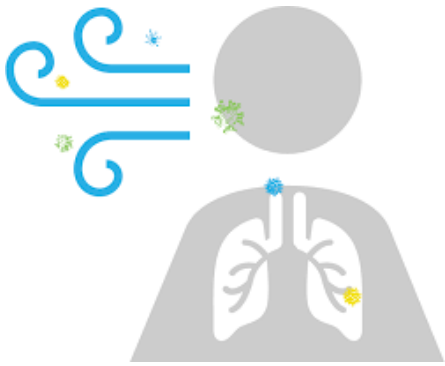


# CAI: CALIDAD DEL AMBIENTE INTERIOR. CONCEPTO, PARÁMETROS Y VARIABLES

**Jornada Técnica sobre Calidad de Aire Interior**

**19 de Octubre FREMM**



# DEFINICION

La Norma UNE 171330 define como **calidad ambiental en interiores** “a las condiciones ambientales de los espacios interiores, adecuadas al usuario y la actividad, definidas por los niveles de contaminación química, microbiológica y por los valores de los factores físicos”.

**¿Por qué es**  
**importante**  
**conocer la CAI?**



# ¿Por qué es importante conocer la CAI?

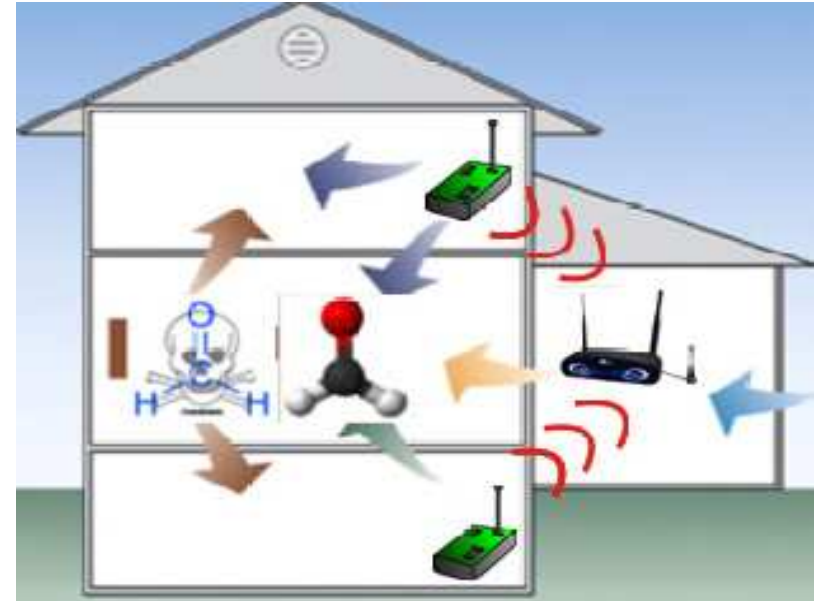
La importancia se justifica en que:

- El **tiempo de permanencia** de las personas en un recinto interior es superior al tiempo de permanencia en aire ambiente (aire exterior de la baja troposfera, excluidos los lugares de trabajo).
- El ser humano pasa el **85 %** de su tiempo en ambientes interiores.
- A igualdad de concentración, el riesgo será mayor en los ambientes interiores.

# Objetivo:



**Conocer las propiedades de los principales contaminantes del aire interior como base de su comportamiento y sus posibles efectos adversos para la salud.**



La **calidad del aire interior** se define en función de una serie de **parámetros** que incluyen la calidad del aire exterior, la compartimentación, el diseño del sistema de aire acondicionado y la presencia de fuentes contaminantes y su magnitud.

Debido a la **proximidad** de la **fuentes** al **receptor**, la exposición humana en el ambiente interior es de especial interés sanitario pues, aunque la sintomatología presentada por los afectados no suele ser severa, los efectos, sin embargo, se traducen en una situación general de **discomfort**.

En la práctica estos efectos son capaces de alterar tanto la **salud física** como **la mental**.

Diferentes organizaciones internacionales como la **OMS** (Organización Mundial de la Salud) y el **CIBC** (International Council of Building Research), privadas como la **ASHRAE** (American Society of Heating Refrigerating and Air Conditioning Engineers), y algunos países como Suecia (The Swedish Council of Building Research), Estados Unidos, Canadá y Australia han desarrollado guías y estándares de exposición.



Es necesario precisar, que como es lógico al aire interior está expuesta toda la **población**, incluso la más susceptible al igual que al aire ambiente (enfermos, ancianos, niños ), y, por lo que nunca se podría permitir en **aire interior valores** superiores a los admisibles y legislados en aire ambiente para los diferentes contaminantes.

En España no existe hasta el momento legislación concreta sobre el tema.

la Unión Europea, a través de Parlamento Europeo ha presentado una ***Resolución sobre la calidad del aire de los ambientes cerrados (Doc A 2-156/88)*** en la que establece la necesidad de una propuesta de Directiva específica sobre el particular en la que se incluyan:

- La relación de **sustancias a prohibir o a regular su uso**, tanto en la construcción como en la limpieza de los edificios,
- Las **normas de calidad** aplicables a los distintos tipos de ambientes cerrados,
- Las **prescripciones** sobre el planteamiento, la construcción, la gestión y el mantenimiento de las instalaciones de aire acondicionado y de ventilación, y
- Las **normas** sobre el **mantenimiento** de los edificios abiertos al público.

# PARÁMETROS DE INTERÉS EN LA CAI

## 1 Contaminantes químicos de interiores. Benceno

Dióxido de nitrógeno

Formaldehido

Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos HAP

Monóxido de carbono

Naftaleno

Partículas PM10 y PM2,5

Tetracloroetileno

Tricloroetileno.

## 2 Contaminantes físicos de importancia en ambientes interiores.

- **Radiación no ionizante**: radiación óptica, microondas y radiofrecuencia (RF), campos eléctricos y magnéticos de frecuencia intermedia (FI) y extremadamente baja (FEB), campos eléctricos y magnéticos estáticos.

- **Radiación ionizante**: gas radón.

- **Agentes mecánicos**: ruido.

## 3 Contaminantes biológicos en ambientes interiores.

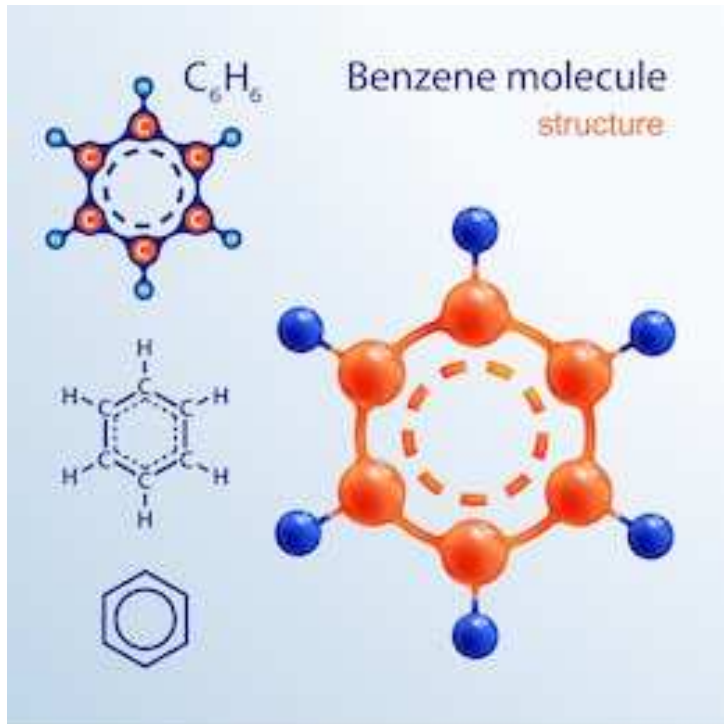
Los **agentes infecciosos**, es decir, los microorganismos capaces de producir una enfermedad infecciosa, son principalmente bacterias, hongos, virus y protozoos.

Los **alérgenos** son aquellas sustancias, generalmente glicoproteínas u otro tipo de proteínas, que son capaces de desencadenar una reacción de hipersensibilidad (respuesta exacerbada del sistema inmunitario) en personas susceptibles.

Contaminantes

químicos

**BENCENO.**



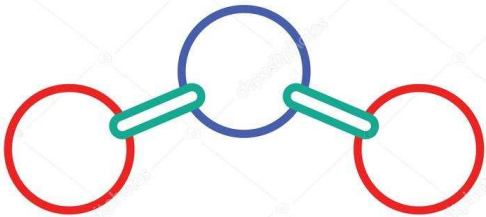
shutterstock.com · 345056837

En aire de interiores el benceno procede **del aire ambiente (tráfico, gasolineras, industrias químicas y de gas natural) y de fuentes internas**, como materiales de construcción del edificio y de muebles, garajes y cocinas, así como del uso de disolventes. Otras fuentes internas en edificios y posiblemente la más importante en España es el **humo del tabaco**.

A altos niveles de exposición el benceno actúa como **narcótico** deprimiendo el sistema nervioso central. La IARC clasifica al benceno como un **carcinógeno humano (grupo 1)**.

La OMS al ser el benceno un carcinógeno genotóxico no recomienda ningún valor guía.

# Contaminantes químicos DIÓXIDO DE NITRÓGENO (NO<sub>2</sub>).



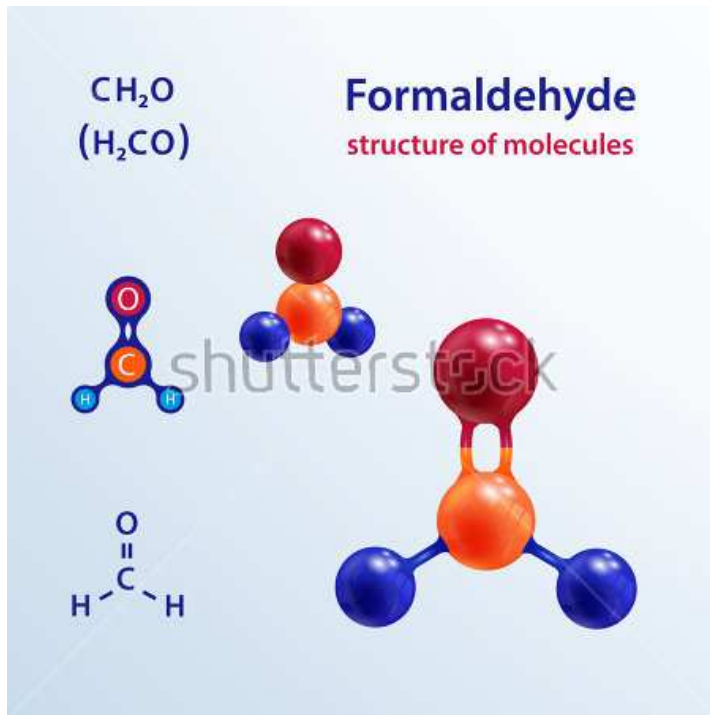
nitrogen dioxide

La principal fuente interior de dióxido de nitrógeno es el **humo del tabaco** y los procesos de **combustión**.

Los niveles habituales son mayores en **invierno** que en verano debido al uso de sistemas de calentamiento, menores renovaciones de aire y mayores concentraciones en el aire exterior.

Los principales efectos sobre la salud humana de **NO<sub>2</sub>** son **síntomas respiratorios**, broncoconstricción, aumento de la reactividad bronquial, inflamación de las vías respiratorias y aumento de la susceptibilidad a las infecciones respiratorias, no habiéndose encontrado ningún otro efecto asociado con la exposición a **NO<sub>2</sub>** en ambientes interiores.

# Contaminantes químicos **FORMALDEHIDO** (**H<sub>2</sub>CO**)



Las fuentes de emisión de formaldehído en ambientes interiores son los procesos de **combustión** (**humo del tabaco, cocinas, calefacción**, etc.), los materiales de construcción y los **productos domésticos**. Es de destacar la emisión de los **muebles que contienen resinas de urea-formaldehído**.

El principal efecto directo sobre la salud del formaldehído es **la irritación sensorial**.

La **IARC** lo considera carcinógeno del grupo I, causando cáncer nasofaríngeo y leucemia mieloide.

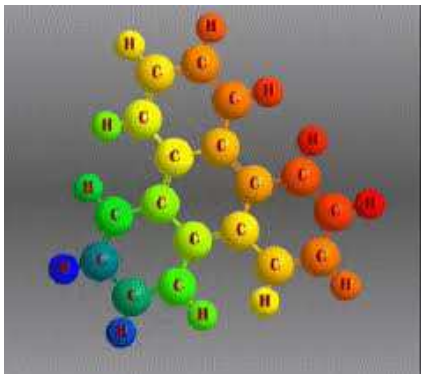
## Contaminantes químicos (HAP)(benzo(a)pireno).

Las fuentes internas de emisión de HAP son el **humo del tabaco, sistemas de cocina y calefacción** y en menor grado el uso de **incienso y velas**.

El principal riesgo para la salud a la exposición de HAP en aire interior es el **cáncer de pulmón**, siendo el B(a)P el más potente carcinógeno entre los HAP conocidos.

La **IARC** clasifica a las emisiones en aire interior conteniendo B(a)P e HAP de combustiones domésticas de carbón en el grupo I (carcinógenos humanos).

La **OMS** no establece ningún umbral y considera relevantes todas las exposiciones en el interior.



# Contaminantes químicos **MONÓXIDO DE CARBONO (CO)**

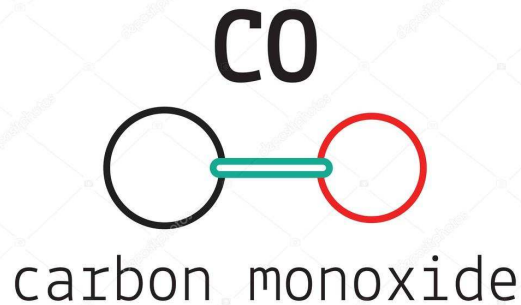
La principal fuente de emisión de CO, tanto en exterior como interior es la **combustión incompleta** de la materia carbonosa, por lo que en aire interior serán las cocinas y los sistemas de calefacción las principales fuentes.

En los países desarrollados la emisión se deberá principalmente por **falta de mantenimiento** de estos sistemas o por una pobre e ineficaz ventilación.

Los niveles más altos encontrados se presentan en **garajes**.

Las exposiciones altas a **CO** pueden llegar a originar daños en el sistema nervioso central y muerte (**el gas responsable de la muerte en incendios**).

Al ser el CO más ávido por la hemoglobina que el oxígeno, se origina hipoxia arterial y se reduce la capacidad de transporte del oxígeno en la sangre.





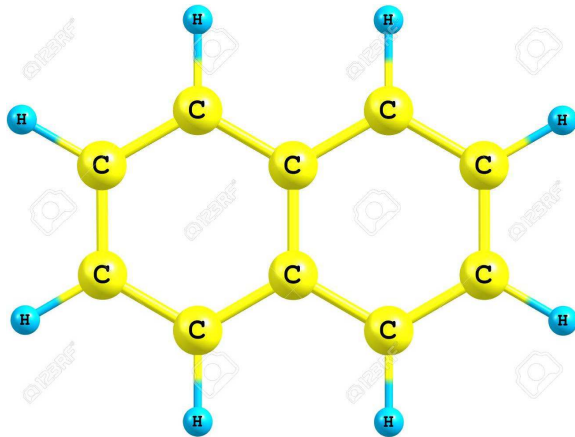
## Contaminantes químicos **NAFTALENO (C<sub>10</sub>H<sub>8</sub>)**

El **naftaleno** es el más volátil de los hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP), con un olor característico.

Las fuentes internas de naftaleno son las **estufas de queroseno, humo de tabaco** así como el uso de productos domésticos como disolventes, lubricantes, aerosoles y las conocidas "bolas de naftalina", usadas para protección de ropa, aunque cada vez su uso está disminuyendo.

Los efectos principales del naftaleno son lesiones del tracto respiratorio.

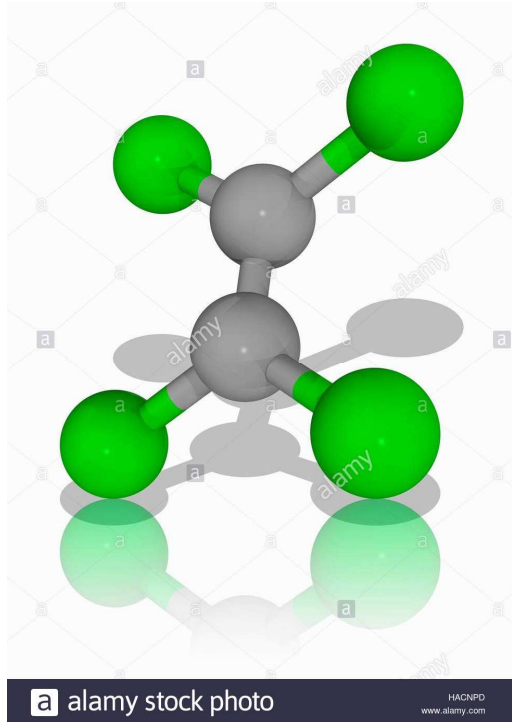
El naftaleno ha sido **clasificado por IARC en el grupo 2B como "posiblemente carcinogénico en humanos"**, basado en su carcinogenicidad en animales de experimentación.



## Contaminantes químicos **PARTICULAS PM<sub>10</sub> Y PM<sub>2,5</sub>**

- No existe evidencia científica de diferencia en la naturaleza toxica de la materia particulada de fuentes de interiores y las de fuentes exteriores.
- Lo que caracteriza a las partículas desde el punto de vista sanitario es el diámetro de la partícula y los componentes tóxicos de las mismas.
- En cuanto al potencial toxico de las partículas, las más importantes son los metales pesados y los hidrocarburos aromáticos policíclicos.
- Las fuentes internas de emisión de partículas son las combustiones y el humo del tabaco, a las que hay que sumar las procedentes del aire exterior.
- La OMS indica que las directrices de calidad del aire para partículas en aire ambiente son también aplicables a aire de interiores.

## Contaminantes químicos **TETRACLOROETILENO (C<sub>2</sub>Cl<sub>4</sub>)**.

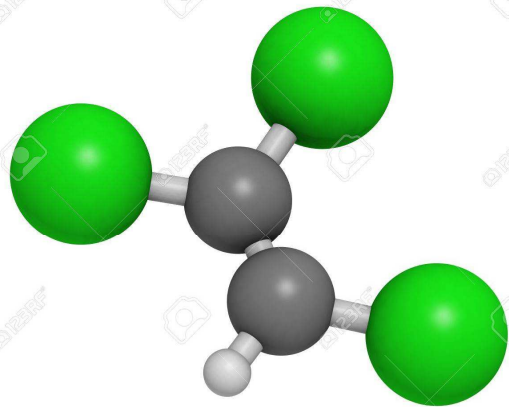


Al igual que el tricloroetileno, el tetracloroetileno se emite con el uso de productos que lo contienen y su mayor aplicación es el uso de **hidroclorofluorocarbonos, agentes de limpieza en seco, desengrasante** de fungibles metálicos y **disolventes industriales**.

A nivel doméstico, el tetracloroetileno forma parte de adhesivos, fragancias, barnices limpiadores de madera.

La **IARC** lo clasifica dentro del grupo 2A (evidencia limitada en humanos pero suficiente en animales) y la UE como carcinogénico categoría 2, frase de riesgo R45 (puede causar cáncer).

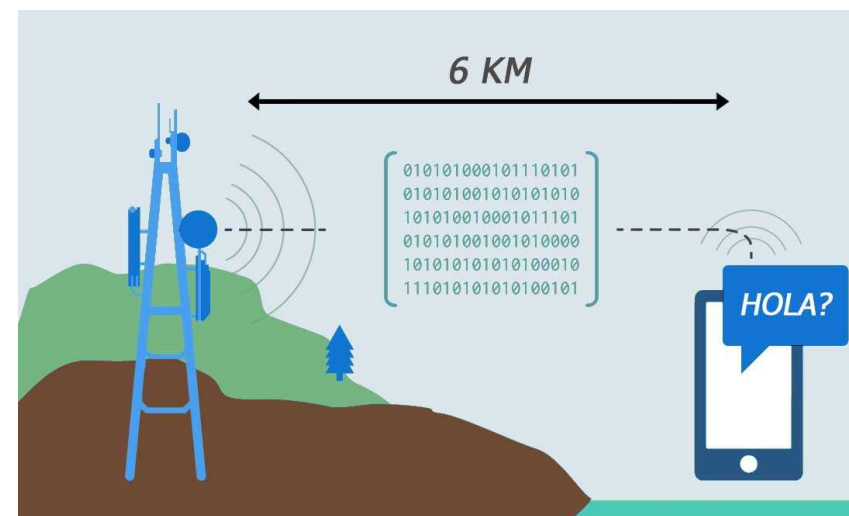
# Contaminantes químicos **TRICLOROETILENO** ( $C_2HCl_3$ ).



El uso de **barnices, lubricantes, adhesivos, eliminadores de pintura, limpiadores** que incluyen tricloroetileno como disolvente es la principal fuente en aire de interior.

Existe suficiente evidencia entre la asociación del tricloroetileno y el **cáncer de hígado y riñón.**

# Contaminantes físicos



- Radiación no ionizante: radiación óptica, microondas y radiofrecuencia (RF), campos eléctricos y magnéticos de frecuencia intermedia (FI) y extremadamente baja (FEB), campos eléctricos y magnéticos estáticos.

- Radiación ionizante: gas radón.
- Agentes mecánicos: ruido.



# Contaminantes físicos

## RNI radiaciones no ionizantes

En ambientes de interior es fácil encontrar múltiples dispositivos que basan su funcionamiento en radiación no ionizante o que emiten campos EM de distintas frecuencias, desde el **cableado de las instalaciones eléctricas hasta el mando a distancia del televisor o del aparato de aire acondicionado.**

**Efectos en salud:** dependiendo de la intensidad de los campos EM y de su duración en el tiempo, estos efectos se traducen en daños si el organismo es incapaz de compensar los cambios inducidos por el agente externo.

La exposición a CEM intensos está relacionada con la inducción de campos en el interior en tejidos nerviosos y musculares, la absorción de energía y, por tanto, **calentamiento de tejidos, LIPODISTROFIA y reacciones fotoquímicas en tejidos oculares.** Éstos forman parte de la evidencia científica recogida durante décadas, constituyendo además el fundamento de las directrices establecidas por la Comisión Internacional de Protección frente a Radiación No Ionizante (conocida por su acrónimo inglés, ICNIRP).

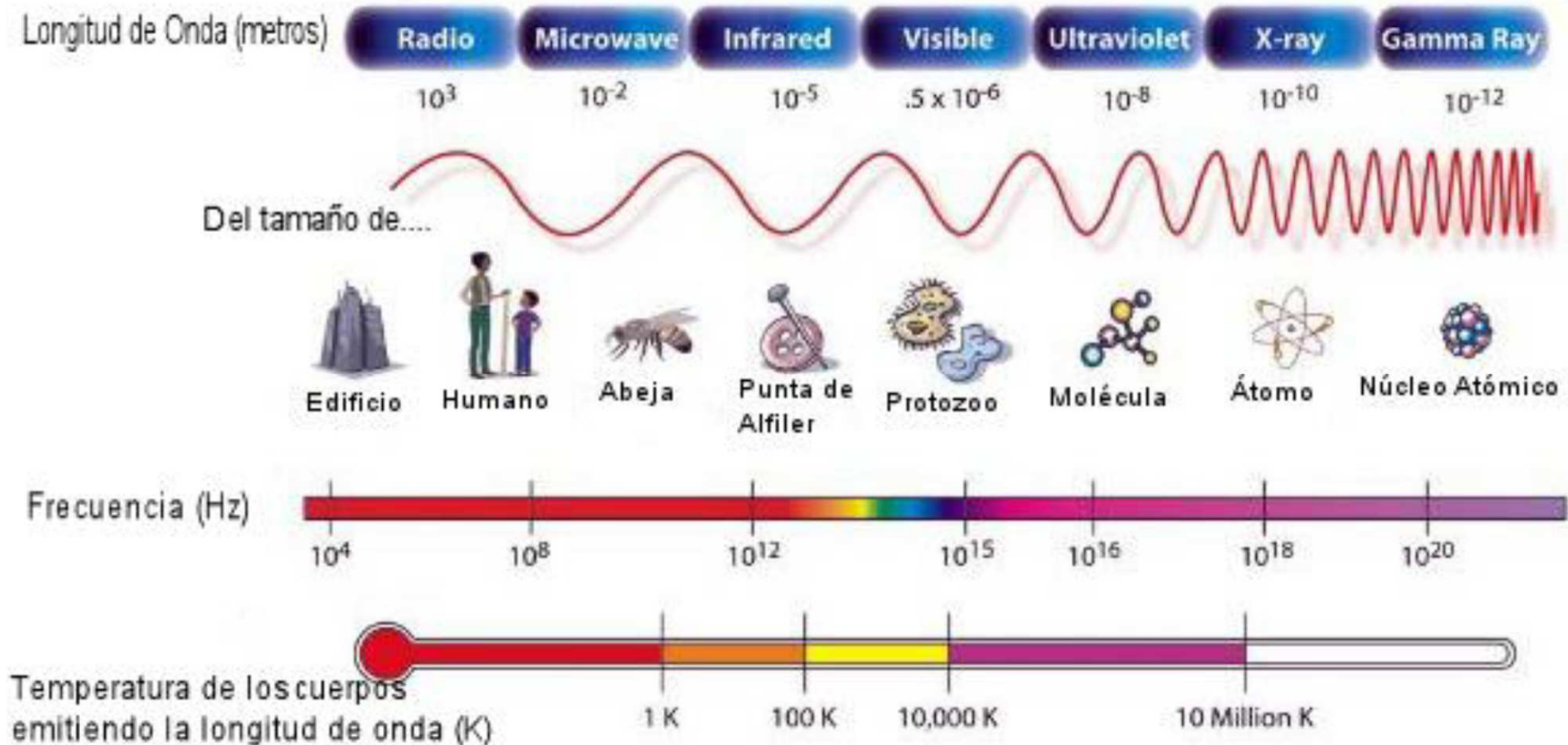
# Contaminantes físicos RNI (no ionizant)

Sin embargo, hay otros efectos recogidos en la bibliografía sobre exposiciones a niveles de CEM de baja intensidad y prolongados en el tiempo.

Estos se refieren a **trastornos cardiovasculares, de comportamiento, enfermedades neurológicas – Alzheimer, esclerosis lateral amiotrófica (ELA) –, diversos tipos de cáncer –leucemia, cáncer de mama, tumores cerebrales...–, el síndrome de la hipersensibilidad electromagnética percibida (SHEP)**, por el que las personas aquejadas creen que los campos EM son la causa de dolores de cabeza, depresiones, letargo, alteraciones del sueño, e incluso convulsiones y crisis epilépticas.

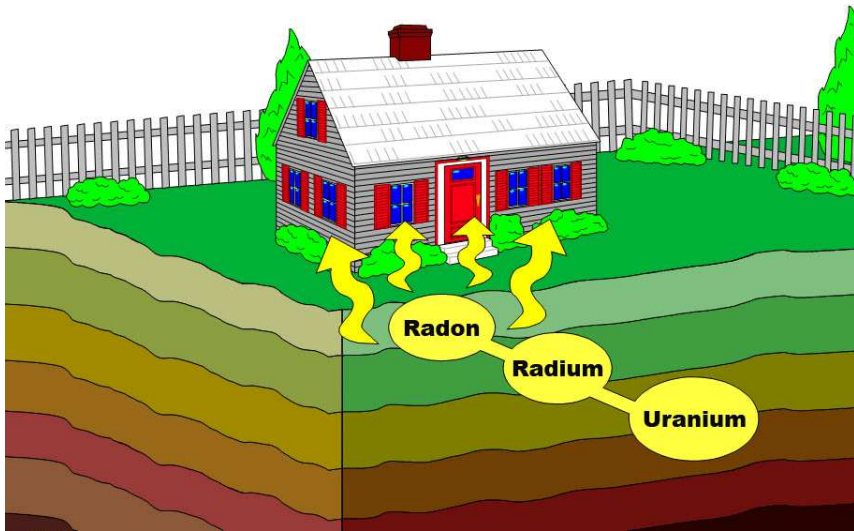
La mayoría de dichos **estudios presentan importantes problemas metodológicos**, siendo los resultados raramente replicables, quedando limitada su utilidad para la evaluación de **potenciales efectos adversos**, ya que únicamente proporcionan indicios sobre posibles riesgos pero no una relación causal entre el agente físico y el daño.

# Contaminantes físicos





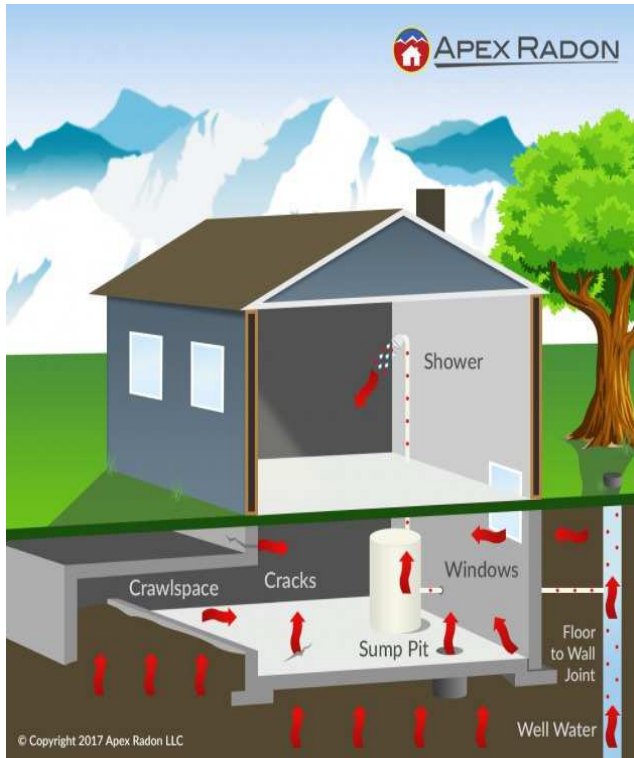
# Contaminantes físicos RADIACIÓN IONIZANTE: RADÓN.



El radón proviene de la desintegración natural del **uranio**, un elemento que se encuentra ampliamente distribuido en la corteza terrestre, variando su concentración en función de las características particulares de los tipos de suelo;

El **URANIO** se encuentra por ejemplo en materiales como el **granito** y la **pizarra** tienen una elevada presencia.

# Contaminantes físicos **radón**



Los suelos con **rocas muy fracturadas** o **porosas** van a permitir una mayor **movilidad del radón** emanado, que se desplaza por difusión hacia las zonas de menor concentración.

Cuando el radón alcanza la superficie y se encuentra con un espacio abierto se diluye en la **atmósfera**, que por su gran volumen hace que las concentraciones sean muy bajas.

Sin embargo, cuando a través de grietas, fisuras o las cámaras de aire de los muros exteriores penetra en espacios cerrados, la concentración **en el ambiente interior** puede alcanzar valores elevados.

# Contaminantes físicos RADÓN

A veces, el viento y la calefacción pueden dar lugar a una depresión que facilita la entrada de radón desde el suelo.

Otras fuentes importantes de radón pueden ser la presencia de precursores de radón en los **materiales de construcción**, en el **gas de uso doméstico** o en el **agua** cuando el abastecimiento procede de pozos cercanos.

Las condiciones atmosféricas influyen de manera importante en la cantidad de radón exhalado por el suelo, un tiempo lluvioso satura los poros del suelo y hace que el radón quede allí retenido, mientras que una bajada de la presión atmosférica favorece su salida.

Todos estos factores unidos a **tasas bajas de renovación del aire** pueden dar lugar a concentraciones altas de radón en el ambiente interior lo que pueden constituir un problema de salud.

# Contaminantes físicos RADÓN

Desde principios del siglo pasado hay estudios que relacionan el **trabajo en la minería** con un aumento del riesgo de **cáncer de pulmón** y se apunta la hipótesis de que su origen estuviera ligado a las radiaciones, hipótesis ampliamente demostrada posteriormente. Desde 1980 **numerosos estudios relacionan la exposición al radón en interiores y el cáncer de pulmón.**

Los estudios epidemiológicos confirman que el radón en ambientes interiores incrementa el riesgo de cáncer de pulmón en la población, sin que exista una concentración umbral por debajo de la cual no exista riesgo. Este incremento de riesgo es mucho mayor para los fumadores.

Existen métodos para reducir la exposición al radón en ambientes interiores mediante la prevención en la construcción de nuevos edificios y la mitigación en los ya existentes.

# RUIDO

La OMS define ruido ambiental como “**el emitido por cualquier fuente excepto el ruido en el puesto de trabajo**”.

Los términos **ruido doméstico, residencial o comunitario** se utilizan para el **ruido ambiental**, aunque no sean necesariamente equivalentes.

Sin embargo, la idea de ruido como **sonido no deseado** no es suficiente, pues se dan muchas situaciones en las que los sonidos son plenamente aceptados por el individuo y pueden afectar seriamente a su salud.

Por eso debería hablarse de **contaminación acústica**, definida como un exceso de energía sonora que puede producir efectos sobre la salud.

Los efectos del ruido sobre los individuos dependen fundamentalmente de las características físicas del sonido al que están expuestos, aunque en determinadas circunstancias estos efectos puedan ser potenciados por las condiciones ambientales.

**Molestias, alteraciones del sueño, enfermedades cardiovasculares, deterioro cognitivo y pérdida** auditiva son los principales efectos que se relacionan con el ruido ambiental.

# Contaminantes biológicos

Numerosos contaminantes de procedencia biológica diversa se transportan por el aire en forma de suspensiones coloidales que reciben el nombre de **bioaerosoles**.

La **composición** de la mayoría de los bioaerosoles es compleja en cuanto a la naturaleza de sus componentes.

Los bioaerosoles pueden estar constituidos por microorganismos (**bacterias, hongos, virus, protozoos**), que pueden ser patógenos o no; y por otros componentes, también de origen biológico, como son: **esporas, polen, detritus animales, etc.**

Los **efectos adversos sobre la salud** relacionados con la exposición a bioaerosoles son mayoritariamente **de tipo respiratorio de carácter infeccioso o alérgico**. La exposición a contaminantes de origen microbiológico está clínicamente asociada con síntomas respiratorios, alergias, asma y reacciones inmunológicas.

La aparición de enfermedad asociada a la exposición de bioaerosoles depende de varios factores, fundamentalmente la virulencia del microorganismo y el sistema inmunitario de la persona.

# Contaminantes biológicos

Los **agentes infecciosos**, es decir, los microorganismos capaces de producir una enfermedad infecciosa, son principalmente bacterias, hongos, virus y protozoos.

Los **alérgenos** son aquellas sustancias, generalmente glicoproteínas u otro tipo de proteínas, que son capaces de desencadenar una reacción de hipersensibilidad (respuesta exacerbada del sistema inmunitario) en personas susceptibles.

Los alérgenos más frecuentes en el aire de interiores se encuentran en los mohos, los ácaros, el polen, el pelo de mascota. En el aire de interiores también se pueden encontrar otros alérgenos procedentes de los ratones y las cucarachas.

Las **toxinas** son sustancias químicas de origen biológico capaces de producir efectos perjudiciales en un ser vivo. Las toxinas que habitualmente se detectan en el aire de interiores son las procedentes de bacterias (endotoxinas) y hongos (micotoxinas). Los hongos también producen unas sustancias denominadas compuestos orgánicos volátiles microbianos que también podrían producir algún efecto tóxico.

# Contaminantes biológicos

La Organización Mundial de la Salud (**OMS**) atribuye la presencia de muchos **agentes biológicos en el ambiente interior** a la **humedad y la inadecuada ventilación** (WHO, 2009).

El exceso de **humedad** en casi todos los materiales conduce a un **aumento de los niveles de contaminantes biológicos en el aire de interiores** ya que favorece el crecimiento de poblaciones de hongos, bacterias y protozoos, así como de otros organismos como los ácaros del polvo.

Además favorece la supervivencia de los **virus**. En el aire de interiores de edificios con problemas de humedades los alérgenos más relevantes son los procedentes de los hongos y de los ácaros del polvo.

Por tanto, **el exceso de humedad puede ser considerado como un indicador consistente del riesgo de padecer asma o diferentes síntomas respiratorios** que pueden ser asociados a la presencia de estos contaminantes biológicos.



La **Organización Mundial de la Salud (OMS)** ha publicado una guía para la calidad del aire interior (WHO, 2009) elaborada tras una revisión exhaustiva y evaluación de evidencias científicas que fueron acumuladas por un grupo multidisciplinario de expertos.

En ella reconoce que la exposición a contaminantes de origen biológico en el aire está clínicamente asociada con **síntomas respiratorios, alergias, asma y reacciones inmunológicas**.

# Contaminantes biológicos

En la citada guía, **la OMS concluye** que existen suficientes evidencias epidemiológicas para la asociación entre contaminantes biológicos relacionados con las humedades en el ambiente interior y los siguientes efectos adversos en la salud:

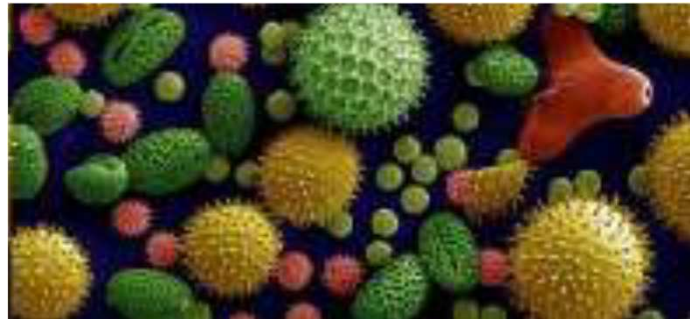
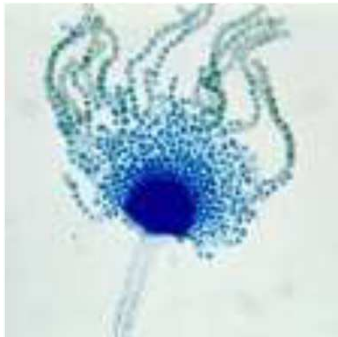
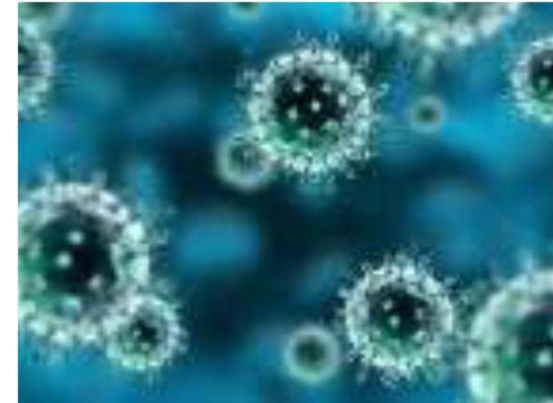
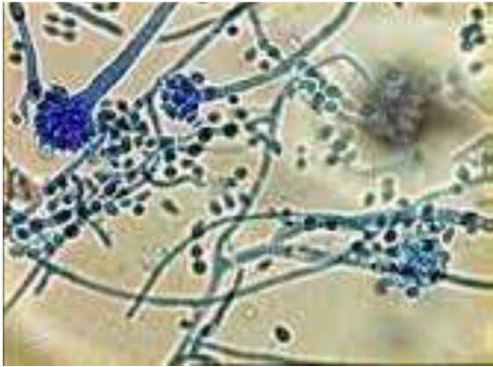
**-asma**  
**-síntomas del tracto respiratorio superior tos sibilancias disnea**  
**infecciones respiratorias**

Una revisión posterior (Mendell, 2011) incluye en esta lista los siguientes efectos adversos en la salud:

**-bronquitis**  
**-rinitis alérgica**

En general, los efectos en la salud que causan los contaminantes biológicos en el aire se pueden clasificar en efectos **infecciosos, alérgicos y tóxicos**.

# HONGOS, BACTERIAS, PROTOZOOS ,VIRUS MOHOS, PÓLEN Y ÁCAROS.



## Conclusiones :

- 1- la **calidad del ambiente** de interior es importante, y depende de factores estructurales que pueden acarrear riesgos físicos químicos y biológicos evitables.
- 2- los riesgos **químicos** son mayores en ambientes laborales, no obstante es adecuada una correcta gestión del uso en el uso de éstos para evitar toxicidad en locales, oficinas y domicilios.
- 3- los riesgos **físicos** existentes en edificios de pública concurrencia, a priori, son los existentes en cualquier domicilio y no han demostrado efectos adversos, salvo el ruido, el radón.
- 4- los riesgos **biológicos** en gran medida van a depender de un correcto control de la temperatura ambiente Humedad relativa y buena filtración, dejando de lado la susceptibilidad individual en relación con las alergias.
- 5- Aunque no exista normativa sobre los parámetros a controlar y niveles en interior, parece lógico usar las **normas UNE** citadas en otras normas legales como el **RITE**, y el mejor de los sentidos; el sentido común.



**Un hombre sabio debería  
darse cuenta de que la salud  
es su posesión más valiosa.**

**Hipócrates**

**Hipócrates de Cos** (460 a. C. – 370 a. C.) fue un antiguo médico griego que vivió durante el período de la Grecia Clásica (siglo de Pericles) y considerado el padre de la medicina.