las labores agrícolas, de la construcción de carreteras, o del paso de vehículos por caminos sin asfaltar son otras fuentes importantes de partículas.

Por otra parte, se encuentran presentes en casi todos los ambientes interiores procedentes fundamentalmente de aparatos

de combustión y del humo del tabaco. También pueden tener un origen biológico como polen, esporas, bacterias y hongos. Normalmente, la mayor parte de las partículas de origen antropogénico están en el rango de 0,1 a 10  $\mu$ , habitualmente en el ambiente interior sus niveles son más altos que en el exterior.

### *Efectos en salud*

El rango de tamaño que puede considerarse peligroso en relación a originar efectos sobre la salud humana y afectar la calidad del aire está comprendido entre 0,1 a 10 micras de diámetro ya que en general, estas partículas una vez inhaladas tienen mayor capacidad de penetración en el sistema respiratorio. Las partículas PM10 se depositan en las vías respiratorias superiores (nariz) y en tráquea y bronquios, mientras que las PM2.5 de menor diámetro pueden alcanzar a los bronquiolos y alvéolos pulmonares.

Las partículas respirables pueden ser irritantes respiratorios, sobre todo en personas asmáticas. Los efectos sobre la salud dependen del tipo de partícula y su facilidad de penetración en el organismo, siendo las más tóxicas las que contienen metales pesados e hidrocarburos aromáticos policíclicos. Entre estos síntomas están:

- ✘ Irritaciones e inflamaciones de vías respiratorias y ojos, (alveolitis, bronquiolitis, fibrosis...).
- ✘ Mayor incidencia y agravamiento de enfermedades respiratorias y cardiovasculares.

- ✘ Aumento de la frecuencia de cáncer pulmonar a largo plazo.
- ✘ Enfermedades infecciosas.

### → Amianto

Amianto o asbesto es el nombre común de un grupo de minerales de origen natural constituidos por silicatos de hierro, aluminio, magnesio y calcio, cuyas fibras son muy fuertes y resistentes al calor. Estas sustancias pertenecen a dos grupos diferentes de minerales:

- ✘ Las serpentinas, de las que sólo hay una variedad de amianto: el crisotilo (amianto blanco).
- ✘ Los anfíboles, que incluye a cinco tipos de amianto: antofilita (amianto blanco) crocidolita (amianto azul), amosita o grunerita amianto (amianto marrón-gris), tremolita (amianto blanco) y actinolita.

Todas estas variedades del amianto se caracterizan por ser buenos aislantes térmicos, eléctricos y acústicos, incombustibles y resistentes a altas temperaturas, propiedades que han hecho que fuese ampliamente usado en las décadas de los años 70 y 80, siendo las más comercializadas en su momento el **crisotilo** (90% del amianto utilizado), **amosita y crocidolita o amianto azul**.



Amianto en estructura. Fotografía: Paulino Pastor

Las principales características de estas tres variedades se recogen en la tabla 2:

	Serpentina	Anfíboles	
	Crisotilo	Amosita	Crocidolita
Color	blanco	marrón	azul
Máxima longitud de fibras	40 mm	70 mm	70 mm
Diámetro de fibras	0,02 $\mu\text{m}$	0,1 $\mu\text{m}$	0,08 $\mu\text{m}$
Tipo de fibras	Blancas onduladas	Varillas o fibras rígidas, fuertes y bioresistentes	

Las fibras de crisotilo son ligeramente menos biopersistentes que las de los anfíboles, por lo que parte de ellas pueden ser eliminadas del cuerpo. Datos epidemiológicos sugieren que la exposición a crisotilo tiene menor incidencia de cáncer, especialmente mesotelioma, que los anfíboles.

Los lugares en los que podemos encontrar amianto, entre otros, son:

- ✗ Elementos estructurales: paredes, puertas, baldosas, fachadas de edificios, suelos de linóleo.
- ✗ Recubrimientos y pinturas texturizadas.
- ✗ Placas prefabricadas.

- ✗ Masillas sellantes, adhesivos de pavimento de vinilo.
- ✗ Fibrocemento: tuberías, canalones, tejados.
- ✗ Sistemas de calefacción como aislante térmico (calorifugados) en tuberías, calentadores y calderas.
- ✗ Conductos de ventilación.
- ✗ Cortafuegos en estructuras y huecos de techo, ascensores.....
- ✗ Aislante en armazones de acero de edificios.
- ✗ Sistemas de agua sanitaria: válvulas, rebordes, juntas, depósitos de agua potable, cisternas de sanitarios...
- ✗ Instalaciones y cuadros eléctricos
- ✗ Jardineras y mobiliario de jardín.

### Efectos en salud

Las fibras de amianto están clasificadas como **carcinógeno de categoría 1** por la Agencia Internacional de Investigación sobre el Cáncer (International Agency for Research on Cancer, IARC), siendo la vía de entrada al organismo la respiratoria. Este organismo establece que para los contaminantes de probado efecto cancerígeno no hay concentraciones de exposición segura y **por tanto debe evitarse cualquier exposición al amianto**. En el caso de exposición laboral, el valor límite ambiental (VLA, valor que indica el límite de exposición ocupacional) establecido es de 0.1 fibras/cc para 8 horas de trabajo continuo.

El riesgo para la salud se produce al disgregarse en fibras que se dispersan al ambiente y que pueden ser inhaladas por las personas expuestas. Por toxicidad y reducido

tamaño, que oscila entre 3-20 micras, estas microfibras al ser inhaladas producen enfermedades pulmonares como son la asbestosis o amiantosis y distintos tipos de cáncer, principalmente de pulmón, mesotelioma de pleura, peritoneo y pericardio; con menor frecuencia pueden afectar a otros órganos como laringe y ovarios. El riesgo de enfermedad aumenta con el tiempo de exposición.

La **asbestosis** está reconocida como enfermedad profesional, por el Real Decreto 1299/2006 por el que se aprueba el cuadro de enfermedades profesionales en el Sistema de la Seguridad Social y se establecen criterios para su notificación y registro (modificado por el Real Decreto 1150/2015), estando obligados tanto los facultativos del Servicio médico de Prevención de Riesgos Laborales, como los facultativos del Sistema Nacional de Salud, a su notificación cuando tengan conocimiento de la enfermedad. Por otra parte, es obligatoria la vigilancia específica de la salud de los trabajadores por los Servicios de Prevención de Riesgos Laborales correspondientes, en relación con los riesgos por exposición al amianto en virtud de la normativa existente de protección de salud laboral. Actualmente existe un “Programa Integral de Vigilancia de la Salud de los Trabajadores Expuestos al Amianto (PIVISTEA) y el Protocolo de Vigilancia Sanitaria Específica” implantado en todas las CC.AA. En la Comunidad de Madrid, en el marco de este Programa se ha creado el Registro de trabajadores expuestos a amianto (RETEA).

La asbestosis es una enfermedad crónica pulmonar debida a la inhalación de fibras de

asbesto en el polvo del aire, ocasionando progresivamente microcicatrices en el tejido alveolar produciendo un engrosamiento de la pleura. Los pulmones pierden progresivamente su capacidad de expandirse y contraerse, y de realizar el intercambio gaseoso entre el aire y la sangre. La asbestosis está directamente relacionada con la intensidad y la duración de la exposición a las fibras. El periodo de latencia desde el inicio de la exposición hasta la manifestación clínica de la enfermedad puede ser de 30 años o más.

**SIEMPRE QUE EL AMIANTO PERMANEZCA ÍNTEGRO (NO LIBERE FIBRAS AL AMBIENTE) NO SUPONE UN RIESGO PARA LA SALUD.**

### **Limitaciones en su comercialización y uso**

En España, está prohibida la producción, comercialización, utilización e instalación, con algunas excepciones, de todas las variedades de amianto: crocidolita, amosita, antofilita, actinolita, tremolita y crisotilo o de materiales que lo contengan.

Sin embargo, a pesar de las limitaciones en su comercialización y uso, en los productos que contengan este tipo de fibras, **Y QUE YA ESTUVIERAN INSTALADOS CON ANTERIORIDAD A LA PROHIBICIÓN**, podrán permanecer hasta su eliminación o fin de su vida útil. Por tanto, habrá que seguir contando durante años con la previsible presencia de amianto en edificios antiguos, y en el caso de remodelación o demolición de éstos deberá ser exclusivamente realizada por empresas registradas en el **Registro de empresas con riesgo por amianto (RERA)**. Estas empresas al objeto

de proteger a sus trabajadores y a otras personas que puedan resultar expuestas, deben adoptar las medidas preventivas contenidas en el 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. A este respecto deberán contar con un Plan de Trabajo y cumplir con las medidas de seguridad establecidas en el Real Decreto, además de especificar el tipo de controles a realizar para evaluar la cantidad de esos compuestos especialmente tóxicos y su proceso de eliminación.

Actualmente se están utilizando como materiales aislantes otros materiales alternativos al amianto. Entre dichas alternativas están las fibras minerales artificiales (lana de vidrio, lanas minerales, lanas de roca), fibras cerámicas, fibras orgánicas naturales, fibras orgánicas sintéticas (fibras de carbón, fibras de acero) etc., aunque de algunas de ellas se discute sobre su peligrosidad como por ejemplo el grupo de cristales y los anfíboles fibroedénticos (fibras asbestiformes) clasificadas por la IARC en 2017 como Grupo 1 o carcinógenos para los humanos (mesotelioma), y las fibras cerámicas refractarias clasificadas como carcinógenas del grupo 1B según el Reglamento CLP, sobre clasificación, etiquetado y envasado de sustancias y mezclas. Esta norma también clasifica las lanas minerales como carcinógenas del grupo 2.

Los productos que contengan amianto al ser retirados deberán etiquetarse conforme a la normativa vigente e identificarse como residuos con amianto según modelo de la Figura 2.

Respecto a la presencia de fibras de amianto en el agua de consumo humano debido a su presencia en las tuberías de fibrocemento, la OMS y otros Organismos y Asociaciones, concluyen literalmente: *“no se han encontrado evidencias consistentes de que la ingesta de amianto sea peligrosa para la salud y por lo tanto no es necesario establecer un valor de referencia en el agua de consumo”*. Así, en la nueva Directiva de agua potable, actualmente en fase de borrador, el amianto nuevamente, no ha sido incluido en la lista de parámetros a controlar.

Es importante indicar, que los compromisos de la Unión Europea (UE) de cara al Cambio Climático y las medidas de mejora de eficiencia energética, representan una oportunidad única para eliminar el amianto de forma segura en ese proceso de modernización de los edificios y viviendas. A este respecto, es básico la creación de Fondos Especiales de Desamiantado e Inertización, ya sea por subvenciones públicas o fondos europeos. Además, el Comité Económico y Social Europeo aprobó en 2015 un dictamen señalando que "la completa eliminación de todo el amianto debe ser un objetivo prioritario de la Unión Europea" e instó a la implantación de planes de acción específicos para su completa erradicación antes del año 2032.

Figura 2. Etiqueta



## → Ozono (O<sub>3</sub>)

El ozono (O<sub>3</sub>) se produce de forma natural en las capas altas de la atmósfera (estratosfera) a partir de la disociación de moléculas de oxígeno por acción de la luz solar actuando como barrera frente a la radiación solar. Es una forma alotrópica del oxígeno compuesto por tres átomos de oxígeno. Es un gas incoloro que en condiciones estándar (21°C; 1 bar) su vida media es de aproximadamente 20 minutos, de olor acre penetrante que se asocia habitualmente con las chispas eléctricas y generalmente detectable por el olfato humano a concentraciones entre 0,02 y 0,05 ppm. Su mecanismo de acción se debe fundamentalmente a que se trata de un potente agente oxidante (51% más que el cloro y mucho más veloz que éste), que reacciona con todo tipo de sustancias, ya sean materiales inertes o tejidos vivos en los que provoca la muerte celular por lisis de sus membranas celulares, de aquí su capacidad para inactivar un amplio espectro de microorganismos y/o biofilms.

También se encuentra a nivel de la troposfera procedente de la entrada de ozono desde la estratosfera, o bien es originado (contaminante secundario) por la presencia de otros contaminantes como los óxidos de nitrógeno y compuestos orgánicos volátiles en presencia de luz solar (producción fotoquímica local). Otras veces puede transportarse a largas distancias de su origen.

En el ambiente interior se origina por equipos que generan descargas eléctricas que activan energéticamente los átomos de la molécula de oxígeno uniéndolos de tres en

tres. Existen diversos sistemas para la producción de ozono de forma continua como son las placas cerámicas o las válvulas de vacío. El ozono industrial emitido por generadores, en la actualidad tiene diferentes y amplias aplicaciones como son la desinfección de agua, del aire interior, la higienización de envases y utillaje alimentario, el blanqueo de la pasta de papel, el tratamiento y eliminación de residuos farmacéuticos, etc. También se genera de forma no intencionada en máquinas fotocopiadoras, impresoras láser, equipos electrostáticos para purificación del aire, motores eléctricos y equipos con radiación UV para la desinfección.

El uso de generadores de ozono como desinfectante y desodorizante en locales cerrados para el control de microorganismos, olores, etc., debe realizarse de forma adecuada, teniendo en cuenta sus posibles efectos adversos si se superan las concentraciones límites y siempre por personal experto y bajo condiciones de estricto control, sin presencia de personas en el área tratada y renovando el aire interior después de su aplicación.

Su uso se ha extendido en los últimos años en guarderías, donde conviene resaltar que en este colectivo, la exposición continuada al O<sub>3</sub> disminuye la capacidad de defensa inmunológica del organismo, ocasionando infecciones reiteradas en los niños, por lo que se debe insistir en su uso correcto, sin presencia de usuarios y en las horas de inactividad de estos centros, de acuerdo a las recomendaciones establecidas por organismos reconocidos internacionalmente como la OMS.

## Efectos en salud

Debido a su poder oxidante los efectos inmediatos en salud se traducen en: irritación del tracto respiratorio y de los ojos, tos, dificultades respiratorias, etc. A medio plazo se puede producir disminución general del rendimiento físico, así como síntomas de malestar general tales como, dolor de cabeza, cansancio, pesadez, etc. A largo plazo puede producir alteraciones en la función pulmonar (neumonitis y neumonía).

En general, los efectos de la exposición a ozono se acentúan cuanto mayor es su concentración, la duración de la exposición y los niveles de actividad durante la misma, si bien no se conoce la forma de la relación dosis/respuesta. La gravedad de la respuesta depende estrechamente de la sensibilidad del sistema respiratorio y, a menudo, del estado inmunitario de la persona expuesta.

## Regulación en su comercialización y uso

En el marco del Reglamento (UE) nº 528/2012 del Parlamento Europeo y del Consejo de 22 de mayo de 2012 relativo a la comercialización y el uso de los biocidas (BPR) modificado por el Reglamento (UE) nº 334/2014 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 11 de marzo de 2014, desde el 1 de septiembre de 2013, el ozono está regulado como "sustancia activa" y cualquier persona que desee comercializar un generador de ozono para una aplicación biocida dentro de la UE debe tener su producto autorizado de acuerdo con esta normativa. Existen diferentes niveles y acotamientos de fechas para la presentación de documentación al respecto, cuya fecha límite será el 20 de septiembre del 2020, de tal forma que a partir de ese momento las empresas tendrán que haber completado los

trámites previos de registro y autorización de sustancia activa y de dossier de producto, por lo que aquellos usos, tecnología y equipamiento para la aplicación de ozono que haya quedado fuera de dichos trámites no podrá ser utilizada.

Además, según una decisión reciente de la Agencia Europea de Sustancia y Mezclas Químicas (en inglés, European Chemicals Agency, ECHA), el O<sub>3</sub>, también está sujeto al Reglamento REACH (Registro, Evaluación, Autorización y Restricción de Productos Químicos), si la fabricación o importación es de 1 tonelada al año o más. Hay que tener en cuenta que REACH es aplicable para entidades que proporcionan generadores de ozono a empresas que producen más de 1 tonelada de O<sub>3</sub> al año (1 tonelada anualmente es igual a una operación continua a 114 g/h de O<sub>3</sub>). El volumen de producción es aditivo o lo que es lo mismo sumatorio; si una entidad jurídica utiliza 2 unidades de 60 g/h de O<sub>3</sub>, se rebasará la banda de tonelaje REACH y por lo tanto está obligado a registro.

## → Compuestos Orgánicos Volátiles (COVs)

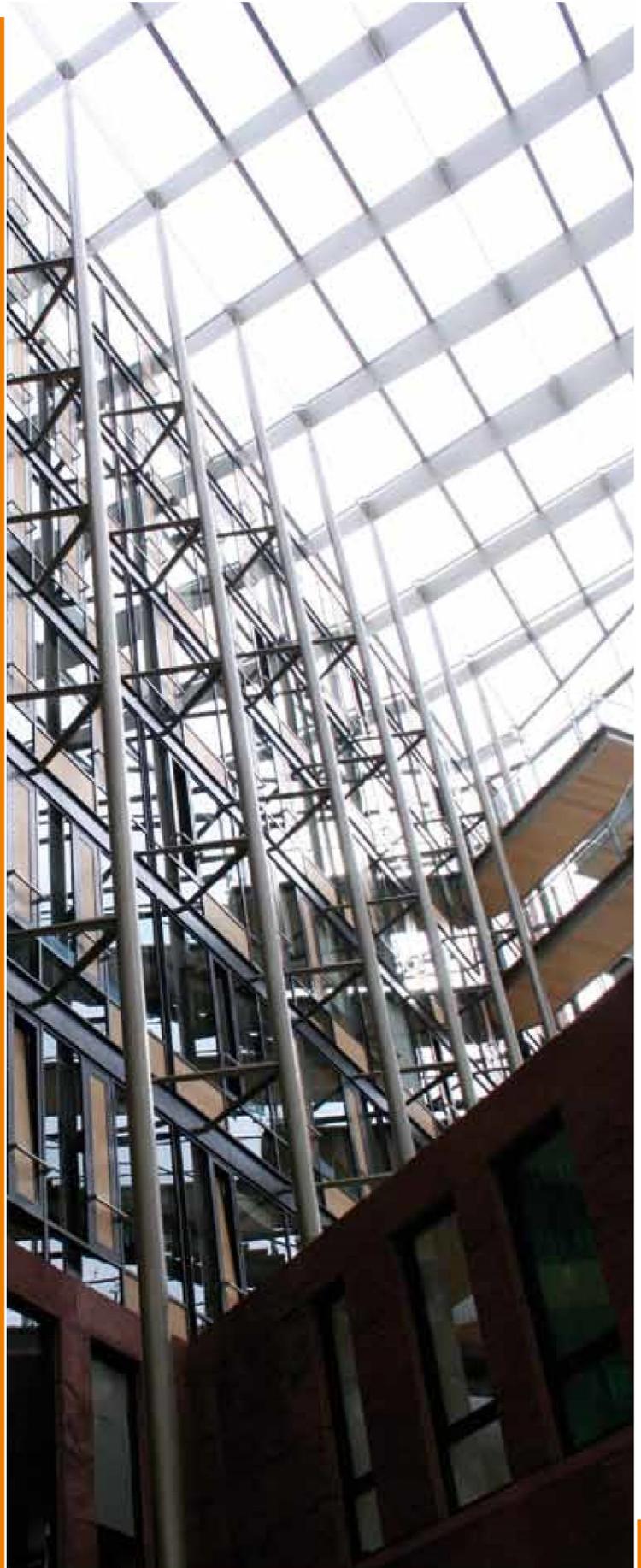
Los compuestos orgánicos volátiles son un grupo de compuestos pertenecientes a diferentes familias químicas (alcoholes, aldehídos, cetonas, éteres de glicol, terpenos, etc.) que tienen en común su base química de carbono y la particularidad de volatilizarse en el aire en estado gaseoso a temperatura ambiente, de forma más o menos rápida. La OMS (1987) los clasifica por su punto de ebullición como compuestos orgánicos muy volátiles, semivolátiles y volátiles, éstos últimos cuando su temperatura de ebullición oscila entre 50 °C

y 260 °C. Se trata de parámetros importantes a tener en cuenta en la calidad del ambiente interior, debido a que la exposición prolongada a ciertos compuestos orgánicos volátiles puede presentar riesgos para la salud y el bienestar de las personas.

Los COVs son emitidos por diversas fuentes tanto de origen biogénico (origen natural) o antropogénico (origen humano), estando presentes tanto en el ambiente exterior como en el interior. En el exterior las principales fuentes de emisión son debidas a los procesos de combustión en vehículos, en calderas y hornos e incendios, y a la emisión de ciertas industrias.

En el ambiente interior, dichos compuestos son ampliamente utilizados en la fabricación de diversos productos, materiales decorativos y de construcción: pinturas, colas, madera, alfombras, telas, ambientadores, biocidas, etc. En general, en los países desarrollados se observan concentraciones de COVs en interiores mayores a las existentes en el exterior.

En función del tipo de material, la emisión de estos compuestos variará tanto en su concentración, como en el tiempo de permanencia en el ambiente, siendo lo más habitual, su disminución de forma exponencial con el transcurso del tiempo. Factores ambientales como: temperatura, humedad, actividades y cambios en la ventilación del edificio, influirán en su emisión. En el caso de los materiales de construcción, la liberación de COVs alcanza su máxima expresión



inmediatamente después de la instalación, cuando son nuevos. Esta liberación de gases disminuye a medida que las fuentes de COVs envejecen.

Algunos de estos compuestos causan efectos indirectos en salud, ya que son considerados precursores de ozono, interviniendo en reacciones químicas complejas en la atmósfera y, en particular, en la formación de oxidantes fotoquímicos y en su principal constituyente, el ozono, fenómeno conocido comúnmente como “Smog de verano”.

Además, en ambientes interiores, muchos de estos compuestos tienden a asociarse con otros compuestos presentes (por ejemplo Benceno con Tolueno y Xileno y D-Limoneno con Ozono) lo que dificulta el conocimiento de los efectos en salud de estas interacciones (aditivos, sinérgicos o antagónicos), así como el establecimiento de valores límite.

### **Efectos en salud**

Sus efectos son, la mayoría de las veces, no bien conocidos y comprenden desde un alto grado de toxicidad, hasta efectos leves o desapercibidos. Esos efectos dependerán de la naturaleza de cada compuesto, y del grado y período de exposición. Así, los efectos atribuibles a diferentes compuestos van, desde la simple molestia olfativa, a náuseas, dolor de cabeza, vómitos, irritación de la piel y mucosas, etc. Entre los efectos más graves se encuentran los cancerígenos y mutagénicos. Algunos compuestos como el benceno o el cloruro de vinilo monómero, están asociados con la leucemia (en el caso de exposición ocupacional) y los éteres de glicol (2-etoxietanol, 2-butoxietanol y 1-metoxi -2-propanol), son sospechosos de

afectar a la reproducción y al desarrollo del feto.

La exposición a largo plazo a compuestos orgánicos volátiles puede causar lesiones del hígado, los riñones y el sistema nervioso central. La exposición a corto plazo puede causar irritación de los ojos y las vías respiratorias, dolor de cabeza, mareo, trastornos visuales, fatiga, pérdida de coordinación, reacciones alérgicas de la piel, náuseas y trastornos de la memoria. El tolueno puede causar dolores de cabeza, confusión mental, somnolencia, etc., existe una clara preocupación, aunque sin evidencia científica, de que pueda ocasionar graves trastornos de carácter crónico por lesiones a nivel cerebral.

Recientemente la Agencia ECHA ha evaluado el riesgo de exposición a las sustancias presentes en el material de goma reciclada (neumáticos) que se usa en suelos deportivos artificiales, parques infantiles etc., concluyendo que el nivel de preocupación para jugadores, niños y trabajadores que instalan o mantiene éstos, es muy bajo. Como recomendación en el caso de pabellones cerrados, se indica que los COVs que se podrían emitir originarían en algunos casos irritación de los ojos y de la piel de los usuarios, por lo que es conveniente que se asegure, en la medida de lo posible, una ventilación adecuada.

Tabla 3. Origen de los principales COVs en interiores.

Familias	Compuestos	Fuentes potenciales de emisión
Acetato Aldehídos	★ Formaldehído	★ Madera prensada (tableros aglomerado y contrachapado etc.), libros y revistas, nuevas, pinturas y tratamientos catalizados por ácidos, humo tabaco, fotocopiadoras, tapicerías y cortinajes.
	★ Acetaldehído	★ Humo tabaco, fotocopiadoras, tableros aglomerado y contrachapado.
	★ Hexaldehído	★ Panelados de madera, libros y revistas nuevas, pinturas y tratamientos catalizados por ácidos
	★ Acroleína	★ Humo tabaco, algicida, combustión automóviles
Hidrocarburos aromáticos	★ Benceno	★ Combustión, humo tabaco, pinturas (látex y base acuosa), adhesivos a base agua, plásticos, fotocopiadoras.
	★ Etil benceno	★ Carburantes, barnices.
	★ 1,2,4-trimetilbenceno	★ Carburantes, materiales plásticos, materiales de aislamiento impermeabilizantes, humo tabaco.
	★ Estireno	★ Materiales plásticos, materiales de aislamiento, carburantes, humo tabaco.
	★ Tolueno	★ Pinturas de látex, barnices, adhesivos a base de agua, tintas, moquetas.
	★ m/p/o Xileno	★ Pinturas, barnices, adhesivos, insecticidas.
Hidrocarburos alifáticos	★ n-Decano	★ Tintes para madera, colas para el suelo, ceras, barnices, productos de limpieza para suelos, moquetas y tapicerías, placas de yeso.
	★ n-Undecano	
Éteres y Ésteres de Glicol	★ 2-Etoxietanol	★ Panelado de cloruro de vinilo, panelado plástico/melanina, lacas, pinturas (látex), barnices, jabones, cosméticos, fungicidas, herbicidas, productos para el tratamiento de la madera.
	★ 1-metoxi-2-propanol	
	★ 2-butoxietanol	
	★ 2 metoxietanol	
	★ 2 metoxietilacetato	
	★ Acetato de butilo	
	★ 2-Etoxietilacetato	
Hidrocarburos clorados	★ Tricloroetileno	★ Pinturas, barnices, adhesivos, limpiadores de metales. ★ Limpieza en seco, tapices, alfombras. ★ Anti-ácaros, desodorante. ★ Panelado de madera.
	★ Tetracloroetileno	
	★ 1,4 diclorobenceno	
	★ 1,1,1 tricloroetano	
Terpenos	★ Alfa Pineno	★ Ambientadores, desodorantes, aromaterapia, limpieza de suelos, ceras para muebles.
	★ D-Limoneno	
	★ Naftaleno	
	★ Pulegona	
Alcoholes	★ 2-etil-1-hexanol	★ Fabricación de plásticos (policloruro de vinilo), materiales de revestimiento, adhesivos, tintas de imprenta, y agentes de la impregnación, aromatizante bebidas y alimentos.

Según la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC), el benceno, el 1,3-butadieno y el formaldehído entre otros, son carcinógenos probados (Grupo1).

Las personas con mayor riesgo de afección a largo plazo por los citados compuestos son los trabajadores industriales que tienen una exposición ocupacional prolongada a los mismos, los fumadores y las personas expuestas por períodos prolongados a las emisiones del tráfico rodado.

La inhalación de benceno se ha asociado con el desarrollo de un tipo particular de leucemia, llamada leucemia mieloide aguda (ATSDR 2005, por sus siglas en inglés, Agency for Toxic Substances and Disease Registry).

Tabla 4. Clasificación de los principales COVs con información toxicológica y de exposición.

COVs	Efectos agudos	Efectos crónicos	Carcinogenicidad Hombre IARC
Formaldehído	Respiratorios	Cáncer nasofaríngeo Leucemia	Cancerígeno 1
Benceno	Inmunológicos	Leucemia	Cancerígeno 1
1,3 butadieno	Irritación/Neurológicos	Neurológicos	Cancerígeno 1
Acetaldehído	Irritación mucosas	Cáncer vías respiratorias	Posible cancerígeno 2B
Tolueno	Neurológicos	Neurológicos	Inclasificable 3
Tricloroetileno	Neurológicos	Cáncer riñón	Cancerígeno 1
Tetracloroetileno	Renal	Neurológicos	Probable Cancerígeno 2A
Xileno	Neurológicos	Neurológicos	Inclasificable 3
1,4 diclorobenceno	Desarrollo	Nefrotóxicos	Posible cancerígeno 2B
2 butoxietanol	Hematológicos	Hematológicos	Posible cancerígeno 2B
Estireno	Neurológicos	Neurológicos	Posible cancerígeno 2B
1,1,1-Tricloroetano	Neurológicos	Neurológicos	Inclasificable 3
D-Limoneno	Irritación mucosas	Dermatológicos/alergias	Inclasificable 3
Naftaleno	Anemia hemolítica	Lesiones retina/catarata	Posible cancerígeno
1,2 Dicloropropano	Respiratorios	Hígado y vías biliares	Cancerígeno 1

## → Formaldehído (CH<sub>2</sub>=O)

Se trata de un contaminante importante del aire interior y debido a sus propiedades químicas y a los graves efectos en la salud, se recomienda una evaluación individualizada. A temperatura ambiente, el formaldehído es un gas inflamable incoloro de olor penetrante característico. Entre sus propiedades físico-químicas se encuentran su capacidad de disolución en el agua, aunque por corto período de tiempo, y su degradación más o menos rápida en el aire, siendo sus productos de descomposición ácido fórmico y monóxido de carbono.

En el interior de los edificios, su concentración es mayor que en el aire exterior, estando presente a menudo en la estructura de las instalaciones y mobiliario de los edificios modernos, disminuyendo su concentración con el tiempo, con la temperatura y humedad relativa, velocidad de intercambio del aire y con la estación del año. La urea-formaldehído, espuma de aislamiento (UFFI), fue muy empleada en la construcción de casas hasta comienzos de la década de 1980, aunque en la actualidad es rara su instalación. Las principales fuentes de exposición a formaldehído incluyen: aglomerados de madera, barnices, lacas, pegamentos, fibra de vidrio, alfombras, telas que no requieren planchado, productos de papel y ciertos productos de limpieza y desinfección. Debido a las concentraciones extremadamente altas de formaldehído en el humo del tabaco, fumar constituye una fuente importante de este compuesto. Cocinas, hornos a gas y

chimeneas abiertas al aire, son también fuentes de exposición a formaldehído.

Estudios realizados en Canadá desde comienzos del decenio de 1990 indican la presencia de formaldehído en hogares en concentraciones que oscilan entre 2,5 y 88 µg/m<sup>3</sup>, con un promedio de entre 30 y 40 µg/m<sup>3</sup> (Health Canadá, 2005).

### *Efectos en salud*

La principal forma de exposición es la inhalación, también puede absorberse por contacto con la piel. Los principales efectos de la exposición aguda al formaldehído son la irritación de la conjuntiva ocular y de la mucosa del tracto respiratorio superior e inferior. Los síntomas son temporales y dependen del nivel y la duración de la exposición. La exposición a altas concentraciones de formaldehído puede causar quemaduras en ojos, nariz y garganta. A largo plazo, la exposición a concentraciones moderadas de formaldehído (exposición crónica) puede estar asociada a síntomas respiratorios y sensibilidad alérgica, especialmente en los niños. El contacto prolongado o repetido con la piel, da lugar a irritación y dermatitis.

A través de algunos estudios realizados en trabajadores de la industria, expuestos a concentraciones muy altas de este compuesto, parece observarse más casos de cáncer de nariz y de garganta que lo esperado, sin embargo otros estudios no han confirmado estos resultados. No obstante, los estudios experimentales en roedores sí confirman el riesgo en éstos, a contraer cáncer de nariz.

Tabla 5. Efectos del formaldehído en humanos después de una exposición de corta duración.

Concentración media o promedio (mg/m <sup>3</sup> )	Rango de tiempo o promedio	Efectos en salud en la población general
0.03	Exposición repetida	Umbral de detección de olor (percentil 10) <sup>a</sup>
0.18	Exposición repetida	Umbral de detección de olor (percentil 50) <sup>a</sup>
0.6	Exposición repetida	Umbral de detección de olor (percentil 90) <sup>a</sup>
0.1-3.1	Exposición única y exposición repetida	Umbral irritación garganta y nariz
0.6-1.2	Exposición única y exposición repetida	Umbral irritación ojo
0.5-2	3-5 horas	Disminución secreción moco nasal
2.4	40 minutos en 2 días sucesivos con 10 minutos de ejercicio moderado el segundo día	Dolor de cabeza post-exposición (hasta 24 horas)
2.5-3.7	<sup>-b</sup>	Sensación de irritación en ojos y nariz
3.7	Exposición única y exposición repetida	Disminución de función pulmonar sólo con ejercicio pesado
5-6.2	30 minutos	Tolerable durante 30 minutos con lagrimeo
12-25	<sup>-b</sup>	Fuerte lagrimeo, con 1 hora de duración
37-60	<sup>-b</sup>	Edema pulmonar, neumonía, peligro para la vida
60-125	<sup>-b</sup>	Muerte

Fuente: OMS.

<sup>a</sup>: frecuencia de efecto en la población

<sup>-b</sup>: intervalo de tiempo promedio inespecífico.

**EL VAPOR DE FORMALDEHÍDO HA SIDO CLASIFICADO COMO CARCINÓGENO PARA EL SER HUMANO: CÁNCER NASOFARÍNGEO Y LEUCEMIA MIELOIDE (IARC, OSHA, EPA).**

## → Humo de tabaco

El origen del tabaco se remonta a las culturas mesoamericanas precolombinas, siendo los mayas los primeros en fumar las hojas de tabaco en ceremonias religiosas. Desde finales del siglo XIX hasta finales del XX se extiende masivamente el hábito de fumar. Actualmente, la prevalencia global del tabaquismo ha disminuido con respecto a años anteriores, mientras que el número y el porcentaje de muertes atribuibles al tabaquismo han aumentado en los últimos 20 años.

El **humo de tabaco también denominado humo de tabaco ajeno**, es la combinación del humo que procede de un cigarrillo ardiendo (pipa o cigarro) denominado **humo de flujo lateral (HL)** y del humo exhalado por el fumador o **humo de flujo central (HC)**. Se define como **humo ambiental del tabaco (HAT)** al material presente en el aire interior procedente del humo del tabaco. Por tanto, el HAT es el resultado de la combustión “libre” del cigarrillo (“corriente lateral”) más el humo exhalado por los fumadores (“corriente principal”). Según estudios científicos realizados al respecto, ambas “corrientes” tienen importantes diferencias, poco relevantes desde el punto de vista ambiental, puesto que lo preocupante es la “mezcla”.

Es una compleja mezcolanza de sustancias (por encima de 4.700) en las que se incluyen

gases y partículas, de las cuales hay 243 que se conocen y pueden causar cáncer, por lo que constituye una forma de contaminación interior muy tóxica (tanto para los no fumadores como para los fumadores). El HAT está formado por una **fase gaseosa**, en la que se encuentran unos 400-500 componentes de los 4.000 que lo componen, y una **fase de partículas** donde se hallan suspendidas más de 3.000 millones, cuyo diámetro oscila entre 0,1-1 micras.

Los elementos más importantes en la fase gaseosa son **monóxido de carbono (CO)**, **dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)**, **óxidos de nitrógeno (NOx)**, **amoníaco (NH<sub>3</sub>)**, **diversas nitrosaminas volátiles, aldehídos y cetonas**.

Los constituyentes más relevantes de la fase de partículas son **nicotina, agua y alquitrán**, el cual no es otra cosa que el residuo que queda tras la extracción del agua y la nicotina de dicha fase particulada. Los alquitranes contienen un gran número de compuestos entre los que destacan los **hidrocarburos aromáticos policíclicos, diversos metales, elementos radioactivos, fenoles y nitrosaminas volátiles**.

## *Efectos en salud*

El tabaco ocupa el cuarto lugar entre los factores de riesgo de enfermedad más comunes. La exposición al humo ambiental de tabaco es un reconocido factor de riesgo para la salud, tanto en ambientes cerrados como en el interior de los edificios. Está demostrada su nocividad a partir de 2.3 µg nicotina/m<sup>3</sup> de aire. Algún estudio incluso habla de niveles menores. Esa concentración se alcanza con suma facilidad en cualquier

lugar donde no esté expresamente prohibido fumar.

La OMS indica que el tabaco es la segunda causa principal de mortalidad, clasificándolo como carcinógeno humano (Grupo 1), siendo el primer factor de riesgo de cáncer de pulmón de vejiga. "El Día Mundial sin Tabaco" se celebra el 31 de mayo con el fin de poner de relieve los riesgos para la salud asociados con el tabaquismo y abogar por políticas eficaces para reducir su consumo.

Los efectos demostrados del HAT son:

- ✗Cáncer de pulmón, boca, garganta y vejiga
- ✗Enfermedades cardiovasculares.

- ✗Afección del estado de salud de los no fumadores e incremento del daño en fumadores.

En niños, los efectos demostrados del HAT son:

- ✗Neumonías.
- ✗Bronquitis y bronquiolitis.
- ✗Otitis media.
- ✗Asma: Aumento del número y gravedad de los brotes. Posiblemente, esté relacionado con el Síndrome de muerte súbita del lactante.
- ✗Retraso del crecimiento intrauterino.

En relación a la exposición pasiva al humo de tabaco y su vinculación con el cáncer, se estima que aumenta el riesgo de mortalidad

Figura 3. Componentes del humo de tabaco

componentes	Efectos biológicos	componentes	Efectos biológicos
Partículas total	T, CH	N- Nitrosornicotina (NNN)	C
Monóxido Carbono	T	Otras nitrosaminas	C
Nicotina	T	Hidracina	C
Acetaldehído	CT	Urelano	C
Acetona	CT	Cloruro de Vinilo	CH
Óxidos de nitrógeno	T	Benzoantraceno	C
Ac. Fórmico	CT	Benzo (α) pireno	C
Ac. Cianhídrico	CT, T	5- Metilcriseno	C
Catecol	CoC	Dibenzo (α, γ) acridina	C
Amoniaco	T	2- Naftilamina	CH
Benceno	CH	4-Aminobifenil	CH
Acroleína	CT	2- Toluidina	C
Acrlonitrilo	C	Polonio-210	C
Formaldehído	C		
Fenol	PT		
2-Nitropropano	C		

Abreviaturas			
T	Tóxico	CoC	Cocarcinógeno
CH	Carcinógeno para personas	PT	Promotor tumoral
CT	Citotóxico		
C	Carcinógeno en animales		

Fuente: Hoffman D.& Wynder E.L. IARC, 1986.

por cáncer de pulmón en un 1,2. Sin embargo, el IARC concluyó que la evidencia es limitada respecto a la asociación entre tabaquismo pasivo y cáncer de mama.

En la actualidad existen en el mercado dispositivos susceptibles de liberar nicotina, conocidos como “cigarrillo electrónico”. En general, estos dispositivos se publicitan como inocuos, sin embargo, no se pueden excluir los riesgos para la salud asociados al uso o exposición al vapor de estos cigarrillos. Además, muchos tipos de tabaco sin humo se comercializan para uso oral o nasal, que en general en su mayoría contienen nicotina y nitrosaminas específicas del tabaco, incluyendo el NNN (N'-nitrosornicotina) y NNK (nitrosomethylamino-4 (3-piridil) -1-butanona-1). La utilización de estos productos genera emisión de propilenglicol, partículas PM2.5, nicotina y sustancias cancerígenas que pueden contaminar los espacios cerrados, con los consecuentes riesgos por exposición pasiva. El uso del tabaco sin humo causa cáncer de la cavidad oral, cáncer de páncreas y masticar hojas de betel (planta de la familia de la pimienta negra) con o sin tabaco se asocia con cáncer de esófago (evidencia suficiente) y cáncer de hígado (pruebas limitadas) (IARC, 2009).

Los gobiernos han comenzado a hacer frente sistemáticamente al problema, así en nuestro país se ha publicado el Real Decreto 579/2017, de 9 de junio, por el que se regulan determinados aspectos relativos a la fabricación, presentación y comercialización de los productos del tabaco y los productos relacionados, con requisitos dirigidos a los fabricantes e importadores de dispositivos

susceptibles de liberación de nicotina y envases de recarga, que van desde estudios de mercado, a ensayos y obligaciones relacionadas con los efectos adversos, etc... Asimismo, incorpora el régimen aplicable a los productos del tabaco novedosos y un formato común para la notificación de cigarrillos electrónicos y envases de recarga. Es importante resaltar, la prohibición de comercialización de los productos del tabaco con aromas característicos, vitaminas, cafeína, taurina y otros aditivos asociados con el incremento de energía y vitalidad o aquellos que faciliten la ingesta y la inhalación de nicotina.

### *Medición del grado de exposición al humo ambiental de tabaco*

El grado de exposición al humo de tabaco puede medirse en el ambiente interior analizando el aire de un edificio mediante captadores que detectan nicotina u otras sustancias químicas presentes en el humo de tabaco. También puede evaluarse midiendo la concentración de cotinina (un producto derivado de la descomposición de la nicotina) en la sangre, en la saliva o en la orina de una persona que no fuma. La nicotina, la cotinina, el monóxido de carbono y otras sustancias químicas relacionadas con el tabaquismo se han detectado en los fluidos corporales de personas que no fuman expuestas al humo de tabaco en el ambiente.

### → Radón

El radón (Rn) se considera la fuente más frecuente de radiación natural. Es un gas

noble radiactivo, sin olor ni sabor, que se genera naturalmente en la desintegración del uranio, que se encuentra en pequeñas cantidades en la mayoría de las rocas y en el suelo. También procede de las minas de fosfatos y de uranio, y de la combustión del carbón, pudiéndose adherir al polvo y a otras partículas presentes en el aire o pasar desde el suelo al agua subterránea o superficial gracias a su solubilidad en ésta. Las aguas superficiales presentan concentraciones de radón muy bajas, sin embargo, las aguas que se extraen de fuentes subterráneas como manantiales, pozos y sondeos y que fluyen a través de formaciones rocosas graníticas o volcánicas presentan valores más altos.

El uranio se degrada lentamente a otros productos como el radio, que a su vez se degrada a radón, que a su vez, sufre desintegración radiactiva transformándose en diferentes radioisótopos hasta llegar a uno estable, liberando radiación durante este proceso. Aunque la mayor cantidad del radón permanece en el suelo, una parte pasa a la superficie y de ahí llega al aire. Existen varios isótopos, pero el que interesa desde el punto de vista de la salud pública es el  $^{222}\text{Rn}$ , y sus descendientes radiactivos (Polonio, Bismuto, Plomo...), o radioisótopos de vida media corta y emisión de radiación alfa, el  $^{218}\text{Po}$  y el  $^{214}\text{Po}$ , que son los verdaderamente responsables de su carácter cancerígeno.

El radón que emana del suelo y rocas, se dispersa fácilmente en el exterior ( $^{222}\text{Rn}$  tiene una vida media de 3,8 días). En el interior de edificios y viviendas, debido a que es un gas más denso que el aire, tiende a concentrarse en espacios cerrados, sobre todo en sótanos y plantas bajas de edificios,

en los que es difícil su eliminación sin una ventilación adecuada. Por lo que los niveles de radón en el aire exterior son muy bajos con respecto al ambiente interior.

La exposición al radón para la mayor parte de la población tiene lugar principalmente en el interior de los edificios ubicados en zonas graníticas y volcánicas. A partir de grietas, desagües, o en los cimientos de una vivienda, accede al interior de garajes, sótanos y a otras estancias en contacto con el suelo. Los niveles interiores dependerán principalmente de las características geológicas del terreno (niveles de uranio presentes y porosidad del suelo), del grado de ventilación del edificio, de su antigüedad y mantenimiento y de los materiales de construcción utilizados (granito, piedra pómez, pizarra de alumbre), aunque la contribución de éstos últimos es más bien escasa.

### **EL RADÓN, EN ZONAS GRANÍTICAS, PUEDE CONCENTRARSE EN EL AIRE INTERIOR DE LAS VIVIENDAS MAL VENTILADAS**

Por otra parte, el radón puede hallarse en agua de pozo en niveles elevados y en el gas natural del subsuelo. La combustión de gas natural en estufas sin chimenea y en termos puede producir un aumento del radón en interiores. En el caso de cuartos de baño, esta situación se puede agravar debido al radón contenido en el agua y el gas natural utilizado para el calentador de agua, si la ventilación no es suficiente.

Figura 5. Puntos de Entrada de radón al interior de un edificio



1. Grietas en suelos
2. Juntas de la construcción.
3. Grietas en paredes.
4. espacios en suelos suspendidos
5. espacios alrededor de las cañerías de servicios.
6. cavidades en el interior de paredes.
7. Suministros de agua

Fuente: EPA. Manual Informativo sobre el Radón. 2005.

### Efectos en salud

La IARC lo clasifica como **carcinógeno del Grupo 1 (cancerígeno probado en humanos)**. El Comité de riesgos para la salud de la exposición al radón del Consejo Nacional de Investigaciones (Beir VI, efectos biológicos de la radiación ionizante), establece que “sobre la base de las evidencias epidemiológicas la exposición a radón en ambientes interiores se considera

una causa de cáncer de pulmón en la población general, la segunda causa de cáncer pulmonar después del tabaco”, por lo tanto es la causa principal de dicho tipo de cáncer entre las personas que nunca han fumado. Es decir, la exposición a niveles altos de radón puede producir cáncer de pulmón y un aumento de la incidencia de enfermedades pulmonares como enfisema y fibrosis pulmonar. Así mismo, la incidencia de la patología pulmonar aumenta a medida que se incrementa la exposición a radón y el consumo de tabaco. En la actualidad no hay evidencia científica que confirme la asociación entre radón residencial y otros tipos de tumores diferentes al cáncer de pulmón.

La Organización Mundial de la Salud (OMS), estima que la proporción de cánceres de pulmón debidos exclusivamente al radón estaría entre el 3 y el 14% del total, dependiendo de la concentración de radón y de los métodos de cálculo. Según esta misma Organización, el riesgo de cáncer de pulmón aumenta en un 16% por cada 100 Bq/m<sup>3</sup> de concentración de radón. La relación dosis-respuesta parece ser lineal: conforme aumenta la concentración de radón aumenta el riesgo de cáncer de pulmón. Además, no hay límite de concentración por debajo del cual la exposición no presente ningún riesgo, incluso bajas concentraciones de radón suponen un riesgo de cáncer de pulmón.

Por otro lado, se han realizado diferentes estudios, aunque escasos, para encontrar una asociación significativa entre el consumo de agua con radón o sus productos de desintegración y diferentes tipos de cáncer del aparato digestivo y urinario, sin resultados concluyentes hasta el momento.

La OMS publicó un manual "*Who Handbook On Indoor Radon: A Public Health Perspective*", que ofrece una perspectiva internacional sobre radón residencial como un problema de salud pública. Dicho documento se centra en proporcionar información sobre la selección de dispositivos para medir los niveles de radón y sobre los procedimientos para dicha medición, así como, medidas de prevención y control para reducir el riesgo por radón en la salud de la población.

### **Medidas de prevención y control**

Es posible reducir la exposición al radón mediante medidas de remediación que limiten su entrada al interior del edificio, principalmente a través de estrategias de estanqueidad como son las barreras impermeables o sellos en la envolvente del edificio en contacto con el terreno y/o diluyendo el aire interior a través de una tasa de ventilación satisfactoria natural o forzada. Para ello, es fundamental tener en cuenta las características técnicas del edificio.

Según su concentración en el interior, las medidas correctoras son:

- ✗ **Por debajo de 400 Bq/m<sup>3</sup>**, la principal solución es la ventilación.
- ✗ **Entre 400 y 1000 Bq/m<sup>3</sup>**, es necesario realizar medidas sencillas para mejorar la ventilación y evitar que el gas entre en el interior de la casa, como sellar grietas del suelo y/o paredes y/o tuberías.
- ✗ **Por encima de 1000 Bq/m<sup>3</sup>**, se precisaría la ayuda de un profesional.

En 2009, la OMS recomendó un nivel de referencia de 100 Bq/m<sup>3</sup>, que en cualquier caso, no podrá superar los 300 Bq/m<sup>3</sup> (nivel

máximo recomendado). En España se aplican las recomendaciones de la Comisión Europea (90/143/EURATOM) que establece los valores de referencia de 200 Bq/m<sup>3</sup> para las edificaciones de nueva construcción y de 400 Bq/m<sup>3</sup> para las viviendas ya existentes. Estos niveles marcan unos límites razonables para garantizar unos valores de riesgo relativamente bajos. Por su parte, la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP) recomienda el nivel máximo de 300 Bq/m<sup>3</sup> para las viviendas y, en los puestos de trabajo, se deberán adoptar medidas protectoras a partir de los 1.000 Bq/m<sup>3</sup>.

### **LA ÚNICA MANERA DE SABER EL NIVEL DE EXPOSICIÓN EN UN HOGAR ES MEDIR EL RADÓN EN EL INTERIOR DEL MISMO.**

Los métodos de análisis en función de su duración pueden ser:

- ✗ **Sistemas Instantáneos.** Las determinaciones se realizan a partir de muestras de aire recogidas durante cortos períodos de tiempo, generalmente entre 1 segundo y 20 minutos. Permiten utilizar instrumental sencillo de bajo coste y se obtienen resultados rápidos. En general se utilizan para comprobar la eficacia de medidas correctoras o para realizar estudios que indiquen la ruta de entrada del radón en un edificio.
- ✗ **Sistemas de medida en continuo.** Son métodos que proporcionan mucha información pero resultan caros y están limitados a tareas de investigación. Se requiere personal especializado para el manejo de estos aparatos.
- ✗ **Métodos integrados.** Son los más prácticos y utilizados ya que permiten,

en muchos casos decidir sobre la conveniencia de tomar acciones correctoras y utilizan detectores pasivos. Aportan información sobre concentraciones promedio durante un tiempo que puede llegar a días, semanas o meses.

Cada método debe ser elegido de acuerdo a los objetivos. Concretamente los métodos más habituales son: Detectores sólidos de trazas alfa, Detector de carbón activo, Cámara iónica de electretes, Sistemas electrónicos integrados, Células de Centelleo, equipos analizadores de radón etc.

**LA CONCENTRACIÓN DE RADÓN SE MIDE EN BEQUERELIO POR METRO CÚBICO (BQ/M<sup>3</sup>). UN BEQUERELIO EQUIVALE A UNA DESINTEGRACIÓN RADIOACTIVA POR SEGUNDO.**

En general la medición del nivel anual promedio de radón en las zonas de riesgo debe ser representativa para que la comparativa con el nivel de acción sea adecuada. Por ello, es recomendable medir durante un período promedio de aproximadamente 2 meses en las habitaciones ocupadas principalmente, como el dormitorio y sala de estar y/o comedor y preferiblemente cuando se utilice calefacción (temporada de invierno). La medición puede realizarla el propio propietario (como ejemplo incluso existen en el mercado radiómetro para teléfonos inteligentes), siguiendo las instrucciones del fabricante del aparato adquirido generalmente los sistemas instantáneos y también existen diferentes empresas y

laboratorios que ofertan dicho servicio, aunque el único laboratorio acreditado a nivel nacional para tal fin es el Laboratorio de Radiactividad de la Universidad de Cantabria.

El Consejo de Seguridad Nuclear (CSN) publicó en 2010 la *Guía de Seguridad 11.1, en la que se establecen los requisitos para los laboratorios y servicios de medida de radón en el aire*. Se incluyen requisitos técnicos específicos a la medida de radón. Respecto a la exposición en *los lugares de trabajo* la metodología a seguir se contempla en la *Guía de Seguridad 11.4*.

Desde el 6 de febrero de 2018, los Estados miembros están obligados a desarrollar un “Plan de Acción Nacional frente al Radón” para reducir la exposición al radón en viviendas y edificios de acceso público y lugares de trabajo, para cualquier vía de entrada del radón, ya sea el suelo, los materiales de construcción o el agua, conforme a la *Directiva 2013/59/EURATOM*.

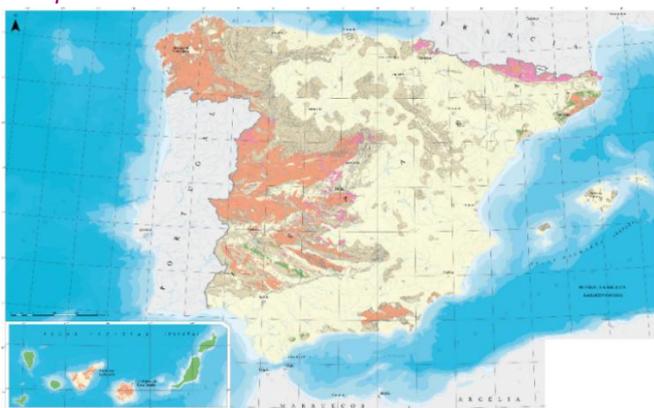
Respecto a las Autoridades con competencia en esta materia, el Consejo de Seguridad Nuclear, órgano independiente de la Administración General del Estado, tiene como misión proteger a los trabajadores, la población y el medio ambiente de los efectos nocivos de las radiaciones ionizantes, incluido el radón.

En relación al ámbito laboral, la Consejería de Economía y Hacienda, dispone de un Registro y de medidas de vigilancia de las actividades laborales en las que los trabajadores y, en su caso, los miembros del público, pueden estar expuestos a este tipo de radiación, tanto en espacios subterráneos

(metro, aparcamientos públicos, minas, cuevas turísticas, etc.), como no subterráneos (establecimientos termales, plantas potabilizadoras de aguas, etc.).’

Es crucial introducir medidas de prevención y remediación del radón residencial en el cuerpo normativo del Código Técnico de Edificación, así como, informar a los ciudadanos de los riesgos de la exposición al radón interior; así, la Consejería de Sanidad de la Comunidad de Madrid en la línea de incorporar a la vida cotidiana, pautas de comportamiento que protejan y promuevan la salud de los ciudadanos ha editado un folleto al respecto (*“Información sobre la radiación natural y el radón”*), disponible en su página web.

*Figura 5. Mapa de exposición al radón residencial de España. 2017*



*Fuente: Consejo de Seguridad Nuclear. Cada cuadrícula corresponde a una superficie de 10 m<sup>2</sup>. Se incluyen 8.256 mediaciones*

Imprescindible es también, la información espacial aportada por el CSN acerca del mapa potencial de Radón que categoriza zonas en función de los niveles de radiación. Así, se obtiene el mapa de zonas de actuación prioritaria de gran utilidad de cara a la obligatoria implantación del Plan Nacional de Actuación frente al Radón que establecerá políticas de intervención al respecto.

## → Creosota

Creosota es el término usado para describir una variedad de productos que son el resultado de mezclas de diferentes sustancias químicas, originadas en la combustión de madera de haya y otras maderas, carbón, etc., (creosota de madera, creosota de alquitrán de hulla, alquitrán de hulla, residuo de alquitrán de hulla y volátiles del residuo de alquitrán de hulla).

Sus usos han sido muy variados: desinfectantes, medicamentos, insecticidas y fungicidas y la creosota de alquitrán de hulla como protector de la madera.

La reutilización de la madera tratada con creosota en recubrimientos de madera en interiores o en elementos decorativos (vigas, arcos de madera...) o de ocio (traviesas en parques infantiles), supone un riesgo para la salud, por lo que en la actualidad está prohibido su uso en estos ámbitos.

## Efectos en salud

En la actualidad la IARC y la EPA han determinado que el alquitrán de hulla es carcinogénico en seres humanos y que la creosota es probable carcinógena, siendo el benzo (a) pireno el compuesto que en más ocasiones se ha relacionado con dichos efectos. Por tanto, debido a esto y a las limitaciones anteriormente citadas, debe procederse a su retirada cuando se encuentre en: interior de edificios como colegios, guarderías (riesgo por inhalación) y en zonas de acampada, instalaciones de ocio al aire libre, jardines, etc. (riesgo de contacto directo frecuente con la piel).

## → Olores

En ambientes interiores una de las primeras sensaciones más directamente percibida por los usuarios u ocupantes de un recinto es el olor. Se define como la sensación resultante de la recepción de un estímulo por el sistema sensorial olfativo, tratándose en algunas ocasiones de una cuestión subjetiva, ya que aunque se deba a sustancias químicas disueltas en el aire, varios factores psicológicos pueden desempeñar cierto papel en la percepción de los mismos. No obstante, es un factor de discomfort en ambientes interiores.

Existen numerosas actividades industriales (industrias químicas, vertederos, depuradoras de aguas residuales, industrias alimentarias, ganaderas, etc.) que emiten una serie de sustancias olorosas y generan molestias en el entorno afectando a la calidad de vida de las personas.

En cuanto a su origen es importante distinguir entre fuentes contaminantes de olores procedentes del exterior, que pueden penetrar en el interior de un edificio (por los sistemas de renovación de aire o por infiltraciones del suelo o desagües, ventanas, puertas, aberturas, etc.) y los generados en el interior del propio edificio (ambientadores, fotocopiadoras, tapicerías, muebles, pinturas, acción humana, COVs etc.). Los primeros están muy influidos por la situación del edificio respecto al entorno (proximidad de zonas de tráfico, vertederos, actividades ganaderas, instalaciones industriales, etc.). Sin embargo, la mayoría de los olores tienen su origen en el propio

interior del edificio, siendo la causa principal los propios ocupantes y las actividades desarrolladas.

Se sabe que algunos olores son provocados por agentes químicos específicos, como el sulfuro de hidrógeno ( $H_2S$ ), el disulfuro de carbono ( $CS_2$ ) y los mercaptanos. Se ha comprobado que entre el 40% y el 100% de los compuestos presentes en un ambiente interior tienen olor.

Las unidades en las que se expresa el olor son el olf y el decipol. Un olf (del latín olfactus) es la contaminación emitida (bioefluentes) por una persona adulta estándar (adulto medio que trabaja en una oficina o en un puesto de trabajo de tipo no industrial similar, sedentario y en un ambiente térmico neutro, con un nivel de higiene personal equivalente a 0,7 baños al día). Un decipol es la contaminación ambiental generada por una persona estándar (un olf), pero teniendo en cuenta un aporte de 10 l/s de aire no contaminado {1 decipol = 0,1 olf/(l/s)}.

En edificios bien ventilados con fuentes de contaminación bajas (edificios sanos), la contaminación percibida en el aire está por debajo de 1 decipol, lo cual, según los estudios realizados, implica un máximo del 15% de insatisfechos. En los espacios con poca renovación o con fuentes contaminantes de importancia, se estima una contaminación aproximada en el aire de 10 decipol que equivale alrededor de un 60% de insatisfechos. En la práctica, el objetivo de conseguir en un interior una calidad de aire de 0,1 decipol, o lo que es lo

mismo de sólo un 1% de insatisfechos es difícil de alcanzar.

### Características de un olor.

1. **Intensidad.** Es la fuerza de la sensación percibida y depende de la concentración en el aire del/los compuesto(s) que origina(n) el olor.
2. **Calidad o Carácter.** Permite describir y diferenciar cualitativamente los distintos olores (afrutado, mohoso, rancio, perfumado, olor a sudor, a alcantarilla, a nuez, a creosota, a podrido, a quemado, etc.).
3. **Aceptabilidad o tono hedónico de un olor.** Es un factor totalmente subjetivo que diferencia entre olores agradables, desagradables, nauseabundos, etc. Una exposición continua y prolongada a ciertos olores puede causar una disminución en la habilidad para percibirlos al desarrollarse una adaptación olfatoria.
4. **Umbral de olor.** Concentración mínima de un estímulo odorífico capaz de provocar una respuesta.

Dentro del umbral de olor hay que considerar:

- × **Umbral de detección.** Concentración mínima del compuesto que producirá una respuesta sensorial olfativa en un porcentaje de la población dada, que por convención se considera el 50%. Este umbral está relacionado con la intensidad.
- × **Umbral de reconocimiento.** Concentración mínima a la que una parte de la población (generalmente el 50%) es capaz de describir el olor de un

compuesto. Este umbral guarda relación con la calidad.

- × **Umbral de molestia.** Concentración a la que sólo una pequeña parte de la población (<5%) manifiesta molestias durante una pequeña parte del tiempo. Este umbral de molestia ha sido definido por la OMS, en su Guía de Calidad de Aire para Europa. Este organismo propone unos valores de referencia para una serie de compuestos que no deben superarse para evitar molestias por olor (umbral de molestia) y que también incluye, a título comparativo, los valores de referencia propuestos para evitar efectos para la salud no cancerígenos (Tabla 6).

### Medición del grado de exposición

Los métodos y análisis para determinar olores son variados, dependiendo de diferentes variables que queramos medir, como por ejemplo tipo de sustancia, carácter del olor, etc... principalmente. Entre las diferentes técnicas tenemos: sensores *in situ* (narices portátiles), análisis psicométrico, métodos físico-químicos (colorimétricos y detectores electrónicos), determinación de la concentración de olor mediante olfatometría dinámica, modelos de dispersión, etc.

Para la determinación de la concentración de olor, en la norma UNE-EN 13725 "calidad de aire-determinación de la concentración de olor por olfatometría dinámica", se definen unos métodos de medición de olores basados en la participación de jurados expertos. Según esta norma, la concentración de olor se mide en unidades de olor europeas (ouE /m<sup>3</sup>) en condiciones normales. Se trata de una unidad ficticia que se calcula a partir del número de veces que

hay que diluir un gas para que pueda ser detectado por el 50% de un grupo de personas adecuadamente entrenadas para ello.

Respecto al control de los malos olores, la situación ideal sería la eliminación de la fuente de emisión, pero esto no siempre es factible. Existen diferentes tecnologías aplicables: desodorización pasiva, barrera osmogénica mediante pulverización de productos específicos, nanotecnología etc.

*Tabla 6: Valores de referencia para algunas sustancias en aire, basados en molestias sensoriales por olor y en efectos para la salud no cancerígenos*

### **Efectos en salud**

Entre los efectos adversos ocasionados por la presencia de olores en un ambiente interior, ya sean “olores conocidos” como aromas, perfumes, humo de tabaco o bien “desconocidos”, se encuentran efectos somáticos difícilmente justificables por las concentraciones presentes en aire. Entre los síntomas que pueden producirse están: dolor de cabeza, vómitos, náuseas, algunas reacciones aparentemente neurotóxicas, tales como comportamiento evasivo, pérdidas de memoria o problemas de concentración, interacciones con otros sistemas sensoriales o biológicos que provocan reacciones de hipersensibilidad y cambios en las pautas de respiración y estrés, especialmente frente a olores repetitivos y/o no identificados. Algunos de estos efectos dependen de la dosis y pueden aumentar con el tiempo.

Compuesto	Valor de referencia basado en efectos sensoriales o molestias por olor (30 minutos)	Valor de referencia basado en efectos para la salud no cancerígenos (24 horas)
Estireno	70 µg/m <sup>3</sup>	800 µg/m <sup>3</sup> (tracto respiratorio y sistema nervioso central)
Formaldehído	100 µg/m <sup>3</sup>	100 µg/m <sup>3</sup> (irritación ocular)
Tetracloroetileno	8 mg/m <sup>3</sup>	5 mg/m <sup>3</sup> (sistema nervioso central)
Tolueno	1 mg/m <sup>3</sup>	8 mg/m <sup>3</sup> (irritación mucosas)
Disulfuro de carbono	20 µg/m <sup>3</sup> (emisión viscosa)	100 µg/m <sup>3</sup> (cambios neurológicos)
Sulfuro de hidrógeno	7 µg/m <sup>3</sup>	150 µg/m <sup>3</sup> (irritación ocular)

Fuente: OMS





2

Contaminantes  
físicos

## → Confort térmico: Humedad y temperatura

En los ambientes interiores la capacidad de regulación de la temperatura viene dado por los sistemas de calefacción, ventilación y climatización. El cuerpo humano tiene la capacidad de regular su temperatura corporal en un margen de grados. Para que haya un confort térmico en un ambiente interior, la mayoría de las personas que lo habitan deben percibir una sensación de bienestar general de humedad y temperatura. El confort térmico significa sentirse bien desde el punto de vista del ambiente higrotérmico exterior a la persona.

Los límites extremos, desde el punto de vista térmico, pueden resultar dañinos, e incluso mortales, para el ser humano. Ello es debido a que el ser humano es homeotérmico, es decir, debe mantener ciertas partes vitales a temperatura aproximadamente constante. Para conseguir una sensación de confort térmico la situación más aconsejable es que la temperatura ambiental sea ligeramente superior a la del aire y que el flujo de energía térmica radiante sea el mismo en todas las direcciones y no sea excesivo por encima de la cabeza.

En la norma *UNE EN ISO 7730:2006 Ergonomía del ambiente térmico*, el **confort térmico** viene dado por el balance térmico del cuerpo con el entorno, es decir, una persona sentirá confort cuando el calor interno generado y las pérdidas por evaporación de su cuerpo se compensen con

las pérdidas o ganancias por calor latente, sensible o radiante con respecto al entorno. Algunas de las variables que determinan el confort térmico en ambientes interiores son:

### Ambientales:

- ✗ Velocidad del aire.
- ✗ Temperatura seca del aire y temperatura operativa.
- ✗ Humedad relativa del aire.

### Personales:

- ✗ Tipo de actividad desarrollada. Metabolismo basal de trabajo.
- ✗ Ropa (grado de aislamiento), tipo de vestido.
- ✗ Tiempo de permanencia (aclimatación).
- ✗ Constitución corporal de las personas que ocupan el edificio: sexo, edad y peso.

En este sentido, el *Real Decreto 1826/2009, de 27 de noviembre, por el que se modifica el Reglamento de instalaciones térmicas en los edificios, aprobado por el Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio*. modifica varias instrucciones técnicas del Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE), con el objetivo principal de regular las condiciones de temperatura en ciertos establecimientos: **administrativo, comercial** (tiendas, supermercados, grandes almacenes, centros comerciales y similares), **pública concurrencia** (teatros, cines, auditorios, centros de congresos, salas de exposiciones y similares), **establecimientos**

**de espectáculos públicos y actividades recreativas, restauración** (bares, restaurantes y cafeterías), **transporte de personas** (estaciones y aeropuertos). En dichos establecimientos se establecen como valor límite de las temperaturas del aire en recintos calefactados (invierno) no superior a 21 °C y en los refrigerados (verano) no inferior a 26 °C, cuando para ello se requiera consumo de energía convencional. Las condiciones de temperatura anteriores estarán referidas al mantenimiento de una humedad relativa comprendida entre el 30% y el 70%, sin perjuicio de lo establecido en el *Real Decreto 486/1997 de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo*. Además, se establece que los edificios y locales con acceso desde la calle dispondrán de un sistema de cierre de puertas adecuado, con el fin de impedir que éstas permanezcan abiertas continuamente con el consiguiente despilfarro energético.

## → Campos electromagnéticos

Un campo electromagnético (**CEM**) es una combinación de ondas eléctricas y magnéticas que se desplazan simultáneamente producidas por la oscilación o la aceleración de cargas eléctricas.

Todo campo electromagnético lleva una energía asociada que se transmite de una región a otra del espacio en forma de onda, denominándose como radiación electromagnética. La propagación de esta radiación está caracterizada por su frecuencia  $f$  (número de vibraciones por segundo, medida en hertzios, Hz), por su longitud de onda  $\lambda$  (distancia que recorre la onda en una oscilación completa, medida en

metros, m), y por su intensidad o amplitud  $a$  (para el campo eléctrico, E, voltios por metro: V/m; para el campo magnético, H, amperios por metro: A/m, o equivalentemente para la densidad de flujo magnético B, los microteslas).

La frecuencia del CEM está directamente relacionada con su energía, por lo que a mayores frecuencias, mayor energía transportada por la onda. Desde el punto de vista sanitario es fundamental tener en cuenta este concepto puesto que a frecuencias superiores a  $10^{15}$  Hz, la energía es capaz de ionizar la materia y provocar alteraciones en el ADN (como por ejemplo, provocar cáncer y/o efectos genotóxicos), denominándose radiación ionizante y a la generada por debajo de este umbral se la conoce como radiación no ionizante. Además, es importante tener en cuenta que la capacidad de penetración de la radiación en la materia, está interrelacionada con la frecuencia del campo, siendo dicha capacidad menor para las frecuencias más altas, o lo que es lo mismo, a mayor frecuencia más corta es la longitud de onda.

Los CEM a tener en cuenta en edificios son los de frecuencias muy bajas (<50 Hz) o frecuencia extremadamente baja (FEB), campos asociados principalmente a la transmisión y uso de energía eléctrica (en España, la corriente distribuida es una corriente alterna de 50 Hz), electrodomésticos y tecnologías inalámbricas, principalmente. Así, en nuestro entorno más inmediato tendremos en cuenta las siguientes bandas del espectro electromagnético:

- ✗ **Campos estáticos (0 Hz)**. Son fruto de tormentas eléctricas o acumulación de

cargas por textiles sintéticos, moquetas, alfombras etc.

✘ **Campos de frecuencia extremadamente baja 3 Hz hasta 3000 Hz (FEB).** Las principales fuentes son la red de suministro eléctrico y todos los electrodomésticos conectados a la red y las líneas de alta tensión.

✘ **Campos de frecuencia intermedia de 300 Hz a 10 Hz (FI).** Tecnologías recientes como, las pantallas de ordenador, pantallas de plasma o de cristal líquido, algunos arcos de dispositivos antirrobo, las bombillas de bajo consumo y de larga duración y las lámparas fluorescentes y los sistemas de seguridad son las principales fuentes de campos de FI.

✘ **Campos de radiofrecuencia (RF) con frecuencia de 10 MHz a 300 GHz.** Las principales fuentes de campos de RF son la radio, la televisión, las antenas de radares y teléfonos celulares móviles y los hornos de microondas.

✘ **Radiación Infrarroja (780 nm – 1 mm).** Las fuentes más frecuentes son la calefacción radiante por infrarrojo, fuego de chimeneas y cámaras de seguridad nocturna.

✘ **Luz visible (380-780 nm).** Las fuentes artificiales más comunes son las utilizadas en la iluminación como: bombillas o lámparas fluorescentes compactas (LFC) y los LED, diodos emisores de luz. La luz azul y violeta

están particularmente implicadas en el riesgo por daño en la retina llamado "Peligro de la luz azul".

Por último, cabe mencionar la radiación ultravioleta de frecuencia infraionizante que carece de importancia en el ámbito que estamos tratando ya que proviene mayoritariamente del sol.

La intensidad de los campos eléctricos y magnéticos, que influyen en el interior de un edificio, dependerá de diversos factores, como la distancia a la que se encuentren las líneas de suministro de la zona, el número y tipo de aparatos eléctricos que se utilicen, o la configuración y situación de los cables eléctricos.

**LOS CAMPOS ELÉCTRICOS EN LA MAYORÍA DE LOS ELECTRODOMÉSTICOS UTILIZADOS, NO SUELEN SER MAYORES DE 500 V/m Y LOS CAMPOS MAGNÉTICOS NO SOBREPASAN 150  $\mu$ T.**

Los campos eléctricos y magnéticos pueden ser bastante mayores a muy corta distancia, pero disminuyen rápidamente al alejarse. Además, diversos materiales y elementos actúan de barrera de blindaje y reducen la intensidad de los campos eléctricos de las líneas de conducción eléctrica como: metales, materiales de construcción, árboles, paredes y edificios etc...

### **Efectos en salud**

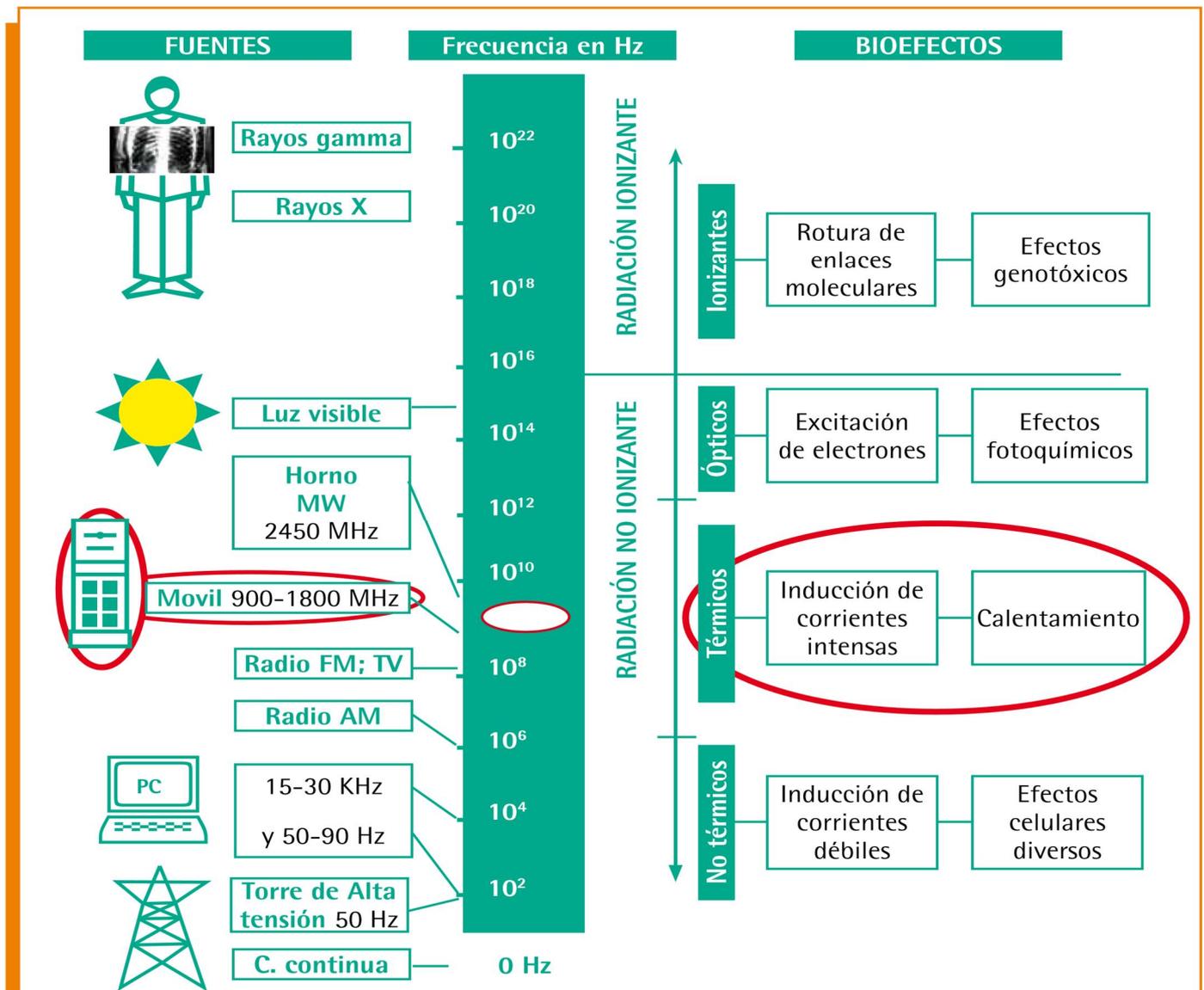
La definición de salud de la OMS, además de la ausencia de enfermedad, también contempla el bienestar psicológico y social, y es evidente que, hoy por hoy, en algunos grupos de ciudadanos existe una percepción

negativa sobre los posibles efectos nocivos de la exposición a campos electromagnéticos ambientales. Esta percepción de riesgo en determinadas personas origina molestias diversas como insomnio, dolor de cabeza o tensión nerviosa, que se agrupan dentro del **síndrome de hipersensibilidad electromagnética**, aunque las investigaciones más recientes muestran consistentemente que no hay vínculo causal entre síntomas y exposición a CEM.

No pueden considerarse iguales todos los campos electromagnéticos a la hora de

evaluar su posible influencia en la salud, ya que la naturaleza de la interacción entre los distintos campos y el material biológico, depende de las características de la emisión, frecuencia e intensidad. Según esto, dependiendo de su amplitud y frecuencia, pueden producir diversos efectos como calentamiento, sacudidas eléctricas, lipoatrofia semicircular, etc...

Figura 5. Radiaciones electromagnéticas y efectos biológicos en función de las ondas electromagnéticas



Fuente: Úbeda y Trillo 1999.

Desde el punto de vista de salud pública, los que más preocupan son los que se producen por medio de estaciones base de telefonía móvil o radiofrecuencia, transformadores eléctricos y líneas de suministro eléctrico. Las radiofrecuencias (espectro desde 1 MHz a 10 GHz), pueden originar sobre nuestro organismo efectos biológicos que se traducen principalmente en calentamiento de los tejidos. No obstante hasta la fecha no se han confirmado efectos adversos para la salud debidos a la exposición a largo plazo a campos de baja intensidad, que son los habituales en ambientes residenciales o públicos.

La OMS indicaba en el año 2000 en el documento “Campos Electromagnéticos y Salud Pública, los teléfonos móviles y las estaciones base”, que hasta el momento ningún estudio permitía concluir que la exposición a CEM de radiofrecuencias emitidas por teléfonos móviles o sus estaciones base representen algún peligro para la salud. Más recientemente ha concluido que los campos electromagnéticos de baja frecuencia deben considerarse como posible carcinógeno humano, esto significa que no hay pruebas fiables de que la exposición a éstos pueda ser causa de cáncer.

Por su lado, la Comisión Europea, con objeto de no bajar la guardia al respecto y asegurarse de que los límites de exposición sugeridos por el Consejo (Recomendación 1999/519/CE) todavía proporcionan un alto nivel de protección de los ciudadanos, apoya la investigación en los efectos de la exposición a los CEM y solicita periódicamente una actualización

independiente con la evidencia científica disponible. El Comité Científico sobre los Riesgos Sanitarios Emergentes y Recientemente Identificados (SCENIHR), es el encargado de proporcionar esta actualización, así en el último dictamen sobre los efectos potenciales para la salud relativa a exposición a CEM, emitido el 27 de enero de 2015, las evaluaciones han concluido que no es necesario revisar los límites de exposición actuales pero se ha recomendado investigación adicional en áreas específicas.

Respecto a la asociación sugerida entre CEM y un mayor riesgo de enfermedad de Alzheimer, los estudios recientes no han confirmado la misma. Otra asociación objeto de investigación ha sido la exposición a campos de radiofrecuencia producidos por los teléfonos móviles y un mayor riesgo de cáncer del nervio vestíbulo cloquear del oído o neuroma acústico y de ciertos tumores cerebrales, y tampoco en este caso se ha confirmado dicha asociación. Además, los datos derivados de los registros de cáncer no indican ningún aumento de tumores cerebrales desde que salieron al mercado los teléfonos móviles, incluso a pesar de que han estado en uso durante muchos años y su uso es extendido. De igual forma, se concluye para la leucemia en niños.

Respecto a la contaminación lumínica, cuyos efectos son todavía muy poco conocidos, consiste en la emisión de energía producida artificialmente hacia un medio naturalmente oscuro. Hay efectos comprobados sobre la flora y la fauna nocturnas. En las personas, la relación entre la producción de melatonina y una menor incidencia de cáncer de mama y

próstata no es nueva. El ciclo de producción de esta hormona está sujeto a la exposición lumínica tanto natural como artificial. En espacios interiores, existen factores importantes en la creación de ambientes confortables y saludables, asociados al tipo de actividad a desarrollar: la distribución (uniforme, directa, semi-indirecta...), la temperatura del color (TC), etc. Se trata de una materia escasamente regulada en nuestro país.

En relación a los posibles efectos adversos de las bombillas de bajo consumo incandescentes y los LEDs "blanco frío" y LEDs azules, el Comité concluyó que tampoco existe evidencia sobre posibles riesgos para la salud (se asociaban a cataratas, melanomas y quemaduras en córnea y retina principalmente), sin embargo, en poblaciones sensibles a la luz o con cataratas, pueden agravar sus cuadros.

### Recomendaciones preventivas

Actualmente, a la vista de los resultados, no podemos aseverar que los campos electromagnéticos sean fuente de importantes efectos perjudiciales para la salud de las personas, pues no hay valores de referencia toxicológica de FEB en las bases de datos consultadas, debido a que la Comisión Internacional de Protección contra la Radiación No Ionizante (ICNIRP), considera que la información científica sobre carcinogenicidad potencial de los campos FEB es escasa para establecer límites cuantitativos en la exposición.

Por tanto, puesto que no existen evidencias en salud a los CEM de baja frecuencia, las recomendaciones preventivas, aplicando el principio de precaución, básicamente

consistirían en mantener una distancia de seguridad mínima respecto a la fuente de emisión. Así, la OMS indica para los teléfonos móviles: "Los teléfonos móviles son transmisores de radiofrecuencia de baja potencia que funcionan a frecuencias entre 450 y 2700 MHz con potencias máximas en el rango de 0.1 a 2 vatios. El teléfono solo transmite energía cuando está encendido. La potencia (y por lo tanto la exposición de radiofrecuencia a un usuario) disminuye rápidamente al aumentar la distancia desde el teléfono. Una persona que usa un teléfono móvil a 30-40 cm de distancia de su cuerpo, por ejemplo cuando envía mensajes de texto, accede a Internet o utiliza un dispositivo "manos libres", tendrá una exposición mucho menor a los campos de radiofrecuencia que alguien que lo tenga cerca de su cabeza".

*El Real Decreto 1066/2001, de 28 de septiembre, por el que se aprueba el Reglamento que establece condiciones de protección del dominio público radioeléctrico, restricciones a las emisiones radioeléctricas y medidas de protección sanitaria frente a emisiones radioeléctricas, recoge en el anexo II, las magnitudes físicas correspondientes a las restricciones básicas (RB) necesarias para la protección de la salud frente a potenciales efectos negativos de la exposición a CEM.*

Respecto a establecimientos públicos, el citado Reglamento, basándose en el principio de precaución, refleja la necesidad de minimizar en la medida de lo posible los niveles de exposición en espacios sensibles, definidos por la *Orden CTE/23/2002 de 11 de enero por el que se establecen condiciones para la presentación de determinados estudios y certificaciones para operadores de servicios de radiocomunicaciones*, como:

guarderías, centros de educación, centros de salud, hospitales residencias o centros geriátricos y parques públicos. La *Resolución de 4 de mayo de 2017, de la Secretaria de Estado para la Sociedad de la Información y la Agenda Digital*, concreta en un radio de 100 m los establecimientos sensibles situados alrededor de las estaciones radioeléctricas ubicadas en entorno urbano.

Por último, y respecto a los métodos para evaluar la exposición (cumplimiento de los valores límites establecidos en la normativa) puede llevarse a cabo mediante equipos que realizan medidas directas o bien mediante métodos indirectos basados en modelos matemáticos o predictivos.

## → Ruido

La Organización Mundial de la Salud define el ruido como sonido no deseado cuyas consecuencias son molestas para la población, con riesgo para su salud física y mental, por tanto se considera como un sonido molesto, desagradable y perturbador, definiéndolo además como un tema de Salud Pública. La exposición repetida al ruido, altera el sueño, produce hipertensión arterial, reduce el campo de visión y da lugar a irritabilidad nerviosa, lo que resulta en fatiga y depresión. Según la OMS, el ruido es la segunda causa de morbilidad, después de la contaminación atmosférica, entre los riesgos medioambientales en Europa (Bottin et al., 2014).

El oído humano solo percibe algunas ondas sonoras y es sensible a aquellas cuya frecuencia está comprendida entre los 20 y 20.000 Hz. Las vibraciones y otros sonidos de frecuencias muy bajas, así como los de alta frecuencia o ultrasónicos (> 20.000 Hz), no pueden ser percibidos por el oído humano, sin embargo, pueden afectar a los ocupantes de los edificios.

Los sonidos de baja frecuencia se pueden transmitir a través de las estructuras de los edificios produciendo distintas molestias o efectos según la ubicación de las personas en diferentes lugares de una sala o del edificio. Además, en los espacios cerrados, como las habitaciones, el sonido se refleja sucesivas veces en las paredes, lo que da lugar a la prolongación del sonido por algunos instantes. Este fenómeno se denomina reverberación, y para minimizarlo se pueden instalar barreras acústicas, como: paneles multicapas, fibras textiles, etc.

Cuando se miden los niveles de ruido, las pruebas están limitadas a frecuencias superiores a 20 Hz y en general, no existen normas específicas para el ruido de baja frecuencia.

La contaminación acústica está regulada por la *Ley 37/2003 de 17 de noviembre, del Ruido* que traspone la directiva europea referente al ruido ambiental (Directiva 2002/49/CE) y cuyo objetivo es prevenir, vigilar y reducir la contaminación acústica, para evitar los riesgos y reducir los daños que pueden derivarse para la salud humana, los bienes o el medio ambiente. Esta norma ha sido posteriormente desarrollada por el *Real*

*Decreto 1513/2005 en lo referente a la evaluación y gestión del ruido ambiental, y por el Real Decreto 1367/2007 en relación con la zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas.*

Por su parte, respecto al ruido interior, el Código Técnico de la Edificación en su Documento Básico “DB HR Protección frente al Ruido”, establece exigencias básicas de protección frente al ruido dentro de los edificios, en condiciones normales de utilización, con objeto de limitar el riesgo de molestias o enfermedades que el ruido pueda producir a los usuarios. Así, establece los requisitos que limitan los niveles de ruido y vibraciones de las instalaciones y los valores límite de aislamiento acústico tanto a ruido aéreo como a ruido de impactos, además de valores límite de tiempo de reverberación. Los niveles de aislamiento al ruido exterior se han fijado en función del uso del edificio y de los valores del índice de ruido día ( $L_d$ ) de la zona donde éste se ubica, teniendo en consideración los objetivos de calidad acústica recogidos en el Real Decreto 1367/2007, para el ruido y para las vibraciones aplicables al espacio interior habitable de edificaciones destinadas a vivienda, usos residenciales, hospitalarios, educativos o culturales, que son considerados como valores límite.

## Efectos en salud

El efecto más conocido es la pérdida de la capacidad auditiva, que a menudo se relaciona con la dificultad de concentración, la interferencia en la comunicación hablada, etc. Además de las alteraciones auditivas, existen otras patologías asociadas como: estrés y alteraciones del sueño, que a su vez suelen vincularse a otras complicaciones a nivel digestivo y a un aumento del riesgo cardiovascular. Por otro lado, también se han señalado algunos síntomas asociados a frecuencias muy bajas, como son: náuseas, dolor de estómago, cefaleas, mareos, etc. En la tabla 7, se recogen otras alteraciones de la salud debidas al ruido.

*Tabla 7. Efectos del Ruido en la salud de las personas.*

<b>Estrés</b>	En personas sometidas a ruidos que perturban la atención, concentración, o comunicación. Ruidos que afectan a la tranquilidad y descanso de las personas.
<b>Cansancio crónico</b>	
<b>Trastornos del sueño</b>	Tendencia al insomnio, etc.
<b>Fisiológicos</b>	Puede influir en enfermedades cardiovasculares en personas sometidas a más de 65 dB, pudiendo aumentar la presión sanguínea, cardíaca, cambios en la composición química de la sangre, isquemias cardíacas, alteración de la circulación periférica, trastornos digestivos, etc.
<b>Trastornos del sistema inmune</b>	Debilitamiento del sistema inmune.
<b>Trastornos psicofísicos</b>	Depresión, aumento de la irritabilidad, ansiedad, manías, náuseas, jaquecas y en ocasiones, neurosis o psicosis.
<b>Cambios conductuales</b>	Especialmente comportamientos antisociales como hostilidad, intolerancia, agresividad, aislamiento social.
<b>Trastornos auditivos</b>	Presbiacusia o pérdida de capacidad auditiva unida al proceso de envejecimiento. Sordera temporal o sordera permanente.



# 3

Contaminantes biológicos

La exposición a ciertos agentes biológicos en los ambientes interiores es un problema emergente, debido a su frecuente implicación como uno de los cofactores que pueden explicar el aumento constante de las enfermedades respiratorias, asmáticas y alergias, en grupos de población especialmente vulnerables. La variedad de los biocontaminantes presentes en el ambiente interior es amplia, además de microorganismos como protozoos, hongos, bacterias y virus, el aire puede contener granos de polen, ácaros y sus productos de excreción, detritus y fragmentos de animales e insectos etc... (en la Tabla 8 se muestran los más destacables). La correlación entre agentes patógenos en ambientes interiores y enfermedad está ampliamente documentada, por esta razón, en las políticas de investigación de Organismos Sanitarios de prestigio como la OMS, una línea prioritaria es el estudio de la relación entre la exposición a contaminantes biológicos y el desarrollo o la aparición de alergias o problemas respiratorios en los niños.

La presencia y multiplicación de agentes patógenos en el medio ambiente es atribuible en la mayoría de los casos, al exceso de humedad y a la falta de ventilación, por lo que el control de estos parámetros se estima ha de ser prioritario según las Directrices para la calidad del aire interior: humedad y moho publicadas en 2.009 por la OMS, no siendo recomendable en situaciones operativas normales investigar agentes patógenos específicos, salvo que se presente una determinada patología que suponga un riesgo real y potencial para la salud de la población y que exija una investigación a fondo con el fin de proceder a su control. Así, en términos

generales, el planteamiento es que debido a la amplia distribución y variedad de microorganismos, se debe seleccionar y priorizar éstos según la población usuaria del establecimiento público (sanitario, escolar, de personas mayores) y niveles de exposición y patogenicidad del agente, al objeto de su prevención y control, por ejemplo, en hospitales las infecciones nosocomiales.

### → Humedad y Ventilación

La humedad es uno de los mejores indicadores de riesgo para patologías asociadas al ambiente interior. Se trata de un parámetro relevante en el desarrollo y multiplicación de los microorganismos, ya que cuando la humedad relativa del aire disminuye, el agua disponible para los microorganismos es menor, lo que causa desecación y por tanto la inactivación de muchos de ellos. El exceso de humedad favorece la multiplicación de los microorganismos, y además, en muchos casos potencia el inicio de procesos químicos y la degradación biológica de los materiales, lo que a su vez agrava el problema.

Una ventilación adecuada es un importante factor para el control de la humedad y prevención de la condensación. El hacinamiento y la falta de aportación de aire fresco, son factores que favorecen la transmisión de agentes infecciosos. También, el tipo de sistema de ventilación/climatización juega un papel preponderante en el riesgo de proliferación microbiológica, en su dispersión en el ambiente y en su transmisión a las personas expuestas. La mayoría de edificios

comerciales y oficinas, disponen de sistemas mecánicos de suministro de aire fresco el cual puede ser filtrado, calentado o enfriado y en ocasiones humidificado. En estos equipos se pueden dar las condiciones idóneas para el crecimiento y dispersión de los microorganismos, si disponen de elementos nutritivos, y el pH y la temperatura son óptimos. Las principales fuentes de contaminación biológica relacionados con los sistemas de ventilación/climatización son: el aire exterior (granos de polen, bacterias, esporas fúngicas, etc.), los sistemas de filtración, el sistema de refrigeración, los humidificadores, los materiales porosos (conductos, aislantes acústicos, etc.) y el aire del interior (principalmente aerosoles generados por la expectoración o por la exposición a secreciones contaminadas de las personas ocupantes).

La inadecuada ventilación está fuertemente asociada con efectos adversos para la salud: Síndrome del Edificio Enfermo, infecciones, asma, etc., además de reducir el rendimiento en el trabajo y la capacidad de aprendizaje de los estudiantes en las escuelas. En general, la ventilación debe ser vista como la solución para la mayoría de los problemas de la calidad ambiental interior.

## → Hongos: Mohos y Levaduras

Los mohos son hongos microscópicos ampliamente distribuidos en la naturaleza; existen al menos 600 géneros, capaces de colonizar gran variedad de medios: madera, papel, tejidos, alimentos, si encuentran condiciones favorables de humedad y nutrientes. En el interior de los edificios, ya sean viviendas privadas o edificios públicos, como escuelas, las personas pueden estar expuestas de manera significativa.

En términos de salud pública son de interés tres aspectos de la composición bioquímica del hongo: un compuesto de la pared celular con propiedades inflamatorias; (1,3)- $\beta$ -Dglucano; alergenos de composición proteínica presentes en las esporas y en los fragmentos del micelio y por último, productos químicos que son citotóxicos o tienen otras propiedades tóxicas presentes en las esporas de algunas especies.

La inhalación de esporas, de fragmentos o de metabolitos (principalmente micotoxinas) y de compuestos orgánicos volátiles, a partir de una amplia variedad de hongos puede conducir a exacerbar reacciones inmunológicas de componente alérgico, causar efectos tóxicos y originar infecciones. La fuente habitual de contaminación es el medio ambiente exterior, introduciéndose en el interior de los establecimientos mediante diferentes medios mecánicos: personas, polvo, etc.

Para la mayoría de las especies, la humedad favorece su crecimiento, así instalaciones mal ventiladas, con deficiente aislamiento en paredes o presencia de grietas, son lugares propicios para su crecimiento. Por lo tanto, el factor crítico para su crecimiento, es la disponibilidad de agua como sustrato.

## *Efectos en salud*

En las personas, la principal vía de transmisión es por inhalación de aerosoles que contengan hongos o sus productos (conidios o filamentos). Otras formas posibles de contagio son la vía cutánea y por ingestión.

Las manifestaciones clínicas incluyen desde síntomas leves e inespecíficos como: malestar, incapacidad para concentrarse,

fatiga, náuseas y dolores de cabeza, hasta cuadros de componente alérgico como: rinitis, asma, sinusitis, conjuntivitis, etc., y rara vez enfermedades más graves que afectan al pulmón, como la Neumonitis por Hipersensibilidad.

Existe un amplio espectro de enfermedades fúngicas, algunas de ellas más relacionadas con determinados sectores laborales (agricultura, construcción/rehabilitación), como el Síndrome del Polvo Orgánico (ODTS) caracterizado por la aparición brusca de fiebre y síntomas gripales, en las horas siguientes a una única exposición a un volumen importante de polvo con material orgánico, constituido por una amplia variedad de agentes biológicos incluyendo determinadas especies de hongos. Asimismo, la inhalación de grandes cantidades de conidios de *Aspergillus fumigatus* existentes en los silos donde se almacena la hierba y el grano, puede causar una Alveolitis Alérgica Extrínseca o una Aspergilosis Broncopulmonar Alérgica. Las infecciones fúngicas invasoras (IFI) por hongos filamentosos y en particular, la Aspergilosis Invasora (AI), se ha convertido en una infección de elevada prevalencia en algunos grupos de enfermos inmunocomprometidos en áreas hospitalarias.

Por lo común, sólo algunas especies de hongos están involucradas en cuadros infecciosos.

La Aspergilosis es una enfermedad infecciosa que suele ocurrir en personas inmunodeficientes y se manifiesta por diversos síndromes clínicos, uno de los más graves es la Aspergilosis pulmonar invasiva.

Son varias las especies de *Aspergillus* que pueden originar la enfermedad, aunque las más comunes son: *A. fumigatus* y *A. flavus*, frecuentemente implicados en brotes registrados en hospitales como consecuencia de obras y/o remodelaciones y/o fallos en los sistemas de filtración del aire. La exposición a los hongos asociados con excrementos de aves y murciélagos (Ejemplo, *Histoplasma capsulatum* y *Cryptococcus neoformans*), también pueden dar lugar a infecciones, generalmente leves con síntomas catarrales en individuos sanos, ocasionando cuadros más graves en personas con un sistema inmunitario deficiente.

Algunos hongos (*Aspergillus flavus* y *A. parasiticus*) son capaces de generar efectos tóxicos en las personas, inducidos por la ingestión de unos metabolitos secundarios (micotoxinas), algunos de los cuales, como las aflatoxinas, son considerados potencialmente carcinogénicos.

La Hemorragia pulmonar o Hemosiderosis pulmonar idiopática en lactantes y niños de corta edad, es una enfermedad poco común de causa desconocida, aunque algunos estudios han sugerido que puede ser el resultado de la exposición a una combinación de algunos contaminantes ambientales como el consumo de tabaco, mohos, etc.

Respecto a las levaduras, se trata de organismos unicelulares algo más grandes que las bacterias. En general son poco conocidos sus efectos sanitarios.

## Medidas de remediación

En cuanto a las medidas de remediación, se deben tomar precauciones, especialmente aquellos profesionales que realicen trabajos de obras y rehabilitación, con objeto de minimizar los riesgos asociados al manejo de los materiales contaminados. En escenarios con población vulnerable, como hospitales, es necesario limitar la emisión y diseminación de bioaerosoles a áreas donde se encuentren los pacientes. El uso de cámaras de aire con una cubierta y piso adhesivo, permite mantener un bajo nivel de exposición.

## → Alergenos de origen biológico

Un alergeno es cualquier sustancia que el cuerpo percibe como una amenaza. Los expertos tienen identificados hasta 300 productos presentes en el ambiente interior con gran poder alergénico en las personas susceptibles, entre éstos los más frecuentes son: excrementos de los ácaros del polvo, mohos, caspa animal y restos y detritus de cucarachas. El polvo es el origen de muchos trastornos alérgicos dado que en su composición entran a formar parte partículas pequeñas que incluyen: polen, mohos, fibras de tejido y caspa. También pueden causar alergia diferentes compuestos químicos como los isocianatos (pinturas y barnices), poliuretano y otros productos utilizados a nivel industrial.

La capacidad de desarrollar síntomas en las personas expuestas depende de la naturaleza del agente, de la carga contaminante y de la susceptibilidad de las personas expuestas. La sensibilidad varía con la predisposición genética (por ejemplo, las reacciones alérgicas no siempre se producen en todos los individuos), edad, estado de

salud, y las exposiciones simultáneas. En las últimas investigaciones está cobrando importancia la hipótesis relacionada con la existencia de agentes colaboradores transportados por las proteínas alergénicas, conocidos como "ligandos", imprescindibles en la fase de sensibilización alérgica. Por todo ello, y además, porque las mediciones de la exposición no están normalizadas y los marcadores biológicos de exposición a los alergenos son en gran parte desconocidos, es difícil determinar niveles de exposición para las personas en general.

Los síntomas son variables, y en muchos casos poco conocidos, siendo los más comunes: rinitis, conjuntivitis, tos, dolor de cabeza, fatiga y crisis asmáticas. El asma es una enfermedad inflamatoria de las vías respiratorias, caracterizada por la aparición de "crisis", que son episodios con dificultad para respirar (disnea), tos, respiración sibilante, etc., y cuyos brotes se producen con mayor frecuencia en los niños. Su origen se considera multifactorial: factores genéticos (susceptibilidad individual) y factores ambientales involucrados, por ejemplo: alergenos (ácaros, polen...), infecciones respiratorias, irritantes respiratorios (humo del tabaco, etc.).

## Alergenos de animales de compañía

Se estima que casi el 50% de la población infantil y juvenil madrileña convive con mascotas en sus hogares. Los gatos y perros son las principales causas de las alergias de origen animal. Las fuentes de infección comunes son: saliva, piel y glándulas sebáceas y anales.

Los gatos son responsables del 90% de las alergias a los animales. Los alergenos del gato se encuentran en el pelo y se producen

prioritariamente en las glándulas salivares y glándulas anales. Acariciar al gato es sólo una vía de contacto, la vía aérea es la más común, debido a la suspensión en el aire de alérgenos, o bien a la presencia de éstos asociados a las partículas presentes en moquetas, sofás, cortinas, etc.

En contraste con alérgenos de cucarachas, que permanecen suspendidos en el aire transitoriamente y cuando existe movimientos de polvo, los alérgenos de gato pueden permanecer suspendidos en el aire durante largos períodos de tiempo, en parte debido a que su proteína alérgica (Fel d 1) tiene la capacidad de asociarse en gran medida con partículas muy pequeñas de menos de 5 micras de diámetro. Además, los alérgenos de gato procedentes de la caspa (escamas diminutas de piel muerta), son más ligeros y se adhieren más fácilmente a otras partículas que los del perro, siendo su dispersión en el aire más lejana.

Por todo lo explicado, la alta capacidad de propagación de los alérgenos de gato, hace que además de ser detectados en hogares sin gatos, también hayan sido detectados en lugares públicos como hospitales y escuelas.

Respecto a los alérgenos de perro, (Can f 1), en contraste con los del gato, los de mayor poder alérgico están en la caspa. Éstos también pueden ser transportados por corrientes de aire, pero las zonas de mayor riesgo de ocasionar una reacción alérgica en personas susceptibles, se limitan a los lugares donde se desenvuelve la vida del animal (con mayor probabilidad de acumulación de caspa): camastros, sofás, comederos y bebederos.



### *Efectos en salud*

La reacción alérgica se produce cuando el sistema inmunológico de la persona responde ante una sustancia normalmente inofensiva asociada con el animal, generalmente algún tipo de proteína de su caspa, saliva u orina. Estas minúsculas proteínas quedan suspendidas en el aire, pudiendo depositarse en la mucosa de la nariz o de la conjuntiva de los ojos. También pueden ser inhalados directamente y llegar a los pulmones. Una vez que la proteína entra en el cuerpo, se inicia una cascada de reacciones que desencadena el sistema inmune y, que finalmente, conduce a una respuesta alérgica.

Las manifestaciones clínicas pueden ser diversas pudiendo afectar a la piel, tracto gastrointestinal, sistema respiratorio, o incluso al corazón y los vasos sanguíneos. Los síntomas incluyen estornudos, ojos llorosos y mucosidad. También pueden incluir dolor de garganta, tos, erupciones cutáneas y otros síntomas que pueden confundirse con cuadros gripales. Además pueden

desencadenar ataques de asma en personas sensibles.

Diversos estudios han demostrado que hasta un 67% de los niños con asma son sensibles a alérgenos de animales. La incidencia de asma en los propietarios de gatos es significativamente más alta que los que están expuestos a otros animales. También hay estudios que concluyen que las personas con alergias al gato se encuentran en mayor riesgo de desarrollar asma crónica. Según la Fundación Americana de Asma y Alergia (AAFA), los gatos pueden causar graves ataques de asma en aproximadamente un 20 o 30 por ciento de las personas con asma.

### Alergenos de los ácaros del polvo

Los ácaros son artrópodos microscópicos de la clase arácnida, que proliferan en ambientes interiores vinculados frecuentemente al polvo y a las escamas dérmicas de las personas, de donde obtienen su fuente de alimentación. Las mayores concentraciones se encuentran en lugares como: ropa de cama (colchones, edredones, almohadas), sofás y sillones de tela, alfombras y moquetas. La temperatura óptima de desarrollo está entre los 15 y 25 °C y la humedad relativa entre el 65 y el 80%, por lo que son abundantes en zonas templadas y costeras, donde están presentes todo el año y su concentración suele ser mucho mayor que en zonas del interior con clima más seco. Un ambiente con una humedad inferior al 50% limita bastante su presencia.

### Efectos en salud

Los principales alérgenos se encuentran en los excrementos y restos corporales. Los ácaros pueden encontrarse por centenares

por cada gramo de polvo doméstico. Además, cada ácaro produce gran cantidad de partículas fecales cada día, las cuales persisten en el polvo incluso tras la muerte del mismo. Esto explica que los ácaros tienen mucha más importancia como fuente crónica y acumulativa de alérgenos que causan inflamación e hiperactividad bronquial, así como, desencadenantes de crisis agudas de asma.

**EL PRIMER ALERGENO IDENTIFICADO, LOCALIZADO FUNDAMENTALMENTE EN LAS HECES DE *Dermatophagoides pteronyssinus* FUE Der p 1, UNO DE LOS PRINCIPALES COMPONENTES DEL POLVO DOMÉSTICO.**

Se ha estimado que alrededor de un 5% de la población humana es sensible a los alérgenos de los ácaros del polvo. Las sustancias alérgicas al volatilizarse y tomar contacto con la mucosa nasal o bronquial, producen rinitis alérgica y/o asma bronquial. Además, por contacto dérmico pueden ocasionar eczema atópico y dermatitis. Se han descrito numerosas especies de ácaros presentes en el polvo doméstico, aunque las principales son *Dermatophagoides pteronyssinus*, *D. farinae* y *Euroglyphus maynei*. Otras especies de ácaros conocidas como “ácaros de almacén” se alimentan de restos orgánicos, hongos, etc., por lo que es fácil encontrarlos en despensas, cocinas y suelos: *Tyrophagus putrescentiae*, *Glycyphagus domesticus*, *G. destructor*, *Acarus siro*, etc.

### → Agentes Patógenos. Virus y Bacterias.

El ambiente interior de viviendas y edificios públicos alberga una gran diversidad de microorganismos ambientales, algunos de la propia microbiota de las personas, como por

ejemplo, Bacterias Gram positivas: *Aerococcus spp*, *Streptococcus spp*, *Micrococcus spp*, habituales en el ambiente interior, la mayoría de ellos no son patógenos y otros sólo representan un peligro para las personas con sistemas inmunes debilitados (de aquí que se les denomine “oportunistas”), cuya presencia es importante controlar principalmente en establecimientos con población vulnerable o inmunocomprometida. Un ejemplo ilustrativo son los hospitales donde son frecuentes las infecciones nosocomiales o intrahospitalarias por *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Klebsiella pneumoniae*, *Moraxella catharralis*, *Corynebacterium spp*, *Citrobacter freundii*, *Aspergillus spp* etc. En guarderías y colegios de educación infantil predominan entre otros: *Adenovirus spp* (conjuntivitis vírica), *Streptococcus A* (escarlatina), *Parvovirus B19* (eritema infeccioso), *Herpesvirus spp* (roséola infantil/exantema súbito), *Enterobius vermicularis* (oxiuros), *Pediculus humanus capitis*, (piojos) etc.

Algunos microorganismos se encuentran en forma de células vegetativas, pero también pueden ser frecuentes las formas esporuladas, ya que las esporas son metabólicamente menos activas y sobreviven mejor en la atmósfera, soportando la desecación, Ej. *Bacillus spp*, *Clostridium spp*... Asimismo, bacterias Gram negativas como *Klebsiella spp*, *Serratia spp*, *Enterobacter spp*, son también frecuentes en ambientes interiores con la particularidad de que liberan endotoxinas en la degradación de su pared celular, capaces de originar cuadros de neumonitis por hipersensibilidad debidos a sus efectos tóxicos e irritativos en las mucosas de las vías respiratorias.

Debido a la importante repercusión sanitaria de las citadas infecciones nosocomiales, la OMS en febrero de 2017 publicó la primera lista de «patógenos prioritarios» resistentes a los antibióticos, que incluye las 12 familias de bacterias más peligrosas para la salud humana, destacando las multirresistentes que son especialmente peligrosas en hospitales, residencias de mayores y en pacientes que requieran dispositivos como ventiladores y catéteres intravenosos. Entre tales bacterias se incluyen las siguientes: *Acinetobacter spp*, *Pseudomonas spp* y varias *enterobacteriáceas* como *Klebsiella spp*, *E. coli spp*, *Serratia spp*, y *Proteus spp*.

### **Control ambiental: toma de muestras y análisis.**

Es importante controlar la presencia de microorganismos dentro de unos niveles tolerables y normales para las personas, para evitar efectos adversos sobre nuestra salud.

En la investigación microbiológica, la elección del método de muestreo, el tiempo de muestreo o el número de muestras requerida y el tipo de análisis, dependen del diagnóstico de situación previo y en cualquiera de los casos, del objetivo del estudio.

Los métodos de muestreo comúnmente usados son: sedimentación por gravedad, impactación, filtración, bio colectores con tecnología ciclón etc. A su vez, las técnicas de análisis empleadas en la actualidad, algunas de ellas complementarias, como: cultivo, microscopía y biología molecular (reacción en cadena de la polimerasa –PCR- y cuantitativa –qPCR-). La espectrometría de masas MALDI-TOF (matrix-assisted laser

desorption/ionization time-of-flight) es una nueva tecnología que ha surgido en los últimos años en microbiología, y que permite identificar microorganismos analizando directamente sus proteínas. Esta técnica, utilizada por primera vez para la identificación de bacterias de interés médico, ahora se aplica a bacterias filamentosas y hongos en el medio ambiente.

La legislación española es escasa respecto a la valoración de la contaminación biológica en el ambiente interior a través de límites numéricos estrictos y salvo algunas generalidades establecidas en el Reglamento de Instalaciones Térmicas (RITE) u otras normativas laborales o determinados casos muy específicos en instalaciones interiores

como *Legionella spp*, no se establecen umbrales. Para recuentos de mohos y levaduras y determinados agentes microorganismos patógenos lo recomendable sería su ausencia.

En general, cuando se ha evidenciado la existencia de amplificación bacteriana en el ambiente interior o existe un crecimiento fúngico activo, las actuaciones de remediación deben encaminarse a corregir las causas de la humedad, ventilación, temperatura, materiales dañados... Además de las pertinentes operaciones de limpieza y desinfección mediante biocidas específicos.

Tabla 8. Biocontaminantes en interiores.

Tabla 8. Contaminación Biológica en interiores	Especies más frecuentes implicadas
<b>Bacterias</b>	<p><i>Staphylococcus aureus</i>  <i>Streptococcus spp. (S. pyogenes, S. agalactiae)</i>  <i>Mycobacterium tuberculosis</i>  <i>Mycobacterium avium, M. chimaera</i>  <i>Actinomyces israelii</i>  <b>Gram -</b> <i>Corynebacterium diphtheriae</i>  <i>Enterococcus spp.</i>  <i>Clostridium tetani</i>  <i>Nocardia asteroides</i>  <i>Micrococcus luteus</i>  <i>Bacillus spp.</i></p> <p><b>Gram -(*)</b> <i>Haemophilus influenzae</i>  <i>Klebsiella pneumoniae</i>  <i>Pseudomonas aeruginosa</i>  <i>Neisseria meningitidis</i>  <i>Moraxella catarrhalis</i>  <i>Legionella pneumophila</i>  <i>Chlamydia psittaci</i>  <i>Chlamydia pneumoniae</i>,  <i>Shigella spp.</i>  <i>Bordetella pertussis</i>  <i>Escherichia coli</i>  <i>Serratia marcescens</i>  <i>Acinetobacter baumannii</i>  <i>Salmonella spp.</i></p>
<b>Virus</b>	<p><b>ADN</b> <i>Adenoviridae: Adenovirus (principalmente tipos 1 a 5, 7, 14 y 21)</i>  <i>Enteroviridae</i>  <i>Papillomaviridae: Papillomavirus humano 2</i>  <i>Parvoviridae: Parvovirus humano B19</i></p> <p><b>ARN</b> <i>Coronaviridae: Coronavirus</i>  <i>Orthomyxoviridae: Influenza (tipos A, B y C)</i>  <i>Reoviridae: Rotavirus</i>  <i>Paramyxoviridae: Parainfluenza (principalmente tipos 1, 2 y 3) y</i>  <i>Virus respiratorio sincitial</i>  <i>Picornaviridae: Rinovirus y VirusCoxsackie (grupos A y B)</i></p>
<b>Algas y Amebas</b>	<p><i>Acanthamoeba spp.</i>  <i>Naegleria fowleri</i>  <i>Cianobacterias</i></p>
<b>Ácaros</b>	<p><i>Dermatophagoides pteronyssinus</i>  <i>Dermatophagoides farinae</i>  <i>Euroglyphus maynei</i>  <i>Tyrophagus putrescentiae</i>  <i>Glycyphagus domesticus</i>  <i>G. destructor</i>  <i>Acarus siro</i></p>
<b>Mohos y Levaduras</b>	<p><i>Aspergillus spp. (A. fumigatus, A. parasiticus, A. niger, A. ochroaceus, A. oryzae, A. versicolor, y/o A. glaucus)</i>  <i>Cladosporium spp. (C. cladosporoides, C. herbarum, y/o C. sphaerospermum)</i>  <i>Epicoccum purpurascens</i>  <i>Alternaria alternata</i> <i>Sistotema brinkmannii</i> <i>Penicillium spp.</i>  <i>Botrytis cinerea</i>  <i>Paecilomyces variotii</i> <i>Stachybotrys atra</i> <i>Phoma spp.</i>  <i>Aureobasidium pullulans (20% 30% de muestras)</i>  <i>Actinomyces thermophilus</i></p>

Fuente: elaboración propia

## → Polen atmosférico

La estética del entorno más inmediato o paisaje donde se desenvuelve la vida de las personas, es un factor en alza, que decididamente contribuye al bienestar de éstas y por lo tanto a su salud. No obstante, cuando este entorno está mal planificado y/o gestionado puede ser el origen de problemas sanitarios como es el caso de las plagas por artrópodos y roedores, así como, la vegetación con liberación de polen atmosférico.

Uno de los problemas de salud pública relacionadas con el medio ambiente en las ciudades es el de las alergias de la población al polen. La alergia es causada por proteínas de los granos de polen que se liberan a la atmosfera.

Los niveles de polen dependen de dos factores principales; el primero es la producción y la emisión de polen de las plantas y el segundo es la dispersión de dichos granos de polen en el aire que respiramos. Los días más secos y soleados las concentraciones de polen son más elevadas, así como los días de vientos moderados a fuertes en que se producen mayor dispersión y reflujo del polen; por el contrario, los días más fríos y de alta humedad ambiental y/o lluvia, los niveles son más bajos.

Los pólenes no son todos alergénicos. Para provocar polinosis, es esencial que los granos de polen lleguen a las membranas mucosas respiratorias del hombre. Solo las plantas anemófilas diseminan los granos de polen por el viento, mientras que las plantas entomófilas requieren la intervención de un insecto para asegurar su fertilización mediante la transferencia del polen de la flor de origen masculina a la flor femenina

receptora. Además, para ser alergénico, un grano de polen debe tener sustancias (proteínas o glicoproteínas) reconocidas como inmunológicamente dañinas para un individuo dado.

El potencial alergénico de una especie de planta es la capacidad de su polen para causar alergia a una parte significativa de la población. El potencial alergénico puede ser:

- ✘Bajo o insignificante (especies que se pueden plantar en áreas urbanas).
- ✘Moderado (especie que solo puede plantarse en un número reducido de ejemplares).
- ✘Fuerte (especie que no se puede plantar en áreas urbanas).

La Comunidad de Madrid puso en marcha en 1992 la Red Palinológica, cuyo objetivo principal es estudiar el contenido de partículas biológicas en el aire que pueden tener un impacto en el riesgo alérgico para la población. Es decir, el estudio del contenido de polen y moho en el aire y la recopilación de datos clínicos asociados.

Las ciudades tienen ciertas peculiaridades que favorecen la presentación de cuadros alérgicos en la población: sinergia polen/contaminación; ciertos contaminantes se fijan mejor a ciertos tipos de polen; la contaminación *per se* implica la existencia de plantas estresadas (sintetizan las denominadas "proteínas del stress") que polinizan más; las especies anemófilas en su estado natural para favorecer el encuentro entre gametos suelen concentrarse en cultivos monoespecíficos, todo ello unido a que la población de las ciudades está por lo común más sensibilizada a estos cuadros.

Según los datos obtenidos por la Red Palinológica de la Comunidad de Madrid o Red PALINOCAM las principales especies con alta incidencia alérgica en nuestra Comunidad son plátano, olivo, arizónicas y cipreses. El 73,5% del total de polen procede de árboles ornamentales (plátano de paseo, cipreses y arizónicas) y el resto (17,2%), corresponde al polen de plantas herbáceas (gramíneas, sobre todo) componente mayoritario de los céspedes urbanos. Las concentraciones polínicas más altas se registran durante el periodo de marzo a junio, ambos incluidos por el polen de plátanos, olivo y gramíneas mientras que en segundo lugar se encuentran los meses de noviembre y diciembre hasta marzo, debido a cipreses y arizónicas principalmente. Es importante indicar que en la actualidad existen en nuestro ámbito determinadas géneros de plantas herbáceas y/o arbustivas invasoras como la *Ambrosia spp* que están ocasionando importantes problemas sanitarios dado que producen síntomas alérgicos graves: rinitis, conjuntivitis, eczema, urticaria, empeoramiento del asma etc...

### **Medidas de prevención**

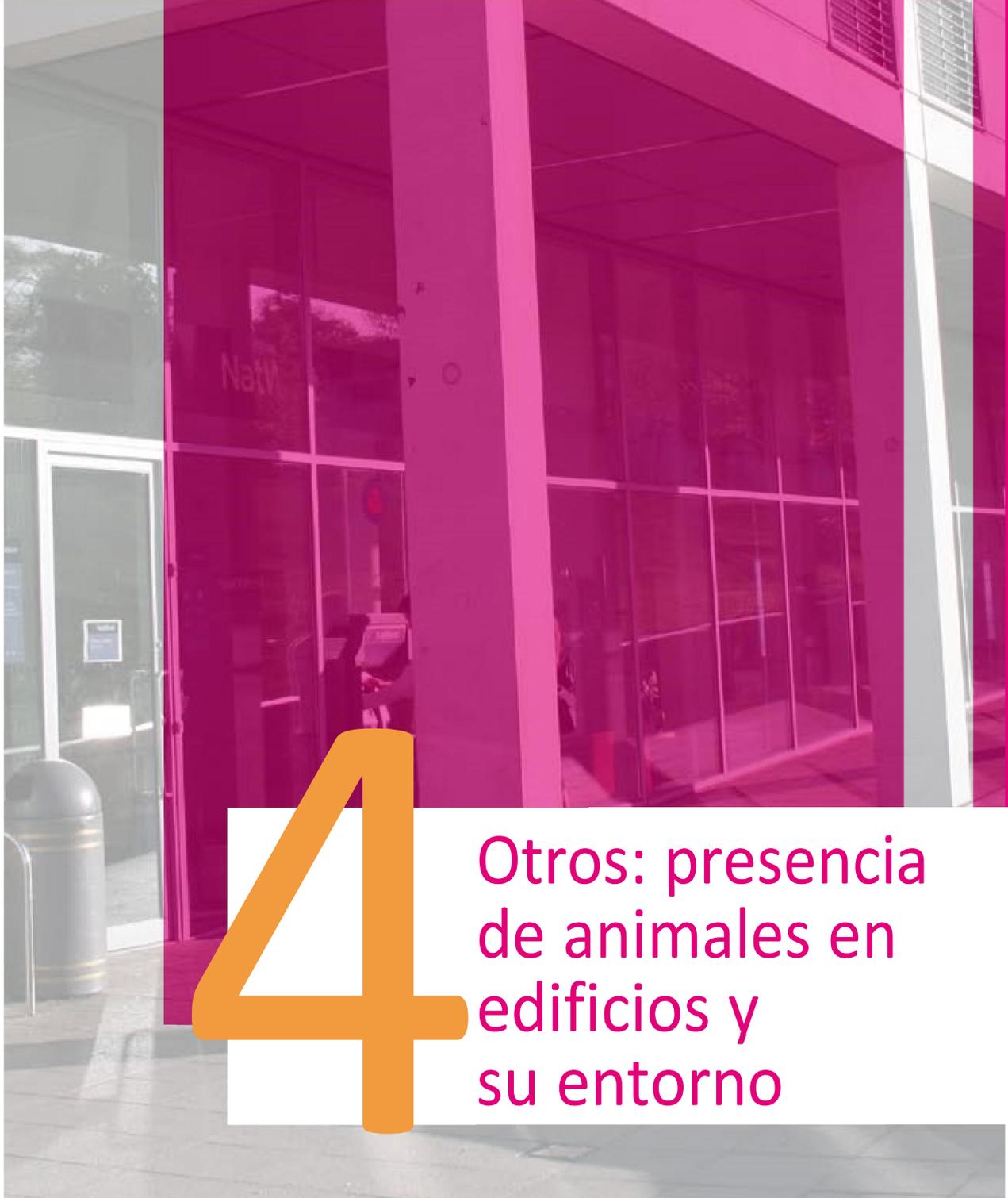
El diseño y selección de especies vegetales ornamentales no anemófilas, en parques, jardines, calles, etc., son factores determinantes para minimizar dicho

problema, sobre todo, teniendo en cuenta que el cambio climático potencialmente incrementará la estacionalidad y duración de los episodios alérgicos. Para 2040 se prevé que el 40% de la población europea presente predisposición alérgica.

En este sentido, una gestión adecuada del paisajismo verde permite disminuir la concentración de pólenes de la misma especie en el aire, teniendo en cuenta su potencial alérgico.

Como medidas básicas podemos citar:

- ✗ Creación de espacios con una gran diversidad de especies.
- ✗ Programa de mantenimiento adaptado a la reducción de la producción de polen mediante poda tardía y/o elección de ejemplares con un tamaño regular que evite que las flores aparezcan y por lo tanto disminuir la cantidad de grano de polen emitido en el aire (Ej. poda de olivo tardía hasta abril reduce la cantidad de polen en el aire). Del mismo modo, cortar el césped dos veces al año, evita que ciertas gramíneas florezcan (Ej. *Ryegrass perenne (Lolium perenne)*)



4

Otros: presencia  
de animales en  
edificios y  
su entorno

La tenencia de mascotas, perros, gatos, loros, peces, tortugas...ofrece beneficios indiscutibles en múltiples aspectos, tanto a nivel físico como mental y social. Cada vez es más frecuente la presencia en nuestras ciudades de una gran diversidad de especies animales que conviven con el hombre en sus hogares como mascotas y, ocasionalmente en entornos públicos relacionados con actividades educativas y/o recreativas como, granjas-escuela, zoológicos, ferias, etc.

Del mismo modo que las personas, todos los animales portan gérmenes patógenos, y además, se estima que las tres cuartas partes de las enfermedades en humanos han tenido su origen en animales (por ejemplo, rabia, sida, gripe, etc.), situación que probablemente aumente significativamente en los próximos años a medida que la globalización del comercio, los movimientos migratorios de personas y el cambio climático se intensifiquen.

En nuestro país, la posibilidad de que un animal de compañía transmita una enfermedad a una persona es relativamente baja, lo que guarda relación directa con dos hechos fundamentales, por un lado la cultura arraigada de acudir a los servicios clínicos veterinarios para su control sanitario y en segundo lugar, por el alto grado de especialización de dichos profesionales. Sin embargo, cuando los propietarios no ejercen una tenencia responsable y los animales no se mantienen en las debidas condiciones higiénico-sanitarias pueden ocasionar graves riesgos para la salud de la población, especialmente para niños, ancianos, mujeres embarazadas y enfermos, en los que el sistema inmunitario es más deficiente.



Aunque el espectro de las enfermedades zoonóticas (definidas como las enfermedades infecciosas que se transmiten de los animales vertebrados al hombre y viceversa) es amplio, como se ha citado anteriormente, el riesgo general debido a una mascota es estadísticamente mínimo. La mayoría de las infecciones se pueden prevenir con simples medidas de higiene, vacunaciones y desparasitaciones de estos animales.

Muchos animales, especialmente perros y gatos (actualmente también algunas especies exóticas como iguanas, mapaches...), padecen cada año el abandono de sus propietarios, lo que origina, no sólo innumerables sufrimientos a estos animales, sino que esta situación conlleva problemas de salud pública colaterales ocasionados por su estado sanitario deficiente, por ejemplo, colonias de gatos silvestres sin controlar, perros vagabundos, etc... Así, son frecuentes cuadros de sarnas, dermatofitosis (tiñas) y,

en general, enfermedades infecciosas y por lo tanto la posibilidad de su transmisión a las personas, además del daño que provocan por esparcimiento de basuras, el deterioro del paisaje, etc.

**EL VÍNCULO AFECTIVO CON LAS MASCOTAS Y EL LUGAR QUE OCUPAN EN NUESTRA SOCIEDAD NO DEBE PASAR POR ALTO O IGNORAR LOS RIESGOS PARA LA SALUD Y LA RESPONSABILIDAD DE CADA UNO DE LOS PROPIETARIOS.**

En definitiva, es esencial promover por parte de las Autoridades públicas y veterinarios clínicos, una tenencia responsable es decir, la prevención, la tolerancia y la convivencia saludable en la ciudad, multando el abandono, fomentando la adopción, prohibiendo su alimentación en la vía pública (con la excepción de colonias controladas, etc...)

Hoy día, otra problemática de interés sanitario, es la proliferación, cada día más frecuente, de plagas por animales sinantrópicos de vida libre (murciélagos, palomas, conejos y liebres, gaviotas...), en parques y jardines de nuestras ciudades o espacios periurbanos, lo que merece una atención especial debido a su enorme trascendencia en la aparición de graves enfermedades a la población (rabia, psitacosis, leishmaniosis, etc...). Esta situación se ve agravada por la introducción en nuestro hábitat de especies exóticas, como son: cotorras, mapaches, ofidios... que pueden ocasionar enfermedades emergentes o reemergentes desconocidas en nuestro entorno Ej. Larva migrans por mapaches (*Baylisascaris procyonis*).



*Fotografía: UTCV - Salud Ambiental Ayuntamiento de Madrid (Madrid Salud).*

En los países desarrollados la tenencia de animales exóticos como mascotas es una tendencia en alza a pesar de las regulaciones internacionales en la prohibición de su comercio, siendo origen de problemas de toda índole, tanto de seguridad como sanitarios (zoonosis y accidentes por picadura, mordedura o contacto), así como, de amenaza a otras especies autóctonas, sobre todo cuando se abandonan y se convierten en importantes plagas y que, en ocasiones pueden ir asociadas a la aparición de nuevas enfermedades infecciosas como por ejemplo, el caso de los mapaches citado anteriormente o el de las cotorras argentinas y de Kramer. La presencia de esta fauna es todo un reto para los profesionales responsables de su gestión.

Mención aparte merecen las especies de artrópodos y roedores ya que, muchos de ellos son reservorios y/o vectores de múltiples enfermedades para el hombre. Así, de cara al escenario que plantea el cambio climático, su vigilancia y control tendrán prioridad absoluta en un futuro próximo.

Se estima que el cambio climático conducirá a la aparición de especies vectoriales exóticas en nuestro entorno y a la propagación y recurrencia de ciertas enfermedades infecciosas, principalmente las denominadas Arbovirosis (enfermedades víricas transmitidas por la picadura de artrópodos, incluidos los mosquitos y las garrapatas). En particular, los recientes brotes de Zika y Chikungunya (en nuestro país, el patrón general hasta la fecha, son casos importados, es decir, personas que por diversos motivos van a países con brotes y vuelven infectadas), ilustran la magnitud del desafío planteado, por la aparición y propagación de áreas en riesgo de transmisión de este tipo de virus. De cara a la prevención y control habrá que tener en cuenta ciertos aspectos como: origen, densidad y distribución, así como, su ecología (afinidad por ciertos hábitats, movilidad, alimentación, etc.) y será fundamental el mantenimiento de las condiciones higiénico-sanitarias, la corrección de las alteraciones del medio origen de la plaga...; en definitiva el cumplimiento de los principios del Control Integrado de Plagas preconizado por la OMS, a través de los correspondientes Planes de gestión.

Actualmente, la Comunidad de Madrid se ve afectada por al menos cuatro problemas de salud pública debidos a vectores: flebótomos (Leishmaniosis), simúlidos, mosquitos y garrapatas (susceptibles de transmitir diversas enfermedades). Asimismo, el riesgo de invasión del mosquito tigre –*Aedes albopictus*, en nuestra Comunidad, supone una verdadera amenaza, ya que es una de las especies más abundantes en las urbes, con

capacidad de criarse en recipientes asociados al entorno doméstico (Ej. platos de macetas, ceniceros...), y además, es competente en la transmisión de varios Flavivirus como: Fiebre Amarilla, Fiebre del Nilo Occidental, Dengue, y Zika, entre otros.

En el caso de cierta fauna tóxica capaz de originar incidentes sanitarios en la población urbana (urbanizaciones, colegios...), cabe resaltar los originados por la procesionaria del pino (*Thaumatopea pityocampa*), un lepidóptero cuya oruga en su último estadio, febrero y marzo, es portadora de unos pelos urticantes alergógenos que produce graves inflamaciones y síntomas en personas y animales, como urticaria o erupción, conjuntivitis, etc.

En la tabla 9, se describen las infecciones más comunes en nuestro país y en algunos casos, aquellas que presentan una mayor probabilidad de instaurarse. No obstante, es preciso indicar que en general los cuadros más frecuentemente observados en la población general son las debidas a zoonosis alimentarias principalmente a Salmonelosis, Campilobacteriosis, Yersiniosis, Giardiosis, Crytosporidiosis..., patógenos comunes a muchos mamíferos, incluidos los humanos, aves y reptiles y por lo tanto, salvo alguna excepción que merece la pena resaltar como por ejemplo las salmonelosis en reptiles, no han sido incluidas en dicha tabla.

Por último, es importante señalar, la regulación normativa actual respecto a la presencia de animales de compañía en ciertos edificios públicos. Hasta hace poco, se prohibía su presencia en la mayoría de los edificios de uso público: establecimientos

alimentarios y/o de restauración (comedores colectivos, bares, etc.), centros sanitarios asistenciales, transporte público, etc., con la excepción de los perros-guía. Sin embargo, hoy en día la tendencia general de la legislación en materia de bienestar y protección animal es la de autorizar el acceso a estos establecimientos, incluidos hoteles, restaurantes, espectáculos públicos y culturales y otros análogos, siempre que los mismos no indiquen visiblemente desde su exterior una prohibición expresa (previa autorización administrativa), es decir; se deja a criterio de los propietarios de dichos establecimientos, la entrada y permanencia de los animales de compañía, para lo cual habrán de mostrar un distintivo que lo indique en un lugar visible a la entrada del establecimiento.

En relación a la presencia de animales en el transporte público, los poseedores de animales de compañía podrán acceder con ellos siempre que cumplan las normas y procedimientos de las Compañías (bajo la custodia controlada o trasportín o similar). Las únicas excepciones al respecto, son el caso de los Establecimientos Alimentarios dedicados a la elaboración, venta,

almacenamiento, transporte o manipulación de alimentos o bebidas y los Centros Sanitarios (en estos se permiten los perros guía) en los que está prohibida la entrada de animales de compañía en todos los casos.

Por otro lado, actualmente es frecuente que en determinados centros con población vulnerable (niños, enfermos y mayores) se permita el acceso y/o tenencia de ciertas mascotas, con fines terapéuticos o rehabilitadores. La terapia asistida con animales reporta beneficios físicos, psicológicos y sociales, pero es preciso recordar que, debido a que se trata de colectivos con el sistema inmunitario deficiente, es en estos casos donde habrá que extremar las medidas de prevención y control recomendadas por las Autoridades sanitarias y veterinarios clínicos. Como ejemplo ilustrativo, cabe citar, los brotes por Salmonellas en guarderías, por galápagos o tortugas de Florida, aunque desde el año 1997 está prohibida su importación a la Unión Europea.

Tabla 9. Zoonosis de mayor interés sanitario, transmitidas por los animales de compañía en nuestro entorno geográfico.

Mascota	Enfermedad	Agente causal	Patología en el hombre y otras observaciones
Perro	Leishmaniosis	<i>Leishmania infantum</i>	Patología cutánea o visceral según tipo. En Madrid, además del perro, liebre y conejo son reservorios en la transmisión al hombre a través de la picadura de mosquito-flebotomo (nunca por consumo de carne de lagomorfos).
	Hidatidosis	<i>Echinococcus granulosus</i>	Quiste hidatídico en hígado y pulmón principalmente.
	Fiebre Exantemática del Mediterráneo	<i>Rickettsia conorii</i>	Cuadro febril, cefalalgia, dolores musculares y articulares. Transmitida por garrapatas.
	Leptospirosis	<i>Leptospira interrogans</i>	Transmisión: aguas, suelos y alimentos contaminados por orina de animales salvajes y domésticos. Más frecuentes: ratas, perros y mapaches etc. También por mordedura y lamido. Cuadro icterico o cuadro más leve similar a gripe.
	Teniasis	<i>Dipylidium caninum</i>	Cestodo del perro y ocasionalmente del gato. La transmisión al hombre es por ingestión accidental de pulgas infectadas con Cisticercoides.
	Fiebre recurrente por garrapatas	<i>Borrelia recurrentis</i>	Cuadro febril y erupciones petequiales.
	Larva migrans visceral y ocular	<i>Toxocara canis</i>	Fiebre, hepatomegalia, tos, alteraciones neurológicas y oculares.
	Larva migrans cutánea o erupción reptante	<i>Ancylostoma spp.</i> <i>Uncinaria stenocephala</i>	Dermatitis pruriginosa. Más habitual por perros que por gatos.
	Ehrlichiosis	<i>Ehrlichia spp. (E. canis, E. sennetsu)</i>	La mayoría, transmisión por garrapatas. Patología dependiente de la especie implicada. En general fiebre, dolores musculares, vómitos, diarreas etc.
Babesiosis	<i>Babesia spp. (B. canis, B. felis)</i>	Enf. leve habitualmente asintomática o fiebre, fatiga y anemia. Transmisión por garrapatas, hospedadores perros y gatos.	

	Tiña (Micosis)	<i>Microsporium canis</i> <i>Microsporium gypseum</i>	Perros y gatos. <i>M. canis</i> muy prevalente.
	Rabia	<i>Lyssavirus (ARN)</i>	Encefalomiелitis aguda grave. Transmisión por mordedura, rasguño y lamido de todos mamíferos. El perro es la especie más implicada en la transmisión al hombre.
	Tuberculosis	Complejo <i>Micobacterium</i> ( <i>M. tuberculosis, africanum, bovis</i> )	Reservorio principal los seres humanos. Aunque poco frecuente, en ocasiones perros y gatos pueden intervenir en la cadena de transmisión interhumana por contacto con personas enfermas.
	Neumonía	<i>Streptococcus equi subsp. Zooepidemicus</i>	Bacteria comensal del tracto respiratorio de caballos. Ocasionalmente produce infección en perros, gatos.... Estos pueden infectar al hombre
	Gastroenteritis y colitis	<i>Clostridium difficile</i>	Patógeno emergente, aislado en areneros de perros. Hospedadores: aves y animales domésticos incluidos perros, gatos.
<b>Gato</b>	Toxoplasmosis	<i>Toxoplasma gondii</i>	Asintomática o leve con fiebre y linfadenopatía. Cuadros más graves, neumonía, miocarditis y encefalitis. Embarazadas: abortos, o lesiones en el feto (lesiones cerebrales, oculares, etc.). La patología puede aparecer después del nacimiento.
	Larva migrans visceral y ocular	<i>Toxocara cati</i>	
	Acariasis	<i>Notoedres cati</i>	Dermatitis ocasional en el hombre.
	Enf. Arañazo gato	<i>Bartonella spp.</i> ( <i>B. henselae/ B. quintana</i> )	Normalmente asintomático. Cuadros graves: fiebre prolongada, bacteriemia, endocarditis, encefalitis, etc.
	Infecciones por mordedura/lamido	<i>Capnocytophaga spp.</i> <i>Pasterella spp (P.multocida P.haemolytica)</i>	En general, enfermedades leves, tipo febril, celulitis y dolor. Cuadros graves: septicemia, meningitis, endocarditis, artritis. Más frecuentes por gatos y hurones, en menor grado, perro.
<b>Mustélidos (hurón, visón)</b>	Criptococosis	<i>Cryptococcus gattii</i>	Patógeno emergente que causa enfermedad en pulmón en enfermos

Procyónidos, (mapache)			inmunocomprometidos. En hurones es más frecuente que en gatos.
	Larva migrans	<i>Baylisascaris procyonis</i>	Cuadros neurológicos y oculares. Parásito emergente en nuestro país. Hospedador primario el mapache y secundarios el perro y los seres humanos (más en niños e inmunocomprometidos)
Roedores: ardillas, jerbos, cobayas...	Tiña roedores	<i>Tricophyton mentagrophytes var mentagrophytes</i>	Zoofilico (roedores y perro)
	Infecciones mordedura	<i>Streptobacillus moniliformes</i>	Celulitis y fiebre
	Tularemia	<i>Francisella tularensis</i>	Diversas manifestaciones clínicas. Amplia variedad de mamíferos y aves. Las personas se infectan principalmente por la picadura de artrópodos pero también por aerosoles.
	Fiebre del Virus de Seúl, Fiebre hemorrágica, Síndrome Renal por virus Puumala....	<i>Hantavirus</i>	Cuadros patológicos de diferente naturaleza. Normalmente por contacto con roedores y aerosoles. En España se pueden dar casos importados de otros países.
	Acariasis	<i>Ornithonyssus bacoti</i>	Ocasiona dermatitis alérgica en personas. Vector de infecciones por hantavirus entre ratas y humanos. Transmisión interhumana aérea y por pulgas.
	Coriomeningitis Linfocítica.	<i>Arenavirus</i>	Meningitis o meningoencefalitis por manipulación de cadáveres, alimentos contaminados o aerosoles.
	Peste	<i>Yersinia pestis</i>	Actualmente no existe en nuestro entorno.
	Yersiniosis	<i>Y. enterocolitica</i> <i>Y. pseudotuberculosis</i>	Gastroenteritis en personas

Aves psitácidas: loros, periquitos, cacatúas...	Psitacosis	<i>Chlamydia psittaci</i>	Habitual cuadros asintomáticos o leves que se confunden con resfriados comunes. Cuadros más graves: neumonía atípica y raramente endocarditis.
	Tuberculosis Micobacteriosis	<i>Complejo M. avium</i>	Rarísima la transmisión desde aves a personas (sólo algún caso descrito).y también a aves como patos y palomas y más rara en psitácidas.
	Gripe aviar	<i>Orthomyxovirus A y B</i>	Rarísima en aves de compañía. La transmisión para el hombre se produce principalmente a través de las aves de corral infectadas. La mayoría de los virus de influenza aviar no infectan al ser humano, pero algunos, como AH5N1 y AH7N9, han causado infecciones humanas graves. El subtipo H5N8 alta patogenicidad ha sido descrito en patos, aves silvestres y de zoológicos. Las aves acuáticas son el principal reservorio natural de la mayoría de los subtipos de los virus de la gripe A.
Reptiles: galápagos, serpientes...	<i>Salmonelosis</i>	<i>Salmonella spp.</i> ( <i>cholerasuis, typhimurium, enteritidis, montevideo, hada...</i> )	Gastroenteritis aguda, dolores abdominales, diarrea, náuseas y a veces vómitos.
	Otras Gastroenteritis	<i>Plesiomonas shigelloides</i> <i>Edwardsiella tarda,</i> <i>Aeromonas hydrophila</i>	Enteritis y en inmunocomprometidos septicemia y meningitis.
	<i>Pentastomiasis</i> <i>/Porocefalosis</i>	<i>Armillifer moniliformis y</i> <i>Armillifer armillatus</i>	Larvas enquistadas de helmintos en diferentes órganos: peritonitis, pericarditis, meningitis... Parásitos de las vías respiratorias de reptiles. Diversos mamíferos actúan como hospedador intermediario y el hombre es uno accidental. Emergente debido a hábitos dietéticos nuevos.

Fuente: Elaboración propia



5

Plan de  
prevención y  
control de  
la calidad del  
aire interior



La calidad del ambiente interior depende en gran parte del correcto diseño, higiene, mantenimiento y funcionamiento de los sistemas de ventilación y climatización del edificio. Dichos sistemas tienden a cubrir las necesidades de calefacción, refrigeración y acondicionamiento del aire de un edificio, a menudo utilizando la misma instalación. Además estos sistemas deben crear condiciones térmicas aceptables (temperatura y humedad), procurando confort térmico para los ocupantes. Según el instituto NIOSH (National Institute of Occupational Safety and Health), los sistemas de climatización son responsables del 50% de las quejas de calidad ambiental interior de edificios.

Estos sistemas se distribuyen por todo el edificio aportando aire acondicionado por los difusores y transportando los distintos contaminantes que encuentra en su recorrido hasta las rejillas de retorno, por lo que existe un riesgo de propagación de contaminantes en el aire, con la consiguiente aparición de patologías de diferente índole como por ejemplo, enfermedades nosocomiales en hospitales.

La ventilación en los edificios puede ser natural o mecánica. La ventilación natural se consigue a partir de las diferencias de presión que crea el viento alrededor del edificio sobre sus fachadas y cubierta y/o debido a efectos térmicos por diferencia de densidades del aire (convección natural). El aire penetra a través de las aperturas situadas en la parte inferior de la fachada y sale otra vez al exterior a través de otras

aperturas situadas en la parte superior de la misma.

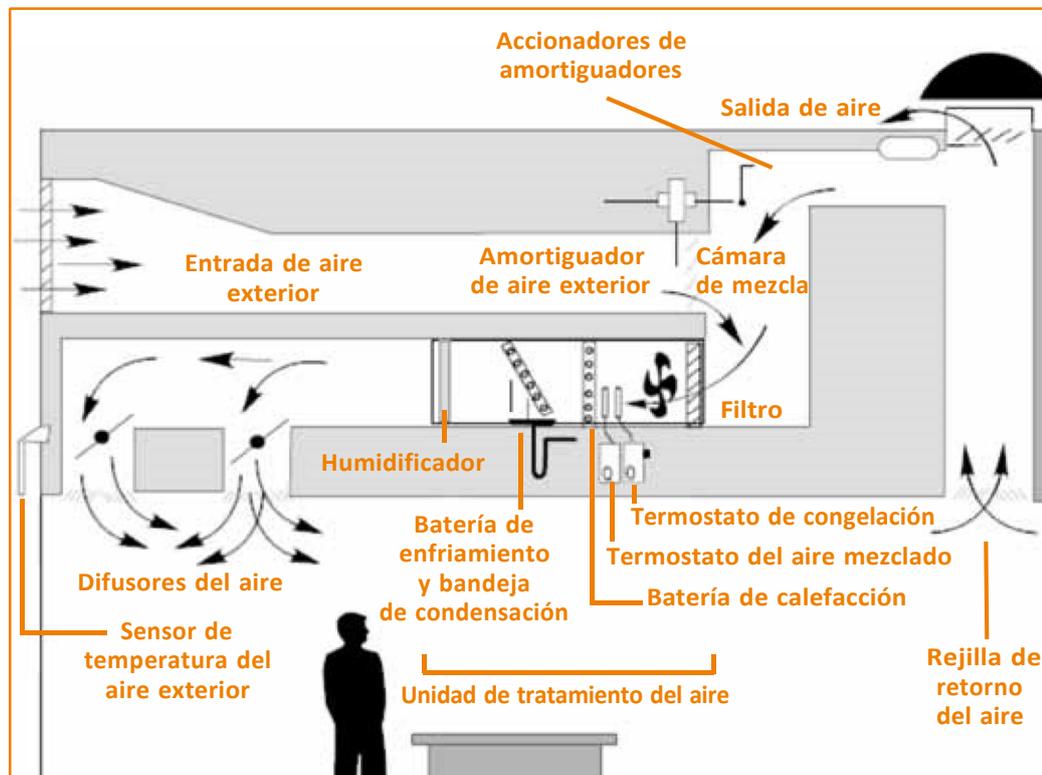
La ventilación mecánica de caudal simple introduce el aire de forma natural, por ejemplo, en las oficinas gracias a los pasos de aire ajustables que están situados en las paredes exteriores, mientras que el aire viciado se extrae mecánicamente (ventiladores) en el pasillo. Con esta extracción, se produce una depresión en las oficinas que favorece la infiltración de aire nuevo.

En el caso de la ventilación mecánica de caudal doble hay dos conductos. El aire, filtrado y precalentado en invierno, entra en los recintos y salas del edificio a través de un conducto, generalmente situado en el falso techo.

El flujo de aire que entra a través de los difusores mueve, retiene y transporta los distintos contaminantes que encuentra en su recorrido, desde su origen hasta las rejillas de retorno del aire junto con los contaminantes que transporta y se extrae mecánicamente por otro conducto. Además se pueden controlar las características térmicas del aire acondicionándolo.

Básicamente el sistema de aire acondicionado se puede representar en la siguiente figura:

Figura 6.



Fuente: Building Air Quality. EPA and NIOSH. 1991.

## → Plan de prevención y control de la calidad del aire interior (PCCAI)

### A. Diagnóstico de Situación de Calidad

#### Primera Fase. Recogida de información.

Para abordar la elaboración de un PCCAI deberá llevarse a cabo en las etapas siguientes:

- × Diagnóstico de Situación de Calidad.
- × Medidas de actuación: vigilancia y control
- × Evaluación.

- × Solicitud de información al responsable relacionada con los elementos e instalaciones implicadas en los SVAA (Sistema de ventilación y aire acondicionado): plano detallado del Sistema de ventilación y climatización, esquemas de instalaciones, memorias técnicas descriptivas, deficiencias, planes que afecten al SVAA (mantenimiento, prevención de legionelosis, limpieza y desinfección...), gestión de residuos, entorno exterior, registro de quejas, incidencias...

- ✗ Inventario de factores ambientales: Listado de los aspectos, instalaciones o elementos del SVAA que interactúan con la calidad ambiental.

### 1.- Ubicación del edificio

Los aspectos que pueden condicionar la calidad ambiental en interiores son entre otros:

#### *Calidad del aire exterior de la zona.*

En función del uso del edificio o local de que se trate (hospital, oficina, cine, garaje) y según la calidad del aire exterior (ODA, categorizada en tres niveles desde menor a mayor contaminación), se deberá cumplir unas exigencias de calidad de aire interior (IDA, clasificada en 4 categorías desde óptima a baja calidad), lo que determinará la selección del sistema de purificación del aire, conforme al RITE.

#### *Orientación y condiciones climatológicas.*

Condicionará el confort térmico.

#### *Características geológicas y usos del solar.*

Radiactividad del terreno. En el caso de zonas verdes, el suelo es fuente de hongos y ocasionalmente puede ser emisor de olores del compost, así como de productos químicos usados como plaguicidas.

#### *Ubicación de tomas de aire.*

Deben estar alejadas de focos de contaminación, así como de zonas ajardinadas y de torres de refrigeración cercanas. No deben estar próximas a cuartos de basuras o residuos ni de almacenes de productos químicos.

#### *Actividades desarrolladas en el área de influencia.*

Existencia de posibles focos de contaminación por actividades industriales, vertederos, etc. (gases, sustancias químicas, olores...).

### 2.- Usos, actividades y distribución del edificio

La modificación del proyecto original con compartimentación de espacios que fueron proyectados diáfanos suele constituir un problema habitual que afecta al confort térmico y a los SVAA.

### 3.- Materiales de construcción

Manipulación o instalación de materiales interiores no inertes en contacto con el aire que pueden aportar sustancias nocivas, por ejemplo fibra de vidrio deteriorada que genere fibras en suspensión; compuestos orgánicos volátiles a partir de aislamientos, etc.

### 4.- Instalaciones e infraestructuras del edificio

#### *Instalaciones de acondicionamiento del aire.*

Deben revisarse aspectos como aportes, renovación, recirculación, humidificación, filtros, limpieza...

#### *Sistema de ventilación.*

Repercute notablemente en la calidad del aire interior, participando en la renovación del mismo. Los sistemas de ventilación con extracción localizada funcionan capturando el contaminante en la propia fuente o lo más cerca posible.



### Humidificación.

Pueden suponer un importante problema higiénico si no se realiza un mantenimiento exhaustivo, ya que la humedad es un factor potenciador de contaminación microbiana, fúngica y de ácaros. Debe estudiarse la idoneidad y necesidad de instalar humidificación en los sistemas de climatización.

### Plenums.

El uso de plenums dificulta los tratamientos de higienización. Los falsos techos usados como plenum de conducción de aire son difíciles de higienizar ya que existen multitud de elementos eléctricos, bandejas de cableados, luminarias, etc., y los materiales constitutivos del propio falso techo o el material aislante, suelen ser fuente de fibras de vidrio o celulosa, que pueden afectar negativamente a la calidad del aire del edificio.

### Instalaciones de agua.

Debe tenerse en cuenta si existe presencia de instalaciones que transfieren agua al aire y que estén considerados dispositivos de riesgo por legionelosis como torres de refrigeración, condensadores evaporativos, humectadores y equipos de enfriamiento evaporativo.

*Otras instalaciones como: cuarto de basuras o conductos de recogida de residuos urbanos, depósitos de combustibles, instalaciones de transporte vertical y comunicación entre plantas, (ascensores, montacargas...), zonas de aparcamiento y almacenes o salas de usos especiales.*

Pueden emitir contaminantes (gases, humos, olores, artrópodos...) que afecten a puntos de captación de aire al interior o directamente difundirse a las diferentes

estancias y recintos del edificio, pudiendo afectar a los SVAA.

Determinadas salas, como zonas de reprografía, cocinas, almacén de productos químicos, deben mantenerse en depresión respecto al resto del edificio y, si es preciso, con sistemas de tratamiento de aire específicos.

## 5.- Planes transversales

La gestión de otros planes de prevención y control que afectan al funcionamiento rutinario del edificio (limpieza y desinfección, control de plagas, mantenimiento...) interaccionan con la calidad ambiental de éstos.

### Segunda Fase. Análisis de Peligros.

A partir de la información recopilada se identificarán los posibles peligros, **seleccionando** los que realmente se consideren **significativos** y se establecerán como Punto de control crítico, para su posterior **valoración** mediante la inspección y toma de muestras.

### Tercera Fase. Inspección y toma de muestras.

El RITE establece valores que deben cumplir los parámetros que conforman el bienestar térmico como son:

- ✗ Temperatura seca del aire y operativa.
- ✗ Humedad relativa.
- ✗ Temperatura radiante media del recinto.
- ✗ Velocidad media del aire en la zona ocupada.
- ✗ Intensidad de la turbulencia.

La mayoría de Organismos reconocidos en la materia establecen una serie de parámetros mínimos a tener en cuenta en la calidad del aire interior:

- ✗ Temperatura y humedad relativa.
- ✗ Dióxido de carbono.
- ✗ Monóxido de carbono.
- ✗ Partículas en suspensión (PM10 y PM2.5).
- ✗ Bacterias en suspensión.
- ✗ Hongos en suspensión.

Otros parámetros adicionales que pueden muestrearse según los resultados obtenidos en el análisis de peligros son:

- ✗ Fibras en suspensión (amianto, fibra de vidrio, etc.), si se observa presencia de materiales de construcción o aislantes a base de fibras minerales.
- ✗ Radón, si es propio del terreno o materiales empleados (graníticos).
- ✗ Compuestos orgánicos volátiles, si existe una presencia significativa de olores, sobre todo en edificios recién construidos o reformados con mobiliario nuevo se medirá formaldehído.
- ✗ Ozono en fotocopiadoras, impresoras, ozonizadores.
- ✗ Ácaros del polvo en zonas de almacenamiento, sobre todo de papel o con escasa limpieza, con presencia de moquetas, mascotas...

✗ *Legionella spp.*, en función del uso del agua (ACS, humidificadores, fuentes ornamentales...).

✗ Benceno, nicotina y aldehídos si existe presencia de fumadores.

✗ Iluminación y ruido ambiental.

Los métodos microbiológicos convencionales de evaluación en ambientes interiores basados en recuento de colonias (unidades formadoras de colonias), presentan grandes limitaciones que hacen que su utilidad sea cuestionable (patógenos que inhiben el crecimiento de otros, crecimientos selectivos según medio, etc). En este sentido, la Nota Técnica de Prevención 335. Calidad de aire interior: evaluación de la presencia de polen y espora fúngicas, editada por el Instituto de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT), indica que un valor límite ambiental para la concentración de bioaerosoles cultivables no tiene justificación científica.

Actualmente, se tiende a la determinación de marcadores de crecimiento para detectar microorganismos patógenos o toxinas microbianas:  $\beta$ -glucanos, ergosterol, lipopolisacáridos, COVs, etc..., por ejemplo en el caso de alérgenos de ácaros, la determinación de guanina por reacción colorimétrica (Acarex-test o Aclotest) mediante Kits.

En el caso de la determinación de *Legionella spp.*, en la actualidad existen otras opciones a las técnicas clásicas de aislamiento y cultivo, como son las técnicas rápidas de separación inmunomagnética y la PCR.

### Cuarta Fase. Valoración de resultados e informe final.

Los resultados obtenidos deben compararse con un valor de referencia que nos indique si la calidad del aire interior es conforme o no. Los valores de referencia son los establecidos en las normativas vigentes y por lo tanto de obligado cumplimiento. En caso, de carecer de regulación, se aplicarán de forma prioritaria los valores recomendados por Organismos Sanitarios Internacionales. Asimismo, y en el caso de que no se dieran los supuestos anteriores, se seguirán los valores prescritos por otros Organismos reconocidos en la materia. (Normas UNE/EN/ISO; EPA; ACGIH; etc...).

El Diagnóstico de Situación de la Calidad del Aire Interior quedará plasmado en un documento que como mínimo incluirá información referente a:

#### Información técnica de las instalaciones del aire

- ✗ Tipo de ventilación (natural, mecánica, mixta) y sistema de extracción y purificación del aire (filtros). Localización de la toma de aire, recirculación, sistemas de enfriamiento y/o humidificación. Renovaciones: aporte de aire exterior y aportes promedio y mínimo por persona (litros/segundo persona) y su cálculo (estimado, medido).
- ✗ En el caso de oficinas, superficie por persona y volumen de aire por persona (promedio y mínimo).
- ✗ Dispositivos de riesgo por legionelosis. Existencia de dispositivos,

cumplimiento del Plan de Prevención y Control de Legionelosis.

- ✗ Condiciones higiénico-sanitarias de las instalaciones de aire. Procedimientos de higienización (método, frecuencia, productos empleados).
- ✗ Materiales y recubrimientos en suelos, paredes y techos cuando tengan repercusión en la calidad del aire interior.
- ✗ Reformas o remodelaciones realizadas durante los últimos años. Materiales y productos utilizados.

#### Resultados del Análisis de Peligros.

- ✗ Parámetros analizados y justificación.
- ✗ Resultados analíticos obtenidos y criterios de calidad considerados.
- ✗ Medidas preventivas y de control y acciones correctoras propuestas.

### B. Medidas de actuación: Vigilancia y Control

A partir del Diagnóstico se elabora el cuadro de Gestión (Tabla 15) que recogerá de forma planificada las medidas de control y vigilancia del PCCAI.

#### Medidas de control de focos contaminantes

La fuente de contaminación puede controlarse por varios medios, entre los que destacan:

### Higiene.

La higienización en los SVAA tiene como objetivo eliminar la suciedad y los contaminantes presentes mediante la limpieza de los mismos, pudiendo completarse con un tratamiento de desinfección, si se precisase.

El Reglamento de instalaciones térmicas en los edificios, RITE, (Real Decreto 1027/2007) establece en su instrucción técnica relativa a las pruebas de recepción de redes de conductos de aire, la preparación y limpieza de éstas antes de la conexión de las unidades terminales: *“la limpieza interior de las redes de conductos de aire se efectuará una vez se haya contemplado el montaje de la red y de la unidad de tratamiento del aire, pero antes de conectar las unidades terminales y de montar los elementos de acabado y los muebles”*, cumpliendo las condiciones prescritas en la norma *UNE 100.012, Higienización de sistemas de climatización*.

La norma UNE 100012 desarrolla criterios de valoración, de descontaminación (higienización) y de validación (eficacia) de la calidad higiénica del SVAA, aplicable a todos los elementos del sistema desde la entrada hasta la salida del aire, así como a todas las superficies del SVAA en contacto con el aire circulante. El proceso de limpieza puede ir acompañado, sólo en los casos en que se considere necesario, de un proceso de desinfección.

### Eliminación.

Es el método ideal para controlar la calidad del aire en interiores. Eliminar la fuente de contaminación es una medida permanente que no requiere de operaciones de mantenimiento posteriores. Se aplica

cuando se conoce la fuente de la contaminación, como en el caso del humo del tabaco.

### Sustitución.

En algunos casos hay que sustituir el producto que origina la contaminación. A veces es posible cambiar los productos utilizados (limpieza, decoración, etc.) por otros que presten el mismo servicio pero que sean menos tóxicos o presenten un riesgo menor para las personas que los utilizan.

### Aislamiento o confinamiento espacial.

El objeto de estas medidas es reducir la exposición limitando el acceso a la fuente. Es un método por el que se interponen barreras (parciales o totales) o medidas de contención alrededor de la fuente de contaminación para minimizar las emisiones al aire circundante y limitar el acceso de personas a dicha fuente. Los recintos deben estar equipados con sistemas de ventilación suplementarios que puedan extraer aire y suministrar un flujo de aire dirigido donde sea necesario. Por ejemplo salas de calderas, salas de fotocopiadoras.

### Sellado de la fuente.

En este método se utilizan materiales y/o productos que eviten o minimicen la emisión de contaminación. Se ha propuesto como medio para evitar la dispersión de fibras de amianto sueltas de antiguos aislantes, así como para reducir la emisión de formaldehído de las paredes tratadas con resinas. En edificios contaminados por gas radón, esta técnica se utiliza para sellar bloques de hormigón y fisuras en paredes de sótanos, utilizándose polímeros para evitar la inmisión de radón del suelo. Las paredes de sótanos también pueden tratarse con

pintura epoxídica y un sellador polimérico de polietileno o poliamida para evitar contaminación que pueda filtrarse a través de las paredes o por el suelo.

#### Extracción localizada.

Los sistemas de extracción localizados funcionan capturando el contaminante en la propia fuente o lo más cerca posible de ella. La captura se realiza con una campana concebida para atrapar el contaminante en una corriente de aire que fluye a través de conductos hacia el sistema de depuración con ayuda de un ventilador. Si no es posible depurar o filtrar el aire extraído, deberá evacuarse al exterior y no volverá a utilizarse en el edificio.

#### Ventilación.

El sistema más empleado para corregir o prevenir los problemas de contaminación del aire en interiores es la ventilación, ya que la renovación del aire interior con aire nuevo de mejor calidad diluye los contaminantes

que se encuentran dispersos por todo el edificio, originados en las diferentes fuentes de contaminación presentes en ellos.

Las medidas de prevención y control básicas a aplicar en los sistemas de ventilación están relacionadas con la calidad y cantidad del aire aportado:

- a.- sistema de purificación o filtración
- b.- aporte de aire o renovación

#### a.- Sistema de purificación o filtración.

Respecto a la **calidad del aire interior**, el RITE establece que los sistemas de ventilación y climatización, centralizados o individuales, se diseñarán para controlar el ambiente interior desde el punto de vista de la calidad con los métodos que en él se establecen.

La calidad del aire interior (IDA) se clasifica en 4 categorías: aire de óptima calidad, buena, media y baja. La función a la que se destine el edificio (residencia de ancianos, oficinas...) condicionará la IDA requerida.

Tabla 10: Categorías de calidad del aire interior en función del uso de los edificios (IDA).

Categoría	Calidad	Edificio
IDA 1	<i>Aire de óptima calidad</i>	Hospitales, clínicas Laboratorios Guarderías
IDA 2	<i>Aire de buena calidad</i>	Oficinas Residencias (locales comunes de hoteles y similares) Residencias de ancianos y estudiantes Salas de lecturas, aulas de enseñanza y asimilables Museos Salas de tribunales Piscinas
IDA 3	<i>Aire de calidad media</i>	Edificios comerciales Cines, teatros Salones de actos Habitaciones de hoteles y similares Restaurantes, cafeterías, bares Salas de fiestas Gimnasios, locales de deporte excepto piscinas Salas de ordenadores
IDA 4	<i>Aire de calidad baja</i>	

Por su parte, el Real Decreto 238/2013 modifica el RITE reduciendo de cinco niveles a tres, las categorías de calidad del aire exterior disponible (ODA).

Tabla 11. Clasificación ODA según RITE.

Categoría	Calidad
ODA 1	Aire puro que se ensucia temporalmente (por ejemplo polen)
ODA 2	Aire con concentraciones altas de partículas y/o de gases contaminantes
ODA 3	Aire con concentraciones muy altas de gases contaminantes de contaminantes (ODA 3G) y/o de partículas (ODA 3P)

Además, en función de la calidad del aire interior requerida (IDA) y de la calidad exterior disponible (ODA), el RITE establece unas exigencias respecto a las clases de filtración mínimas a emplear en el edificio. Por ejemplo, para un hospital o un laboratorio que está catalogado como calidad de aire IDA 1 (aire de óptima calidad)

ubicado en una zona clasificada como ODA 2 se requiere una filtración de tipo F7 + F9.

También se clasifica el aire de extracción (AE) en función del uso del edificio o local en las siguientes categorías:

Tabla 12. Clasificación del aire de extracción.

CATEGORÍA	CALIDAD	PROCEDENCIA DEL AIRE	RECINTOS
AE 1	Bajo nivel de contaminación	Emisiones de Materiales de construcción, decoración y de Personas (excluido aire de locales donde se permite fumar)	Oficinas, salas reuniones, aulas Pasillos, escaleras Espacios de uso público Locales comerciales sin emisiones específicas
AE 2	Moderado nivel de contaminación	Locales ocupados con más contaminantes que la categoría anterior Humo de tabaco	Restaurantes, bares Habitación hoteles Vestuarios, aseos Cocinas domésticas (excepto campana extractora) Almacenes
AE 3	Alto nivel de contaminación	Locales con Producción de productos químicos Humedad, etc	Saunas Cocinas industriales Imprentas Habitaciones destinadas a fumadores
AE 4	Muy alto nivel de contaminación	Sustancias olorosas Contaminantes perjudiciales para la salud en concentraciones mayores que las permitidas en el aire interior de la zona ocupada	Aparcamientos Extracción de campanas de humo Locales manejo de pinturas Almacén de basuras, de lencería sucia Salas de fumadores uso permanente Laboratorios químicos

Únicamente el aire de categoría AE 1, exento de humo de tabaco puede ser retornado a los locales, mientras que el de categoría AE 2 puede emplearse como aire de transferencia de un local hacia locales de servicio, aseos y garajes.

El aire de categoría AE 3 y AE 4 no puede recircularse ni emplearse como aire de transferencia y su expulsión al exterior debe ser por lugar distinto al del aire de categorías AE 1 y AE 2, para evitar la posibilidad de contaminación cruzada.

**b.- Aporte de aire o renovación.** Respecto a la **cantidad de aporte de aire exterior o renovaciones** de un edificio, local... viene determinado por unos valores mínimos recomendables de flujo de aire exterior por ocupante y horas.

El RITE establece diferentes exigencias (caudal mínimo) de aire exterior de ventilación según la categoría de aire interior, proporcionando diferentes métodos para su cálculo. Para el caso de hospitales y clínicas son válidos los valores de la norma UNE 100713.

La norma UNE 100713:2005. *Instalaciones de acondicionamiento de aire en hospitales* clasifica en dos grupos los locales del hospital según las exigencias higiénicas, incluyendo a todos los locales del bloque quirúrgico dentro de la clase I, con mayores exigencias. El caudal mínimo de aire exterior en quirófanos es de 1200 m<sup>3</sup>/h y un mínimo de 20 recirculaciones/hora.

En las piscinas climatizadas, el aire exterior de ventilación necesario para la dilución de los contaminantes será de 2,5 dm<sup>3</sup>/s por metro cuadrado de la lámina de agua y de la playa (no está incluida la zona de espectadores). A este caudal se debe añadir el necesario para controlar la humedad relativa, en su caso.

En el resto de edificios para calcular el **caudal mínimo de aire exterior de ventilación** el RITE establece diferentes métodos que se recogen de forma resumida en la siguiente tabla.

Tabla 13. Métodos de cálculo del caudal mínimo de AE de ventilación.

Categoría	M. indirecto caudal de aire exterior por persona	M. directo por calidad del aire percibido	M. directo por concentración de CO <sub>2</sub>	M. indirecto caudal de aire por unidad de superficie	M. de dilución
IDA 1	20 dm <sup>3</sup> /s persona	0,8 dp	350 ppm	No aplicable	Cálculo según norma UNE-EN 13779 sin superar concentración límite fijada por Autoridad Sanitaria
IDA 2	12,5 dm <sup>3</sup> /s persona	1,2 dp	500 ppm	0,83 dm <sup>3</sup> /(s.m <sup>2</sup> )	
IDA 3	8 dm <sup>3</sup> /s persona	2 dp	800 ppm	0,55 dm <sup>3</sup> /(s.m <sup>2</sup> )	
IDA 4	5 dm <sup>3</sup> /s persona	3 dp	1.200 ppm	0,28 dm <sup>3</sup> /(s.m <sup>2</sup> )	

Las consideraciones que el RITE establece para la elección de método, se recogen en la tabla 14.

Tabla 14. Criterios para la elección de método de cálculo de caudal AE.

	M.caudal aire exterior/persona	M.calidad aire percibido	M. concentración CO <sub>2</sub>	M. caudal aire/superficie	M. dilución
Reducida actividad física, con baja producción de contaminantes por fuentes diferentes al ser humano y con prohibición de fumar	9				
Reducida actividad física, con baja producción de contaminantes por fuentes diferentes al ser humano y que esté permitido fumar	2 x caudal exterior				
Recintos ocupados, sin riesgo de presencia de contaminantes peligrosos y/o no perceptibles, (valoración por método olfativo)		9			
Elevada actividad física, y presencia de personas con prohibición de fumar (discotecas, gimnasios...)			9		
Elevada producción de contaminantes sin conocer composición y caudal (piscinas, cafeterías, bares, restaurantes...)			9		
Elevada producción de contaminantes conociendo composición y caudal					9
Espacios no dedicados a ocupación humana permanente				9	

A continuación, a modo de ejemplo, se detallan algunas de las actuaciones que dependiendo de las características y estructura del edificio se deberían aplicar. En el caso de edificios de nueva construcción que aún se encuentren en fase de proyecto o diseño, se considerarían como medidas preventivas.

- ✗ Ubicar las tomas de aire exterior alejadas de focos de contaminación y de torres de refrigeración, localizadas en fachada del edificio y lo más alto posible.
- ✗ Proteger las unidades de tratamiento de aire ubicadas a la intemperie frente a la lluvia y la radiación solar, ya que las uniones entre chapas no siempre son estancas y es posible la infiltración de agua al interior.
- ✗ Preservar también las tomas de aire exterior de la acción de la lluvia y de la radiación solar que deteriora los materiales de éstas.
- ✗ Evitar en lo posible disponer superficies horizontales junto a las tomas de aire exterior, ya que pueden ser superficies de acumulación de agua de lluvia favorecedora del crecimiento microbiano, o acumularse excretas y plumas debido a pájaros que se posen sobre ellas, con riesgo de presencia de ácaros y otros contaminantes.
- ✗ Instalar extractores localizados en las fuentes de contaminación. En los recintos con fuentes de contaminación localizadas deberían mantenerse a presión negativa en relación con la presión atmosférica exterior.
- ✗ Emplear materiales interiores en contacto con el aire totalmente inertes, utilizando material no poroso para evitar la acumulación de bacterias, hongos o huevos de insectos y resistentes a las futuras operaciones de limpieza y desinfección, que habrán de llevarse a cabo periódicamente. Al no utilizar material poroso se evita la contaminación fúngica del falso techo en caso de que se produzcan derrames de las conducciones de agua o infiltraciones del exterior.
- ✗ Disponer de sistemas de ventilación adecuados y/o barreras que eviten la acumulación de gas radón en el interior de edificios ubicados en terrenos graníticos.
- ✗ El revestimiento interior de conductos deberá ser resistente a la acción agresiva de los productos de desinfección y la acción mecánica de las operaciones de limpieza a las que se le sometán.
- ✗ Evitar el uso de plenum (espacio situado entre un forjado y un techo suspendido o un suelo elevado) para distribución de aire. Cuando se utilicen deben estar delimitados por materiales que cumplan las condiciones requeridas a los conductos y con accesibilidad para su limpieza y desinfección. Si se usan salas de máquinas como plenum de mezcla

de aire, las uniones entre pared y suelo serán redondeadas para facilitar su limpieza evitando la acumulación de microorganismos e insectos. Las paredes de tales salas serán preferiblemente impermeables y no porosas y los puntos de desagüe, si existen, deben estar cerrados herméticamente y abrirse únicamente cuando sea necesario evacuar agua.

- ✘ El agua que se emplee para la humectación deberá cumplir los requisitos de la normativa del agua de consumo (Real Decreto 140/2003, de 7 de febrero, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano). No está permitida la humectación del aire mediante inyección directa del vapor procedente de calderas, salvo que el vapor tenga calidad sanitaria.
- ✘ La humidificación por pulverización, está totalmente desaconsejada, ya que se ha probado su relación con diversos episodios de la denominada fiebre del humidificador o de Pontiac, por riesgos elevados si el agua de aporte se encontrase contaminada con bacterias de la especie Legionella.
- ✘ Disponer de espacio suficiente en todos los elementos del sistema de tratamiento de aire (unidades de tratamiento de aire, plenum, sistemas de conductos) para permitir un mantenimiento higiénico adecuado. El acceso a los diferentes elementos facilita las labores de inspección y mantenimiento, ya que durante la vida útil de la instalación se ensucia y requiere de una limpieza física para retirar los depósitos acumulados.

Tabla 15- Modelo de Cuadro de Gestión del Plan de Prevención y Control de la Calidad del Aire Interior

ASPECTO DE INFLUENCIA EN LA CALIDAD DEL AIRE	ELEMENTOS/INSTALACION IMPLICADAS	ACCIONES PREVENTIVAS CRITERIOS DE DISEÑO	MEDIDAS DE CONTROL	MEDIDAS DE VIGILANCIA
<b>HIGIENE</b>	Instalaciones de acondicionamiento de aire	Accesibilidad Materiales resistentes a los procesos de limpieza y desinfección	Limpieza de Unidades de Tratamiento Limpieza de sistemas de conductos Cumplimiento RITE Cumplimiento UNE 100012 Cumplimiento RD 865/2003	Inspecciones visuales Control de microorganismos Control de polvo depositado en superficies Control de alérgenos
<b>CONTROL DE FUENTES</b>	Zonas de reprografía  Restaurantes y cocinas	Ubicación en salas especiales, de uso exclusivo con filtración especial y en depresión y extracciones localizadas  Zona de extracciones localizadas	Revisión de sistemas de extracción	Inspecciones visuales Vigilancia (muestreo o monitoreo) de:  Partículas Ozono VOC's Monóxido de carbono Formaldehído Amianto (si existe) Humo de tabaco (si existe) Microorganismos Olores Temperatura y humedad relativa Gas radón Otros parámetros en función de los productos empleados en mantenimiento (plaguicidas, ambientadores...)
	Materiales de decoración y construcción	Usar materiales de baja emisión de sustancias químicas Plan de prevención de CAI en reformas y obras	En función del riesgo detectado en el análisis de peligros respecto al amianto: intervención por empresa especializada (RERA) para protección de superficies, estabilización con productos sellantes, encapsulado del material o retirada del material  Si se ha detectado en el análisis presencia de radón, aplicación de medidas oportunas de control	
	Instalaciones de acondicionamiento de aire.	Correcta ubicación de tomas de aire exterior, extracciones, etc. Selección de equipos de baja emisión de calor y ruido Diseño de sistemas de purificación según criterios de calidad del aire exterior (ODA) del RITE Plan de prevención de CAI en reformas y obras	Revisión y sustitución de sistemas de purificación	

	Instalaciones de riesgo por legionelosis	Correcta ubicación de tomas de aire y extracciones y emisiones de contaminantes Plan de prevención de CAI en reformas y obras	Revisión periódica del cumplimiento del Plan de autocontrol de Legionelosis Revisión circuitos del sistema Revisión parámetros del R.D 865/2003	
	Instalaciones de agua	Control de fugas y derrames Plan de prevención de CAI en reformas y obras	Comprobación y revisión de parámetros del R.D 140/2003	
	Cuartos de basuras y desagües	Control de fugas y derrames de sustancias contaminantes Plan de prevención y control de plagas	Revisión del Plan de control de plagas	
	Depósitos de combustibles	Control de fugas y derrames de sustancias contaminantes	Revisión del estado de mantenimiento de depósitos, circuitos, conexiones, etc	
	Garajes y zonas de aparcamiento	Ventilación de plantas bajo-rasante y correcta ubicación de extracciones Plan de prevención y control de plagas	Si se ha detectado en el análisis presencia de radón, aplicación de medidas oportunas de control: sellado de grietas en suelos...  Revisión del Plan de control de plagas	
	Almacenes y salas de usos especiales.	Máximo aislamiento e impermeabilización en zona de contacto del suelo con los locales.		
	Plantas ornamentales	Plan de prevención y control de plagas	Revisión del Plan de control de plagas	
<b>VENTILACION</b>	Instalaciones de acondicionamiento de aire.	Correcta ubicación de tomas de aire exterior Determinación de caudales de ventilación adecuados Sistemas de control del sistema de climatización y ventilación Selección de sistemas de purificación acorde a los niveles de contaminación exterior Plan de prevención de CAI en reformas y obras	Revisión de sistemas de ventilación Revisión y sustitución de sistemas de purificación Cumplimiento RITE	Dióxido de carbono Partículas Temperatura Humedad relativa Tasa renovación aire

Fuente: Elaboración propia

### C. Evaluación

La **evaluación de la calidad del aire** en ambientes interiores y su gestión requiere de la aplicación de valores de referencia o

estándares, al igual que ocurre con la calidad del aire exterior o aire ambiente y con los ambientes laborales. Un valor de referencia debería representar un nivel de concentración que para la mayoría de

individuos suponga la ausencia de efectos perjudiciales sobre la salud, y cuando se exceda, requiera emprender acciones para asegurar su reducción en el edificio afectado.

Los valores recomendados para contaminantes en aire establecen un nivel o concentración referido a un tiempo promedio de exposición y también suelen establecer un método de medición. El establecimiento de valores límites de referencia para aire interior presenta ciertas dificultades que deben abordarse siempre bajo la perspectiva de la salud y el confort de los usuarios, priorizando el control y seguimiento de los contaminantes según tipo de efectos negativos en salud y/o frecuencia...

En la actualidad, para la mayoría de los contaminantes no existe un único valor límite recomendado de aceptación general. En la práctica se toman a menudo como referencia los valores documentados para ambientes laborales o los establecidos para la calidad de aire ambiente exterior, ya que generalmente, los efectos en salud de un contaminante no varían dependiendo del medio en que se encuentre.

### Valores de referencia en el aire ambiente y en el ámbito laboral

Los estándares que se refieren a la calidad del aire exterior tienen como finalidad la protección de la población en general frente a los efectos adversos sobre la salud y sólo consideran aquellos compuestos que pueden estar presentes, de forma habitual, en el aire

exterior. En algunas ocasiones, la concentración de éstos es notablemente mayor en el ambiente interior e incluso pueden llegar a combinarse entre ellos, por ejemplo d-limoneno y ozono. Estos criterios de calidad deberán tenerse en consideración en los procedimientos de toma de muestras, ya sea para llevar a cabo el diagnóstico de situación o como medida de actuación para el control, vigilancia o evaluación del Plan.

### Valores de referencia ambientales

Los valores de referencia que se indican a continuación son los establecidos **en las normativas vigentes** y por lo tanto de obligado cumplimiento. En caso, de carecer de regulación, se aplicarán de forma prioritaria los valores recomendados por Organismos Sanitarios (OMS, CDC, etc...). Asimismo, y en el caso de que no se dieran los supuestos anteriores, también se indican los valores prescritos por otros Organismos reconocidos en la materia. (Normas UNE/EN/ISO, EPA, ACGIH, etc...).

**Ministerio de la Presidencia.** En nuestro país, el Ministerio de la Presidencia ha promulgado el *Real Decreto 102/2011, de 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire* que define y establece valores límite para la protección de la salud para una serie de compuestos presentes en el aire ambiente.

**EPA (Environmental Protection Agency).** En EE.UU, la Agencia de Protección Medioambiental también establece estándares de calidad del aire exterior que son de dos tipos.

Los estándares primarios, que fijan límites destinados a proteger la salud pública, incluyendo a la población más sensible tales como asmáticos, niños y ancianos, y los estándares secundarios que fijan límites para proteger el bienestar de la población y otros daños como a la vegetación, animales, edificios...

**OMS.** Este organismo actualiza periódicamente unas Directrices sobre Calidad del Aire con valores guía que son niveles de contaminación del aire por debajo de los cuales la exposición crónica o la exposición durante un tiempo dado no constituye un riesgo significativo para la salud, pero si se superan esos niveles se incrementa el riesgo de estos efectos adversos, aunque no significa que se produzcan automáticamente.

Estos valores están basados en datos epidemiológicos y toxicológicos de un contaminante inhalado, con independencia de que se encuentre en aire interior o exterior, obtenidos de la relación exposición-respuesta característica de cada contaminante, utilizando los conceptos de "Nivel sin efecto adverso observado" - "Nivel sin efecto observado" (NOAEL - NOEL) y de "Nivel con efecto adverso observado más bajo" - "Nivel con efecto observado más bajo" (LOAEL - LOEL) a los que se aplican factores de seguridad en función de la incertidumbre de los datos.

Puesto que la contaminación, tanto en espacios interiores como al aire libre, constituye un grave problema de salud que afecta a los países desarrollados y en desarrollo por igual, estas Directrices están concebidas para ofrecer una orientación mundial a la hora de reducir las

repercusiones sanitarias de la contaminación del aire. Las primeras directrices, publicadas en 1987 y actualizadas en 1997, se circunscribían al ámbito europeo.

Las nuevas *Directrices sobre Calidad del Aire*, elaboradas en 2005 son aplicables a todo el mundo y se basan en una evaluación de pruebas científicas actuales llevada a cabo por expertos. En ellas se recomiendan nuevos límites de concentración de algunos contaminantes en el aire: material particulado (PM), ozono (O<sub>3</sub>), dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>) y dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>). Además de los valores recomendados, las Directrices proponen, en cuanto a la contaminación ambiental, unas metas provisionales para cada contaminante con el fin de fomentar la reducción gradual de las concentraciones, ya que de alcanzarse estas metas, cabría esperar una considerable reducción del riesgo de efectos agudos y crónicos sobre la salud.

Los nuevos límites establecidos están fundamentados en:

- ✗ Existen graves riesgos para la salud derivados de la exposición al PM y al O<sub>3</sub> en numerosas ciudades de los países desarrollados y en desarrollo. Es posible establecer una relación cuantitativa entre los niveles de contaminación y resultados concretos relativos a la salud, como el aumento de la mortalidad o la morbilidad. Este dato resulta útil para comprender las mejoras que cabría esperar en materia de salud si se reduce la contaminación del aire.
- ✗ Los contaminantes atmosféricos, incluso en concentraciones relativamente bajas, se han relacionado

con una serie de efectos adversos para la salud (Tabla 16).

La mala calidad del aire en espacios interiores puede suponer un riesgo para la salud de más de la mitad de la población mundial, sobre todo en colectivos más vulnerables como son los niños. En este sentido, la OMS ha realizado un informe "Ambiente escolar: Políticas y estado actual"

(2015), que incluye un resumen de las políticas existentes para promover entornos saludables en escuelas y guarderías, además de considerar los factores de riesgo ambientales en estos establecimientos, que no sólo pueden ser causa de enfermedades y otros síntomas adversos para la salud, sino también afectar negativamente al aprendizaje y rendimiento académico de los alumnos.

Tabla 16. Valores guía de la OMS de contaminantes ambientales, basado en efectos conocidos para la salud, Año 2005.

Compuesto	Efectos en salud	Valor guía	Tiempo de exposición
Dióxido de azufre	Cambios en la función pulmonar en asmáticos. Aumento de los síntomas respiratorios en individuos sensibles	500 µg/m <sup>3</sup>	10 minutos
		125 µg/m <sup>3</sup>	24 horas
		50 µg/m <sup>3</sup>	1 año
Dióxido de nitrógeno*	Síntomas respiratorios, broncoconstricción, aumento de la reactividad bronquial, inflamación de las vías respiratorias y disminución de la inmunodefensa, lo que lleva a un aumento de la susceptibilidad a infección respiratoria	200 µg/m <sup>3</sup>	1 hora
		40 µg/m <sup>3</sup>	1 año
Monóxido de carbono*	Reducción relacionada con la exposición aguda de la tolerancia al ejercicio y aumento de los síntomas de la enfermedad cardíaca isquémica	100 mg/m <sup>3</sup>	15 minutos
		35 mg/m <sup>3</sup>	1 hora
		10 mg/m <sup>3</sup>	8 horas

	(por ejemplo, cambios en el segmento ST)	7 mg/m <sup>3</sup>	24 horas
<b>Ozono</b>	Respuestas de la función respiratoria	120 µg/m <sup>3</sup>	8 horas
<b>Formaldehído*</b>	Irritación sensorial El valor guía (válido para periodo de 30 minutos) también prevendrá efectos en la función pulmonar, así como el cáncer nasofaríngeo y leucemia mieloide	100 µg/m <sup>3</sup>	30 minutos
<b>Plomo</b>	Nivel crítico de Pb en sangre <100-150 µg Pb/l	0,5 µg/m <sup>3</sup>	1 año
<b>Acroleína</b>	Irritación ocular en humanos	50 µg/m <sup>3</sup>	30 minutos
<b>Diclorometano</b>	Formación de COHb en sujetos normales	3 mg/m <sup>3</sup>	24 horas
<b>Estireno</b>	Efectos neurológicos en trabajadores	260 µg/m <sup>3</sup>	1 semana
<b>Tolueno</b>	Efectos sobre el sistema nervioso central en trabajadores	260 µg/m <sup>3</sup>	1 semana
<b>Xileno</b>	Efectos sobre el sistema nervioso central en voluntarios humanos	4.800 µg/m <sup>3</sup>	24 horas
	Neurotoxicidad en ratas	870 µg/m <sup>3</sup>	1 año

\*Valores Año 2010. Directrices de la OMS para la calidad del aire interior: contaminantes seleccionados.

### Valores límites de exposición laboral.

En los ambientes laborales u ocupacionales, se aplican valores límites de exposición laboral, referidos a población en edad de trabajar y expuestos durante un periodo de tiempo concreto, por lo que no pueden ser

aplicados directamente a la población general en ambientes interiores sin efectuar una adaptación a las distintas condiciones de exposición.

Para conseguirlo deben aplicarse factores de corrección para compensar los distintos

tiempos de exposición en ambientes laborales, (estimado en 40 horas/semana, mediante exposición de 8 horas diarias repetidas durante 5 días consecutivos cada semana) y en ambientes interiores, y las diferencias en la población expuesta en dichos ambientes en cuanto a edad y estado de salud. Por esta razón, en algunos casos, se ha propuesto aplicar a estos valores factores de corrección de 1/10 e incluso más limitativos.

**INSHT.** En España son de aplicación los **valores límites ambientales (VLA)** que son *“los valores de referencia para concentraciones de los agentes químicos en el aire, para los que se cree, en base a conocimientos actuales, que la mayoría de los trabajadores pueden estar expuestos sin sufrir efectos adversos”*. Los VLA están elaborados por el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT) como límites de exposición profesional. Existen dos tipos de valores:

- ✗ **VLA-ED (Exposición Diaria).** Es la concentración media ponderada en el tiempo, de un agente químico en el aire, para una jornada normal de trabajo de 8 horas y una semana laboral de 40 horas, a la que se cree que la mayoría de los trabajadores pueden estar expuestos día tras día, durante toda su vida laboral, sin sufrir efectos adversos para su salud.
- ✗ **VLA-EC (Exposición de corta duración).** Es la concentración media del agente químico en la zona de respiración del trabajador, medida o calculada para

cualquier período de 15 minutos a lo largo de la jornada laboral, excepto para aquellos agentes químicos para los que se especifique un período de referencia inferior, en la lista de Valores Límite.

También está definido el **Indicador Biológico (IB)**, que sería un parámetro apropiado en un medio biológico del trabajador, que se mide en un momento determinado, y está asociado, directa o indirectamente, con la exposición global, es decir, por todas las vías de entrada, a un agente químico. Como medios biológicos se utilizan el aire exhalado, la orina, la sangre y otros. Según cuál sea el parámetro, el medio en que se mida y el momento de la toma de muestra, la medida puede indicar la intensidad de una exposición reciente, la exposición promedio diaria o la cantidad total del agente acumulada en el organismo, es decir, la carga corporal total.

Se consideran dos tipos de indicadores biológicos:

- ✗ **IB de dosis.** Es un parámetro que mide la concentración del agente químico o de alguno de sus metabolitos en un medio biológico del trabajador expuesto.
- ✗ **IB de efecto.** Es un parámetro que puede identificar alteraciones bioquímicas reversibles, inducidas de modo característico por el agente químico al que está expuesto el trabajador.

Por otra parte, en EE.UU existen tres instituciones que tienen establecidos valores

límites para contaminantes químicos en el ambiente de trabajo:

- ✗ Occupational Safety and Health Administration (OSHA).
- ✗ National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH).
- ✗ American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH).

**OSHA.** La Administración de Salud y Seguridad Ocupacional Americana es el órgano de la Administración federal con competencia en el establecimiento de normas legales relativas a la prevención de riesgos y promoción de la salud en el ámbito laboral. Los valores que propone la OSHA se denominan "Permissible Exposure Limits" (PEL) y son los únicos que tienen validez desde el punto de vista legal.

- ✗ **Límite de exposición permisible (PEL).** Es la cantidad máxima o concentración de un producto químico a la que un trabajador puede estar expuesto y que puede definirse de dos formas diferentes:
- ✗ **Valores techo.** Este límite de exposición no debe ser excedido en ningún momento. A veces se denota con la letra C (del inglés "ceiling", que significa "techo").
- ✗ **Medias ponderadas de 8 horas (TWA).** Valor medio de exposición durante un turno de 8 horas. Los niveles TWA son normalmente más bajos que los valores techo. De esta forma, un trabajador puede estar expuesto a un nivel más alto que el TWA durante parte del día (pero más bajo que el valor techo) siempre y

cuando la exposición sea a valores por debajo del TWA durante el resto del día.

**NIOSH.** Es una institución dependiente de la Administración Federal de EE.UU que, entre otras actividades, desarrolla y revisa periódicamente recomendaciones para límites de exposición a sustancias potencialmente peligrosas en el ámbito de trabajo. Estas recomendaciones son publicadas y tenidas en cuenta por los organismos competentes de la Administración para su empleo en la promulgación de normas legales. Los valores que establece el NIOSH se denominan "Recommended Exposure Limits" (REL) y no tienen valor legal.

**ACGIH.** La Conferencia Americana de Higienistas Industriales del Gobierno de Estados Unidos es una asociación que agrupa a profesionales de la salud laboral que desarrollan su labor en instituciones públicas y universidades de todo el mundo. Estos valores TLV son sólo unos límites recomendados. Normalmente, cuando se citan los valores TLV de USA sin más especificación se está haciendo referencia a los valores propuestos por la ACGIH. También han establecido unos valores límites recomendados con criterios técnicos de exposición semejantes a los VLA, **Threshold Limit Values o valores límite umbral (TLV)** que se basan en criterios científicos de protección de la salud, estableciendo un valor de referencia para una exposición segura de los trabajadores ante un agente químico o físico:

- ✗ **TLV-TWA: Límite de Exposición Permissible-Media de Tiempo Ponderado** (time weighted average). Se define como la concentración media de

contaminante para una jornada de 8 horas diarias o 40 semanales, a la que la mayoría de los trabajadores pueden estar expuestos sin sufrir efectos adversos. Se calcula la media de las exposiciones producidas en el tiempo.

✗**TLV-STEL: valor límite umbral de exposición de corta duración** (short term exposure level). Es el nivel de exposición a corto plazo que se define como “límites de exposición que no deben durar más de 15 minutos, que no deben repetirse más de cuatro veces por día y que deben estar espaciados en el tiempo al menos 1 hora”.

✗**TLV-C (ceiling): valor límite umbral-techo.** Es la concentración del contaminante que no debe superarse en ningún momento de la jornada laboral.

Tanto los TLVs como los VLAs se refieren a niveles de contaminante en el ambiente, pero también existen criterios biológicos de valoración, que se refieren a valores límite del contaminante, sus metabolitos o bien otros parámetros como enzimas, medidos en el propio trabajador.

Los valores límites biológicos que propone la ACGIH son los **BEIs (Biological Exposure Index) o Indicadores Biológicos de Exposición**, que permiten comparar el nivel máximo recomendable con el nivel de contaminante que encontramos en el trabajador.

Todos estos índices (TLV y BEIs) no mantienen un valor fijo en el tiempo y evolucionan debido a los avances científicos, adopción de criterios de salud más estrictos, por lo que se recomienda consultar la edición más reciente de estos valores.

## CO

Normativa-Valores de referencia	Tiempo de exposición	Valores límites ambientales
R.D 102/2011, relativo a la mejora de la calidad del aire  (Valor límite para la protección de la salud)	Media de 8 horas máxima en un día	10 mg/m <sup>3</sup>
<b>INSHT (2018)</b>	8 horas diarias	VLA-ED*: 23 mg/m <sup>3</sup> (20 ppm)
<b>OMS</b>	15 minutos	100 mg/m <sup>3</sup>
	1 hora	35 mg/m <sup>3</sup>
	8 horas	10 mg/m <sup>3</sup>
	24 horas	7 mg/m <sup>3</sup>



EPA	8 horas promedio	10 mg/m <sup>3</sup> (9 ppm)
	1 hora promedio	40 mg/m <sup>3</sup> (35 ppm)
OSHA	8 horas media ponderada	PEL-TWA: 55 mg/m <sup>3</sup> (50 ppm)
ACGIH	8 horas diarias	TLV-TWA: 25 ppm
UNE 171330-2:2014. Calidad ambiental en interiores. Parte 2: Procedimientos de Inspección de calidad ambiental interior.		< 5 ppm

*\*Para este agente existe un periodo transitorio, que terminará, a más tardar, el 21 de agosto de 2023, para los sectores de la minería subterránea y la construcción de túneles. Durante dicho periodo transitorio, los Estados miembros podrán seguir aplicando el valor límite nacional vigente el 1 de febrero de 2017. Se reevaluará su aplicabilidad en dichos sectores antes de que finalice este periodo.*

## CO<sub>2</sub>

Normativa-Valores de referencia	Tiempo de exposición	Valores límites ambientales
R.D. 1027/2007, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios. Concentración de CO <sub>2</sub> en locales con elevada actividad metabólica, por encima de la concentración en el aire exterior	-----	IDA* 1.- 350 ppm
	-----	IDA* 2.- 500 ppm
	-----	IDA* 3.- 800 ppm
	-----	IDA* 4.- 1.200 ppm
INSHT (2018)	8 horas diarias	VLA-ED: 5.000 ppm (9.150 mg/m <sup>3</sup> )
OSHA	8 horas diarias	TLV-TWA.: 9.000 mg/m <sup>3</sup> (5.000 ppm)
ACGIH	8 horas diarias	TLV-TWA: 9.000 mg/m <sup>3</sup> (5.000 ppm)
	15 minutos	TLV-STEL: 54.000 mg/m <sup>3</sup> (30.000 ppm)
UNE 171330-2: 2014. Calidad ambiental en interiores. Parte 2: Procedimientos de Inspección de calidad ambiental interior.		Interior-Exterior:<500 ppm Valor Límite Máximo: 2.500 ppm

*\* Según categorías descritas en Tabla 11.*

**NO<sub>2</sub>**

Normativa-Valores de referencia	Tiempo de exposición	Valores límites ambientales
<b>R.D. 102/2011</b> , relativo a la mejora de la calidad del aire  (Valor límite horario y anual para la protección de la salud)	Promedio: 1 hora	200 µg/m <sup>3</sup> de NO <sub>2</sub> que no podrán superarse en más de 18 ocasiones por año civil.
	Promedio: 1 año civil	40 µg/m <sup>3</sup> de NO <sub>2</sub>
	Umbral de alerta	400 µg/m <sup>3</sup> de NO <sub>2</sub>  Cuando se exceda durante tres horas consecutivas dicho valor cada hora en lugares representativos de la calidad del aire, como mínimo en un área de 100 km <sup>2</sup> o en una zona entera, tomando la superficie que sea menor.
<b>INSHT (2018)</b>	8 horas diarias	VLA-ED*: 0,96 mg/m <sup>3</sup> (0,5 ppm)
	15 minutos	VLA-EC*: 1,91 mg/m <sup>3</sup> (1 ppm)
<b>OMS</b>	Media de 1 hora	200 µg/m <sup>3</sup>
	Media anual	40 µg/m <sup>3</sup>
<b>EPA</b>	Media aritmética anual	0,053 ppm (100 µg/m <sup>3</sup> )
	Promedio de 1 hora	0,1 ppm
<b>OSHA</b>	Valor techo	C: 9 mg/m <sup>3</sup> (5 ppm)
<b>ACGIH</b>	8 horas diarias	TLV-TWA: 0,2 ppm

*\*Para este agente existe un periodo transitorio, que terminará, a más tardar, el 21 de agosto de 2023, para los sectores de la minería subterránea y la construcción de túneles. Durante dicho periodo transitorio, los Estados miembros podrán seguir aplicando el valor límite nacional vigente el 1 de febrero de 2017. Se reevaluará su aplicabilidad en dichos sectores antes de que finalice este periodo.*



## SO<sub>2</sub>

Normativa-Valores de referencia	Tiempo de exposición	Valores límites ambientales
<b>R.D 102/2011</b> relativo a la mejora de la calidad del aire  (Valor límite horario y anual para la protección de la salud)	Promedio: 1 hora	350 µg/m <sup>3</sup> que no podrán superarse en más de 24 ocasiones por año civil.
	Promedio: 24 horas	125 µg/m <sup>3</sup> , que no podrán superarse en más de 3 ocasiones por año civil.
	Umbral de alerta	500 µg/m <sup>3</sup>  Cuando se exceda durante tres horas consecutivas dicho valor cada hora en lugares representativos de la calidad del aire, como mínimo en un área de 100 km <sup>2</sup> o en una zona entera, tomando la superficie que sea menor.
<b>INSHT (2018)</b>	8 horas diarias	VLA-ED: 1,32 mg/m <sup>3</sup> (0,5 ppm)
	15 minutos	VLA-EC: 2,64 mg/m <sup>3</sup> (1 ppm)
<b>OMS</b>	Promedio 10 minutos	500 µg/m <sup>3</sup>
	Promedio 24 horas	20 µg/m <sup>3</sup>
<b>EPA</b>	Promedio 1 hora (primario)	0,075 ppm
	Promedio 3 horas (secundario)	0,50 ppm
<b>OSHA</b>	8 horas diarias	PEL-TWA: 13 mg/m <sup>3</sup> (5 ppm)
<b>ACGIH</b>	15 minutos	TLV-STEL: 0,25 ppm

O<sub>3</sub>

Normativa-Valores de referencia	Tiempo de exposición	Valores límites ambientales
<p><b>R.D 102/2011</b> relativo a la mejora de la calidad del aire</p> <p>(Valor objetivo para la protección de la salud)</p>	<p>8 horas (media octohoraria máxima en 1 día)</p> <p>Valor objetivo a largo plazo para protección salud</p> <p>Umbral de información</p> <p>Umbral de alerta</p>	<p>120 µg/m<sup>3</sup> que no deberá superarse más de 25 días por cada año civil de promedio en un período de 3 años</p> <p>120 µg/m<sup>3</sup></p> <p>180 µg/m<sup>3</sup> (como valor medio de 1 hora)</p> <p>240 µg/m<sup>3</sup> (como valor medio de 1 hora, la superación se debe medir o prever durante 3 horas consecutivas)</p>
<b>INSHT (2018)</b>	8 horas diarias	<p>Trabajo pesado: 0,1 mg/m<sup>3</sup>, (0,05 ppm)</p> <p>Trabajo moderado: 0,16 mg/ m<sup>3</sup>,(0,08 ppm)</p> <p>Trabajo Ligero: 0,2 mg/m<sup>3</sup>, (0,1 ppm)</p> <p>Trabajo pesado, moderado o ligero (≤ 2 horas): 0,4 mg/m<sup>3</sup>, (0,2 ppm)</p>
<b>OMS</b>	Promedio 8 horas	100 µg/m <sup>3</sup>
<b>EPA</b>	Promedio 8 horas	0,07 ppm
<b>OSHA</b>	8 horas diarias	PEL-TWA: 0,2 mg/m <sup>3</sup> (0,1 ppm)
<b>ACGIH</b>	8 horas diarias	TLV-TWA: 0,05-0,2 ppm en función de la carga de trabajo y el tiempo

## PM10

Normativa-Valores de referencia	Tiempo de exposición	Valores límites ambientales
R.D. 102/2011, relativo a la mejora de la calidad del aire  (Valor límite diario y anual en condiciones ambientales para la protección de la salud)	24 Horas  1 año	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ que no podrán superarse en más de 35 ocasiones por año  40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
INSHT (2018) Partículas (insolubles o poco solubles) no especificadas de otra forma	8 horas diarias	Fase inhalable: 10 $\text{mg}/\text{m}^3$
	8 horas diarias	Fase respirable: 3 $\text{mg}/\text{m}^3$
OMS	Promedio 24 horas	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	Promedio anual	20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
EPA	Promedio 24 horas	150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Los niveles en aire ambiente (valor objetivo) para el arsénico, cadmio, níquel y benzo(a) pireno en condiciones ambientales, en la fracción PM<sub>10</sub> como promedio durante un año natural son:

Contaminante	Nivel objetivo
Arsénico (As)	6 $\text{ng}/\text{m}^3$
Cadmio (Cd)	5 $\text{ng}/\text{m}^3$
Níquel (Ni)	20 $\text{ng}/\text{m}^3$
Benzo (a) pireno (B(a)P)	1 $\text{ng}/\text{m}^3$

**PM2.5**

Normativa-Valores de referencia	Tiempo de exposición	Valores límites ambientales
R.D. 102/2011, relativo a la mejora de la calidad del aire  (Valor límite diario y anual para la protección de la salud)	1 año civil Valor objetivo anual	25 µg/m <sup>3</sup>
	Valor límite anual. Fase I (desde 1 enero de 2015)	25 µg/m <sup>3</sup>
	Valor límite anual. Fase II (desde 1 enero de 2020)	20 µg/m <sup>3</sup>
OMS	Promedio 24 horas	25 µg/m <sup>3</sup>
	Promedio anual	10 µg/m <sup>3</sup>
EPA	Promedio 24 horas	35 µg/m <sup>3</sup>
	Promedio anual	12 µg/m <sup>3</sup>
UNE 171330-2: 2014. Calidad ambiental en interiores. Parte 2: Procedimientos de Inspección de calidad ambiental interior	PM <sub>2,5</sub>	< 20 µg/m <sup>3</sup> Valor Límite Máximo: 1.000 µg/m <sup>3</sup>
	Conteo de partículas	Clase ISO 9 <35.200.000 part. de 0,5 micras/m <sup>3</sup>

**Benceno**

Normativa-Valores de referencia	Tiempo de exposición	Valores límites ambientales
R.D. 102/2011, relativo a la mejora de la calidad del aire (Valor límite anual para la protección de la salud)	Año civil	5 µg/m <sup>3</sup>
INSHT (2018)	8 horas diarias	VLA-ED: 3,25 mg/m <sup>3</sup> (1 ppm)



## Amianto

Normativa-Valores de referencia	Tiempo de exposición	Valores límites ambientales
R.D. 396/2006, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud aplicables a los trabajos con riesgo de exposición al amianto	8 horas diarias	0,1 fibras/cm <sup>3</sup>
INSHT (2018)	8 horas diarias	VLA-ED: 0,1 fibras/cm <sup>3</sup>

## Fibras vítreas artificiales (fibra de vidrio, lana mineral, etc.)

Normativa-Valores de referencia	Tiempo de exposición	Valores límites ambientales
INSHT (2018)	8 horas diarias	VLA-ED: 1 fibra/cm <sup>3</sup>
UNE 171330-2: 2014. Calidad ambiental en interiores. Parte 2: Procedimientos de Inspección de calidad ambiental interior		0,1 fibra/cm <sup>3</sup>

## Radón

Normativa-Valores de referencia	Tiempo de exposición	Valores límites ambientales
<b>R.D. 783/2001</b> , por el que se aprueba el Reglamento sobre protección sanitaria contra radiaciones ionizantes. (* Nueva normativa, en fase de proyecto y pendiente de aprobación y publicación)	5 años oficiales consecutivos. Límite de dosis efectiva para trabajadores expuestos.	100 mSv
	1 año oficial (365 días) Límite de dosis efectiva máxima para trabajadores expuestos.	50 mSv
	1 año oficial. Límite de dosis efectiva para la población no expuesta.	1 mSv
<b>UNE 171330-2: 2014.</b> Calidad ambiental en interiores. Parte 2: Procedimientos de Inspección de calidad ambiental interior		200 Bq/m <sup>3</sup>

## Compuestos Orgánicos Volátiles. Valores Límite Ambientales del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo. Año 2018

Compuesto	Tiempo de exposición	Valores límites ambientales
<b>Formaldehído</b>	8 horas diarias	VLA-ED: 0,37 mg/m <sup>3</sup> (0,3 ppm)
	15 minutos	VLA-EC: 0,74 mg/m <sup>3</sup> (0,6 ppm)
<b>Tolueno</b>	8 horas diarias	VLA-ED: 192 mg/m <sup>3</sup> (50 ppm)
	15 minutos	VLA-EC: 384 mg/m <sup>3</sup> (100 ppm)
<b>Xileno</b>	8 horas diarias	VLA-ED: 221 mg/m <sup>3</sup> (50 ppm)
	15 minutos	VLA-EC: 442 mg/m <sup>3</sup> (100 ppm)



Continuación de Compuestos Orgánicos Volátiles.

Compuesto	Tiempo de exposición	Valores límites ambientales
D-Limoneno	8 horas diarias	VLA-ED: 168 mg/m <sup>3</sup> (30 ppm)
1,3 butadieno	8 horas diarias	VLA-ED: 4,5 mg/m <sup>3</sup> (2 ppm)
Percloroetileno	8 horas diarias	VLA-ED: 138 mg/m <sup>3</sup> (20 ppm)
	15 minutos	VLA-EC: 275 mg/m <sup>3</sup> (40 ppm)
Estireno	8 horas diarias	VLA-ED: 86 mg/m <sup>3</sup> (20 ppm)
	15 minutos	VLA-EC: 172 mg/m <sup>3</sup> (40 ppm)
Nicotina	8 horas diarias	VLA-ED: 0,5 mg/m <sup>3</sup>

Temperatura

Normativa-Valores de referencia	Tipo de edificios	Valores límites de la temperatura del aire
R.D. 1.826/2009, por el que se modifica el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Administrativo</li> <li>2. Comercial: tiendas, supermercados, grandes almacenes, centros comerciales y similares.</li> <li>3. Pública concurrencia:                             <ol style="list-style-type: none"> <li>a) culturales (teatros, cines, auditorios, centros de congresos, salas de exposiciones y similares)</li> <li>b) Establecimientos de espectáculos públicos y actividades recreativas.</li> <li>c) Restauración: bares, restaurantes y cafeterías.</li> <li>d) Transporte de personas: estaciones y aeropuertos</li> </ol> </li> </ol>	Recintos* calefactados: ≤ 21 °C Recintos* refrigerados: ≥ 26 °C Humedad relativa: 30-70%

\*Cuando para ello requiera consumo de energía convencional.

Estas limitaciones de temperatura se entenderán sin perjuicio de lo establecido en el anexo III del Real Decreto 486/1997 de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.

## Ruido

Las exigencias de protección frente al ruido procedente del exterior establecidas en el Documento Básico de Protección frente al ruido (DB-HR) son:

**Valores de aislamiento acústico a ruido aéreo,  $D_{2m,nT,Atr}$ , en dBA, entre un recinto protegido y el exterior, en función del índice de ruido día,  $L_d$**

$L_d$ dBA	Uso del edificio			
	Residencial y hospitalario		Cultural, sanitario <sup>(1)</sup> , docente y administrativo	
	Dormitorios	Estancias	Estancias	Aulas
$L_d \leq 60$	30	30	30	30
$60 < L_d \leq 65$	32	30	32	30
$65 < L_d \leq 70$	37	32	37	32
$70 < L_d \leq 75$	42	37	42	37
$L_d > 75$	47	42	47	42

<sup>(1)</sup>En edificios de uso no hospitalario, es decir, edificios de asistencia sanitaria de carácter ambulatorio, como despachos médicos, consultas, áreas destinadas al diagnóstico y tratamiento, etc.

Los objetivos de calidad acústica para ruido aplicables al espacio interior habitable de edificaciones destinadas a vivienda, usos residenciales, hospitalarios, educativos o

culturales establecidos en el Anexo II del Real Decreto 1367/2007 en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas son:

Uso del edificio	Tipo de recinto	Índices de ruido		
		$L_d$	$L_e$	$L_n$
Vivienda o uso residencial	Estancias	45	45	35
	Dormitorios	40	40	30
Hospitalario	Zonas de estancia	45	45	35
	Dormitorios	40	40	30
Educativo o cultural	Aulas	40	40	40
	Salas de lectura	35	35	35

Estos valores se refieren a los valores del índice de inmisión resultantes del conjunto de emisores acústicos que inciden en el interior del recinto (instalaciones del propio edificio, actividades que se desarrollan en el

propio edificio o colindantes, ruido ambiental transmitido al interior). Los objetivos de calidad aplicables en el espacio interior están referenciados a una altura de entre 1,2 m y 1,5 m.

## Contaminantes biológicos

Actualmente no existe ninguna normativa legal sobre valores límites de contaminantes biológicos en el ambiente interior. En nuestro país, el Real Decreto 664/1997 sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos durante el trabajo, regula este aspecto en el ámbito laboral.

La norma UNE 171330-2: 2014. Calidad ambiental en interiores. Parte 2:

Procedimientos de inspección de calidad ambiental interior, establece para un edificio en condiciones de operación normal los siguientes valores:

Relación interior/externo	Bacterias	Hongos
Exterior	1	1
Interior: en salida de difusores de impulsión de aire	<1,5	<0,5
Interior: en área ocupada según la definición de esta norma	<1,75	<0,75



6

Legislación

- ✗ **Recomendación de la Comisión de 21 de febrero de 1990** relativa a la protección de la población contra los peligros de una exposición a radón en el interior de edificios (90/143/Euratom).
- ✗ **Real Decreto 486/1997, de 14 de abril**, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- ✗ **Real Decreto 783/2001, de 6 de julio**, por el que se aprueba el Reglamento sobre protección sanitaria contra radiaciones ionizantes.
- ✗ **Real Decreto 1066/2001, de 28 de septiembre**, por el que se aprueba el Reglamento que establece las condiciones de protección del dominio público radioeléctrico, restricciones a las emisiones radioeléctricas y medidas de protección sanitaria frente a emisiones radioeléctricas.
- ✗ **Directiva 2001/90/CE, de 26 de octubre**, por la que se adapta al progreso técnico por séptima vez el anexo I de la Directiva 76/769/CEE del Consejo, relativa a la aproximación de las disposiciones legales, reglamentarias y administrativas de los Estados miembros que limitan la comercialización y el uso de determinadas sustancias y preparados peligrosos (creosota).
- ✗ **Orden PRE/2666/2002, de 25 de octubre**, por la que se modifica el anexo I del 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.
- ✗ **Real Decreto 117/2003, de 31 de enero**, sobre limitación de emisiones de COV debidas al uso de disolventes en determinadas actividades.
- ✗ **Real Decreto 140/2003, de 7 de febrero**, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano.
- ✗ **Directiva 2003/18/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 27 de marzo de 2003**, por la que se modifica la Directiva 83/477/CEE del Consejo sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al amianto durante el trabajo.
- ✗ **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.
- ✗ **Ley 37/2003, de 17 de noviembre**, del Ruido.
- ✗ **Real Decreto 1513/2005, de 16 de diciembre**, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre del Ruido, en lo referente a la evaluación y gestión de ruido ambiental.
- ✗ **Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo**, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.
- ✗ **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.

- ✗ **Real Decreto 1299/2006, de 10 de noviembre**, por el que se aprueba el cuadro de enfermedades profesionales en el sistema de la Seguridad Social y se establecen criterios para su notificación y registro.
- ✗ **Reglamento nº 1907/2006 (CE), de 18 de diciembre de 2006**, relativo al Registro, Evaluación y Autorización de Productos Químicos (REACH).
- ✗ **Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio**, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios.
- ✗ **Real Decreto 1367/2007, de 19 de octubre**, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre del Ruido, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas.
- ✗ **Ley 34/2007, de 15 de noviembre**, de calidad del aire y protección de la atmósfera.
- ✗ **Real Decreto 1371/2007, de 19 de octubre**, por el que se aprueba el documento básico «DB-HR Protección frente al ruido» del Código Técnico de la Edificación y se modifica el Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.
- ✗ **Orden VIV/984/2009, de 15 de abril**, por la que se modifican determinados documentos básicos del Código Técnico de la Edificación aprobados por el Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, y el Real Decreto 1371/2007, de 19 de octubre.
- ✗ **Directiva 2008/50/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 21 de mayo de 2008**, relativa a la calidad del aire ambiente y a una atmósfera más limpia en Europa.
- ✗ **Real Decreto 1826/2009, de 27 de noviembre**, por el que se modifica el Reglamento de instalaciones térmicas en los edificios, aprobado por el Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio.
- ✗ **Recomendación del Consejo de 30 de noviembre de 2009**, sobre los entornos libres de humo.
- ✗ **Ley 42/2010, de 30 de diciembre**, por la que se modifica la 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.
- ✗ **Real Decreto 102/2011, de 28 de enero**, relativo a la mejora de la calidad del aire.
- ✗ **Reglamento (UE) nº 528/2012 del Parlamento Europeo y del Consejo de 22 de mayo de 2012** relativo a la comercialización y el uso de los biocidas (BPR).
- ✗ **Orden PRE/928/2012, de 3 de mayo**, por la que se incluye la sustancia activa creosota, en el anexo I del 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.
- ✗ **Real Decreto 1038/2012, de 6 de julio**, por el que se modifica el Real Decreto

1367/2007, de 19 de octubre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del ruido, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones.

- ✘ **Real Decreto 238/2013, de 5 de abril**, por el que se modifican determinados artículos e instrucciones técnicas del Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios, aprobado por Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio.
- ✘ **Directiva 2013/59/Euratom del Consejo de 5 de diciembre de 2013** por la que se establecen normas de seguridad básicas para la protección contra los peligros derivados de la exposición a radiaciones ionizantes, y se derogan las Directivas 89/618/Euratom, 90/641/Euratom, 96/29/Euratom 97/43/Euratom y 2003/122/Euratom.
- ✘ **Reglamento (UE) nº 334/2014 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 11 de marzo de 2014**, por el que se modifica el Reglamento (UE) nº 528/2012, relativo a la comercialización y el uso de los biocidas, en relación con determinadas condiciones de acceso al mercado.
- ✘ **Real Decreto 1150/2015, de 18 de diciembre**, por el que se modifica el Real Decreto 1299/2006, de 10 de noviembre, por el que se aprueba el cuadro de enfermedades profesionales en el Sistema de la Seguridad Social y se establecen criterios para su notificación y registro.
- ✘ **Dictamen del Comité Económico y Social Europeo** sobre «Erradicar el amianto en la UE» (2015/C 251/03).
- ✘ **Real Decreto 314/2016, de 29 de julio**, por el que se modifican el Real Decreto 140/2003, de 7 de febrero, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano, el Real Decreto 1798/2010, de 30 de diciembre, por el que se regula la explotación y comercialización de aguas minerales naturales y aguas de manantial envasadas para consumo humano, y el Real Decreto 1799/2010, de 30 de diciembre, por el que se regula el proceso de elaboración y comercialización de aguas preparadas envasadas para el consumo humano.
- ✘ **Decisión (UE) 2016/1332 de la Comisión de 28 de julio de 2016** por la que se establecen los criterios ecológicos para la concesión de la etiqueta ecológica de la UE al mobiliario [notificada con el número C(2016) 4778].
- ✘ **Real Decreto 579/2017, de 9 de junio**, por el que se regulan determinados aspectos relativos a la fabricación, presentación y comercialización de los productos del tabaco y los productos relacionados.
- ✘ **Real Decreto-Ley 17/2017, de 17 de noviembre**, por el que se modifica la 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, para transponer la Directiva

2014/40/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 3 de abril de 2014.

× Real Decreto 123/2017, de 24 de febrero, por el que se aprueba el Reglamento sobre el uso del dominio público radioeléctrico.

× Norma UNE 400201:1994. Generadores de ozono. Tratamiento de aire. Seguridad química.

× Norma UNE-EN 13725:2004. Calidad de aire. Determinación de la concentración de olor por olfatometría dinámica.

× Norma UNE 100166:2004. Climatización Ventilación de aparcamientos.

× Norma UNE 100012:2005. Higienización de sistemas de climatización.

× Norma UNE 100713-2005. Instalaciones de acondicionamiento de aire de hospitales.

× Norma UNE-EN ISO 7730:2006. Ergonomía del ambiente térmico. Determinación analítica e interpretación del bienestar térmico mediante el cálculo de los índices PMV y PPD y los criterios de bienestar térmico local.

× Norma UNE-EN 13779:2008. Ventilación de los edificios no residenciales. Requisitos de prestaciones de sistemas de ventilación y acondicionamiento de recintos.

× Norma UNE 171330-1:2008. Calidad Ambiental en Interiores. Parte 1: Diagnóstico de calidad ambiental interior.

× Norma UNE 171330-2:2014. Calidad Ambiental en Interiores. Parte 2: Procedimientos de inspección de calidad ambiental interior.

× Norma UNE-EN 16636:2015. Servicios de gestión de plagas. Requisitos y competencias.

× Norma UNE 171350:2016 Calidad ambiental en interiores. Calidad ambiental en hostelería.

× Norma UNE 100030:2017 Prevención y control de la proliferación y diseminación de Legionella en instalaciones.



# 7

Bibliografía

### CALIDAD DEL AIRE

- ✘ Organización Mundial de la Salud. Ambientes saludables y prevención de enfermedades. Hacia una estimación de la carga de morbilidad atribuible al medio ambiente. A. Prüss-Üstün and C. Corvalán. Resumen de Orientación. 2006.
- ✘ Recenser, prévenir et limiter les risques sanitaires environnementaux dans les bâtiments accueillant des enfants. Guide à l'usage des collectivités territoriales. Ministère de l'Écologie, du Développement et de l'Aménagement Durables. République Française.
- ✘ Agents Classified by the IARC Monographs, Volumes 1-119. International Agency for Research on Cancer. OMS.
- ✘ Gestion de la qualité de l'air intérieur. Établissements recevant du public. Guide pratique. Institut de Veille Sanitaire. 2010.
- ✘ Guidelines for indoor air quality: selected pollutants. WHO 2010.
- ✘ Carga ambiental de la enfermedad asociada con una vivienda inadecuada. Una guía de método para la cuantificación de los efectos en la salud de los riesgos de vivienda seleccionados en la Región Europea de la OMS. Informe resumido. WHO 2011.
- ✘ Aránguez E. et als. Calidad del ambiente en espacios interiores. Consejería de Sanidad de la Comunidad de Madrid. Marzo 2012.
- ✘ Una actualización sobre el formaldehído: Comisión de Seguridad de los Productos de Consumo de los Estados Unidos. Enero 2013.
- ✘ Bourru L et als. Guide de la qualité de l'air intérieur. CAPEB/FFB Pays de la Loire. Septembre 2014.
- ✘ Calidad de ambiente interior en oficinas. Documentos divulgativos. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Madrid. Diciembre 2015.
- ✘ School environment: Policies and current status. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe, 2015.
- ✘ Construire sain - Guide à destination des maîtres d'ouvrage et maîtres d'œuvre pour la construction et la rénovation. Ministère de l'Écologie, du Développement et de l'Aménagement Durables ([www.ecologie.gouv.fr](http://www.ecologie.gouv.fr)) [www.sante.gouv.fr](http://www.sante.gouv.fr). Octobre 2015.
- ✘ Fourth National Report on Human Exposure to Environmental Chemicals, Updated Tables. Centers for Disease Control and Prevention National Center for Environmental Health February 2015. [www.cdc.gov/exposurereport](http://www.cdc.gov/exposurereport).
- ✘ Higuero T et als. Guía de calidad del aire interior. D.G de Industria, Energía y Minas de la Comunidad de Madrid. 2016.
- ✘ Guide pratique pour une meilleure qualité de l'air dans les lieux accueillant des

enfants. Ministère de l'Environnement, de l'Énergie et de la Mer. 2016.

✘ Creating age-friendly environments in Europe. A tool for local policy-makers and planners. WHO Regional Office for Europe. 2016.

✘ Evaluación del riesgo para la salud de la contaminación del aire. Principios generales WHO 2016.

✘ Protecting health in Europe from climate change. WHO 2017 update.

✘ Registros e inventarios nacionales de productos químicos: beneficios y enfoques para el desarrollo. OMS 2017.

✘ Evolution of WHO air quality guidelines: past, present and future. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe, 2017.

✘ Herramienta de evaluación de riesgos para la salud humana de la OMS: peligros químicos. 2017.

✘ Baecher C., Pianu B., Ungerer A., Brenguier A., Allard F., Blondeau P., Séraphin G Benchmar. International des politiques publiques de la qualité de l'air. Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie. [www.ademe.fr/mediatheque](http://www.ademe.fr/mediatheque). ADEME. 2017

✘ Guide Qualité de l'air intérieur. Enjeux de bonnes pratiques pour les métiers du bâtiment. Fédération Française du Bâtiment (FFB). Febrero 2017.

✘ Guía de comunicación del riesgo en emergencias de salud pública. OMS, 10 de enero de 2018.

## AMIANTO

✘ Freixa A. NTP 463: Exposición a fibras de amianto en ambientes interiores. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. 1997.

✘ Asbestos in Drinking Water (Background Document for development of Guidelines for Drinking-Water Quality). WHO, 2003.

✘ Guía Técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con la exposición al amianto. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. 2008.

✘ Calleja A, Hernández S y Freixa A. Operaciones de demolición, retirada o mantenimiento con amianto: ejemplos prácticos. Notas Técnicas de Prevención nº 862. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. 2010.

✘ Guidelines for Drinking Water Quality. 4th Edition. WHO, 2011.

✘ Asbestos (Chrysotile, amosite, crocidolite, tremolite, actinolite and anthophyllite) monograph. IARC, 2012. (<http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol100C/mono100C-11.pdf>).

✘ Asbestos-containing Materials (ACMs) in Workplaces. Practical guidelines on ACM Management and Abatement. Health and Safety Authority. Dublin 2013.

✘ Trujillo L, Freixa A y Varela I. Materiales con amianto en viviendas: guía práctica (I). Notas Técnicas de Prevención nº 1006. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. 2014.

- ✘ Trujillo L, Freixa A y Varela I. Materiales con amianto en viviendas: guía práctica (II). Notas Técnicas de Prevención nº 1007. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. 2014.
  - ✘ Towards the elimination of asbestos-related diseases in the WHO European Region. Evaluación de las políticas actuales en los Estados miembros. WHO 2014.
  - ✘ Programa para la vigilancia de la salud de los trabajadores que han estado expuestos a amianto en la Comunidad de Madrid. Informe de seguimiento. Junio 2016. Dirección General de Salud Pública. Consejería de Sanidad.
  - ✘ Informe técnico-sanitario sobre las tuberías de fibrocemento y la calidad de las aguas de consumo. Comisión Técnica de Tratamiento y Calidad del Agua. Asociación Española de Abastecimientos de Agua y Saneamiento. Abril 2017.
- RADÓN**
- ✘ Borja Frutos Vázquez y Manuel Olaya Adán. Protección frente a la inmisión de gas radón en edificios. Colección Informes Técnicos 24.2010. Consejo de Seguridad Nuclear. 2010.
  - ✘ Guía de Seguridad 11.01 Directrices sobre la competencia de los laboratorios y servicios de medida de radón en aire. Consejo de Seguridad Nuclear. 2010.
  - ✘ Guía de Seguridad 11.4 Metodología para la evaluación de la exposición al radón en los lugares de trabajo. Consejo de Seguridad Nuclear. 2012.
  - ✘ Una guía para el ciudadano sobre el radón: la guía para protegerse y proteger a su familia del radón. Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA). Mayo 2012.
  - ✘ Manual de la OMS sobre el radón en interiores. Una perspectiva de salud pública. OMS 2015.
  - ✘ Consumer's Guide to Radon Reduction. How to Fix Your Home. Indoor Air Quality (IAQ). EPA 402/K-10/005. 2016. [www.epa.gov/radon](http://www.epa.gov/radon)
  - ✘ Cartografía de potencial de radón en España. Consejo de Seguridad Nuclear. 2017.
- CONTAMINACIÓN BIOLÓGICA**
- ✘ Guidelines for Indoor Air Quality Dampness and mould. WHO Regional Office for Europe. 2009.
  - ✘ Damp and mould. Health risks, prevention and remedial actions. WHO Regional Office for Europe. 2009.
  - ✘ Una breve guía sobre moho, humedad y su hogar. Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA). Septiembre 2012.
  - ✘ Tordesilla L et als. Mechanisms underlying induction of allergic sensitization by Pru p 3. Clinical and Experimental Allergy 2017

Nov;47(11):1398-1408. doi: 10.1111/cea.12962. Epub 2017 Jul 14.

✘Qualité de l'air intérieur: nouveaux batiments et materiaux, expositions multiples, agents biologiques. Recueil des résumés des travaux de recherche. Colloque de valorisation. Octobre 2016. Campus Saint-Charles de Marseille.

✘Isabel Ruiz-Camps, José María Aguado Benito Almirante et al. Recomendaciones sobre la prevención de la infección fúngica invasora por hongos filamentosos de la Sociedad Española de Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica (SEIMC). Enfermedades Infecciosas Microbiología Clínica. Vol 28, Nº 3. Marzo 2010.

✘Esporas atmosféricas en la Comunidad de Madrid Documentos técnicos de Salud Pública Nº 83. 2003.

✘Polen Atmosférico en la Comunidad de Madrid. Documentos Técnicos de Salud Pública Nº 5. 2001.

✘Guide d'Information Végétation en Ville. Arbres, Arbustes, Plantes et Herbacées. Réseau National de Surveillance Aérobiologique (RNSA) France. 2016

## LEGIONELLA

✘Manual para la Prevención de la Legionelosis en instalaciones de riesgo. Documentos de Sanidad Ambiental. Instituto de Salud Pública. Consejería de Sanidad y Consumo. Comunidad de Madrid. Abril 2006.

✘Guía Técnica para la Prevención y control de la Legionelosis en Instalaciones. Ministerio de Sanidad y Consumo.

✘Prevención y control de la legionelosis: obligaciones de los titulares de torres de refrigeración y condensadores evaporativos. Consejería de Sanidad. Comunidad de Madrid. 2.013.

## PRESENCIA DE ANIMALES Y PLAGAS EN EDIFICIOS Y SU ENTORNO

✘Xavier Bonnefoy, Helge Kampen, Kevin Sweeney. Public Health Significance of Urban Pests. WHO 2008.

✘Training curriculum on invasive mosquitoes and (re-)emerging vector-borne diseases in the WHO European Region. 2016.

✘Guía de mensajes claves para dirigir a individuos y familias sobre la vigilancia y control del Aedes aegypti transmisor del dengue, chikungunya, zika y otras arbovirosis en las Américas.© Organización Panamericana de la Salud, 2016.

✘Guía de Buenas prácticas para la gestión de plagas de aves urbanas. Asociación Nacional de Empresas de Control de Plagas ANECPA. Madrid 2013.

✘Brote de leishmaniosis en Fuenlabrada y otros municipios de la Comunidad de Madrid: el papel de las liebres y los conejos como reservorios. D.G. Salud Pública. Consejería de Sanidad de Madrid. 2107.

✘Dípteros y garrapatas: un problema de salud pública. Uso responsable de

repelentes. D.G. Salud Pública Consejería de Sanidad de Madrid. 2107.

- ✘ Ectoparásitos. Control de insectos y garrapatas que parasitan a perros y gatos. Guía ESCCAP nº 3. Consejo Europeo para el Control de las Parasitosis. Diciembre 2009.

### CAMPOS ELECTROMAGNETICOS

- ✘ Campos Electromagnéticos, Telefonía móvil y Salud Pública. Documentos de Sanidad Ambiental. Dirección General de Salud Pública y Alimentación. 2006.
- ✘ Carcinogenicity of radiofrequency electromagnetic fields. WHO International Agency for Research on Cancer Monograph Working Group. June 2011
- ✘ Alejandro Úbeda Maeso. Campos electromagnéticos y salud resumen ejecutivo. Investigador Jefe de Sección. Servicio Investigación Bioelectromagnética Hospital Ramón y Cajal.
- ✘ Informe sobre radiofrecuencias y salud (2013-2016). Comité Científico Asesor en Radiofrecuencias y Salud.

### RUIDO

- ✘ Carga de la enfermedad por el ruido ambiental. Cuantificación de años de vida saludables perdidos en Europa. OMS 2011.
- ✘ Guía de aplicación del DB-HR. Código Técnico de la edificación. Ministerio de Fomento. Diciembre 2016.
- ✘ Efectos del ruido urbano sobre la salud: estudios de análisis de series temporales realizados en Madrid. Escuela Nacional de Sanidad. Instituto de Salud Carlos III. Ministerio de Economía y Competitividad. Septiembre 2016

### EXPOSICIÓN LABORAL

- ✘ Límites de Exposición Profesional para agentes químicos en España 2018. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT). Madrid 2018



Direcciones  
de interés

## Organismos nacionales

- ✘ Comunidad de Madrid. Consejería de Sanidad. Dirección General de Salud Pública. Área de Sanidad Ambiental Ronda de Segovia 52, 1ª planta. 28.005 Madrid. Tlf: 91 370 20 69.  
[dgorden.sanidadambiental@salud.madrid.org](mailto:dgorden.sanidadambiental@salud.madrid.org).  
[www.madrid.org](http://www.madrid.org).
- ✘ Comunidad de Madrid. Dirección General de Salud Pública. Área Única de Salud Pública
- ✘ Área Única de Salud Pública 147.  
 C/ Cincovillas nº 5. Madrid.  
 Tlf: 91 494 24 79 - 91 205 29 70.  
[saludpublica.area147@salud.madrid.org](mailto:saludpublica.area147@salud.madrid.org)
- ✘ Área Única de Salud Pública 2  
 C/ Océano Pacífico nº 3. Coslada.  
 Tlf: 91 672 32 18.  
[saludpublica.area2@salud.madrid.org](mailto:saludpublica.area2@salud.madrid.org)
- ✘ Área Única de Salud Pública 3.  
 Avda. Reyes Magos s/n. Alcalá de Henares. Tlf: 91 880 60 07.  
[saludpublica.area3@salud.madrid.org](mailto:saludpublica.area3@salud.madrid.org)
- ✘ Área Única de Salud Pública 5  
 C/Blas de Otero 13, 3ª planta.  
 Centro de Especialidades Blas de Otero. Alcobendas.  
 Tlf: 91 490 41 29/30/31.  
[saludpublica.area5@salud.madrid.org](mailto:saludpublica.area5@salud.madrid.org)
- ✘ Área Única de Salud Pública 6  
 Aristóteles s/n. Monterrozas. Las Rozas de Madrid  
 Tlf: 91 227 69 00.  
[saludpublica.area6@salud.madrid.org](mailto:saludpublica.area6@salud.madrid.org)
- ✘ Área Única de Salud Pública 8  
 C/Alonso Cano 8. Móstoles  
 Tlf: 91 621 10 44.  
[saludpublica.area8@salud.madrid.org](mailto:saludpublica.area8@salud.madrid.org)
- ✘ Área Única de Salud Pública 9  
 Avda. de Portugal 2.  
 Centro de Salud María Montessori. Leganés. Tlf: 91 248 49 00.  
[saludpublica.area9@salud.madrid.org](mailto:saludpublica.area9@salud.madrid.org)
- ✘ Área Única de Salud Pública 10  
 C/Alberto Palacios 22. Madrid  
 Tlf: 91 696 41 66.  
[saludpublica.area10@salud.madrid.org](mailto:saludpublica.area10@salud.madrid.org)
- ✘ Área Única de Salud Pública 11  
 C/Alberto Palacios 22. Madrid  
 Tlf: 91 710 96 67.  
[saludpublica.area11@salud.madrid.org](mailto:saludpublica.area11@salud.madrid.org)
- ✘ Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio de la Comunidad de Madrid  
 C/ Alcalá, nº 16.  
 28014 Madrid.  
 Tlf: 91 438 22 00 - 91 438 22 78  
[www.madrid.org](http://www.madrid.org)
- ✘ Ministerio de Sanidad, Consumo y Bienestar Social  
 Paseo del Prado, 18-20.  
 28.014 Madrid.  
 Tlf. 91 596 10 89/90 - 901 400 100  
[www.msssi.gob.es](http://www.msssi.gob.es)
- ✘ Consejo de Seguridad Nuclear.  
 C/Pedro Justo Dorado Dellmans, 11.

28040 Madrid.  
Tel: 91 346 01 00.  
[www.csn.es](http://www.csn.es)

✘ Organismo Autónomo Instituto Regional de Seguridad y Salud en el Trabajo (IRSST).  
C/ Ventura Rodríguez, 7.  
28008 Madrid.  
Tlf: 900 713 123.  
[www.madrid.org](http://www.madrid.org).  
(RERA: Registro de empresas con riesgo por amianto).

✘ Instituto Nacional de Seguridad, Salud y Bienestar en el Trabajo.  
C/Torrelaguna, 73,  
28027 Madrid.  
Tlf: 91 363 41 00.  
[www.insht.es](http://www.insht.es)

✘ Ministerio de Fomento. Dirección General de Arquitectura, Vivienda y Suelo.  
Paseo de la Castellana, 67  
28071 Madrid.  
Tlf: 91 597 70 00.  
[www.codigotecnico.org](http://www.codigotecnico.org)  
(Código técnico de la edificación).

✘ Asociación de Empresas de Desamiantado (ANEDES)  
Tlf: 647 17 80 55  
[www.anedes.org](http://www.anedes.org)

## Organismos internacionales

✘ Organización Mundial de la Salud. (OMS)  
[www.who.int/indoorair/en/](http://www.who.int/indoorair/en/)

✘ Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer. (IARC)  
[www.iarc.fr](http://www.iarc.fr)

✘ Portal de Salud Pública de la Unión Europea. (Portal Salud-UE)  
[www.ec.europa.eu/health-eu/index\\_es.htm](http://www.ec.europa.eu/health-eu/index_es.htm)

✘ Observatorio de la Calidad del Aire Interior (Francia)  
[www.ogai.fr](http://www.ogai.fr)

✘ Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades. (CDC)  
[www.cdc.gov/spanish](http://www.cdc.gov/spanish)

✘ Agencia Europea de Medio Ambiente. (AEMA)  
[www.eea.europa.eu/es](http://www.eea.europa.eu/es)

✘ Agencia de Protección Ambiental de EE.UU. (EPA)  
[www.epa.gov/indoor-air-quality-iaq](http://www.epa.gov/indoor-air-quality-iaq)

✘ Administración de Seguridad y Salud Ocupacional de los EE.UU. (OSHA)  
[www.osha.gov/as/opa/spanish](http://www.osha.gov/as/opa/spanish)

✘ Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional. (NIOSH)  
[www.cdc.gov/spanish/niosh/index.html](http://www.cdc.gov/spanish/niosh/index.html)

✘ Autoridad de salud y seguridad en Irlanda (HSA)  
[www.hsa.ie](http://www.hsa.ie)

✘ Sociedad Internacional de Calidad de Aire Interior y el Clima. (ISIAQ)  
[www.isiaq.org](http://www.isiaq.org)

✘ Conferencia Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales (ACGIH)  
[www.acgih.org](http://www.acgih.org)

✘Sociedad Americana de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado. (ASHRAE)  
[www.ashrae.org](http://www.ashrae.org)

✘Comisión Internacional de Protección contra la Radiación No Ionizante. (ICNIRP)  
[www.icnirp.net](http://www.icnirp.net)









**Comunidad  
de Madrid**

Dirección General de Salud Pública  
CONSEJERÍA DE SANIDAD