

TEMA 5.

CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA



INTRODUCCIÓN

El término CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA ENGLOBA:



Contaminación por gases



Contaminación acústica



Contaminación lumínica

INTRODUCCIÓN

DEFINICIONES DE CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA

Definición (Ley 34/2007):

Presencia en la atmósfera de materias, sustancias o formas de energía que impliquen molestia grave, riesgo o daño para la seguridad o la salud de las personas, el medio ambiente y demás bienes de cualquier naturaleza.

Definición (OMS):

Hay contaminación del aire cuando en su composición aparecen una o varias sustancias extrañas, en determinadas cantidades y durante períodos de tiempo que pueden resultar nocivas para el hombre, animales, plantas o tierras, así como perturbar el bienestar o el uso de los bienes.

ÍNDICE

A) FUENTES DE CONTAMINACIÓN

- Naturales
- Artificiales o antrópicas

B) TIPOS DE CONTAMINANTES

- Sustancias químicas: contaminantes primarios y secundarios
- Formas de energía: radiaciones ionizantes, radiaciones no ionizantes, ruido (contaminación acústica) y luz (contaminación lumínica).

C) DISPERSIÓN DE LOS CONTAMINANTES

- Características de las emisiones
- Condiciones atmosféricas
- Características geográficas y topográficas

D) EFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE

- Locales: smog
- Regionales: lluvia ácida
- Globales: agujero capa de ozono
- CO₂ atmosférico y efecto invernadero
- Cambio climático global

E) LA CALIDAD DEL AIRE

A) FUENTES DE CONTAMINACIÓN

En función del origen, diferenciamos 2 tipos de contaminación:

- **Naturales:**

Debido a la actividad de la Geosfera, Atmósfera, Biosfera e Hidrosfera.

- **Artificiales o antrópicas:**

Debido a la actividad del ser humano.

A) FUENTES DE CONTAMINACIÓN

- **Naturales:**
 - Volcanes: compuestos del azufre y partículas.
 - Incendios forestales: CO_2 , óxidos del nitrógeno, humo, polvo y cenizas.
 - Actividades de los seres vivos: respiración (CO_2), polinización, descomposición anaerobia (metano).
 - Descargas eléctricas de las tormentas: óxidos de nitrógeno.
 - El mar: partículas salinas.
 - Vientos fuertes: transporte de partículas.



A) FUENTES DE CONTAMINACIÓN

- **Artificiales:**
 - Hogares: debido a calefacciones de carbón, petróleo o gas.
 - Transporte: debido a coches y aviones.
 - Industria: debido a centrales térmicas, cementeras, siderometalúrgicas, papeleras y químicas.
 - Agricultura y ganadería: el uso de fertilizantes, los regadíos por inundación (arroz) y la ganadería vacuna emiten metano.
 - Incineración de residuos sólidos.



B) TIPOS DE CONTAMINANTES



Definición contaminante del aire:

Sustancias químicas y formas de energía que en ciertas concentraciones pueden causar molestias, daños o riesgos a personas y otros seres vivos, o alterar el funcionamiento de los ecosistemas, en bienes materiales o el clima.

Definición tiempo de residencia o vida media de un contaminante:

Período de tiempo que puede permanecer en la atmósfera como tal o participando en reacciones químicas. Varía según la naturaleza de cada contaminante.

B) TIPOS DE CONTAMINANTES



Los contaminantes pueden ser:

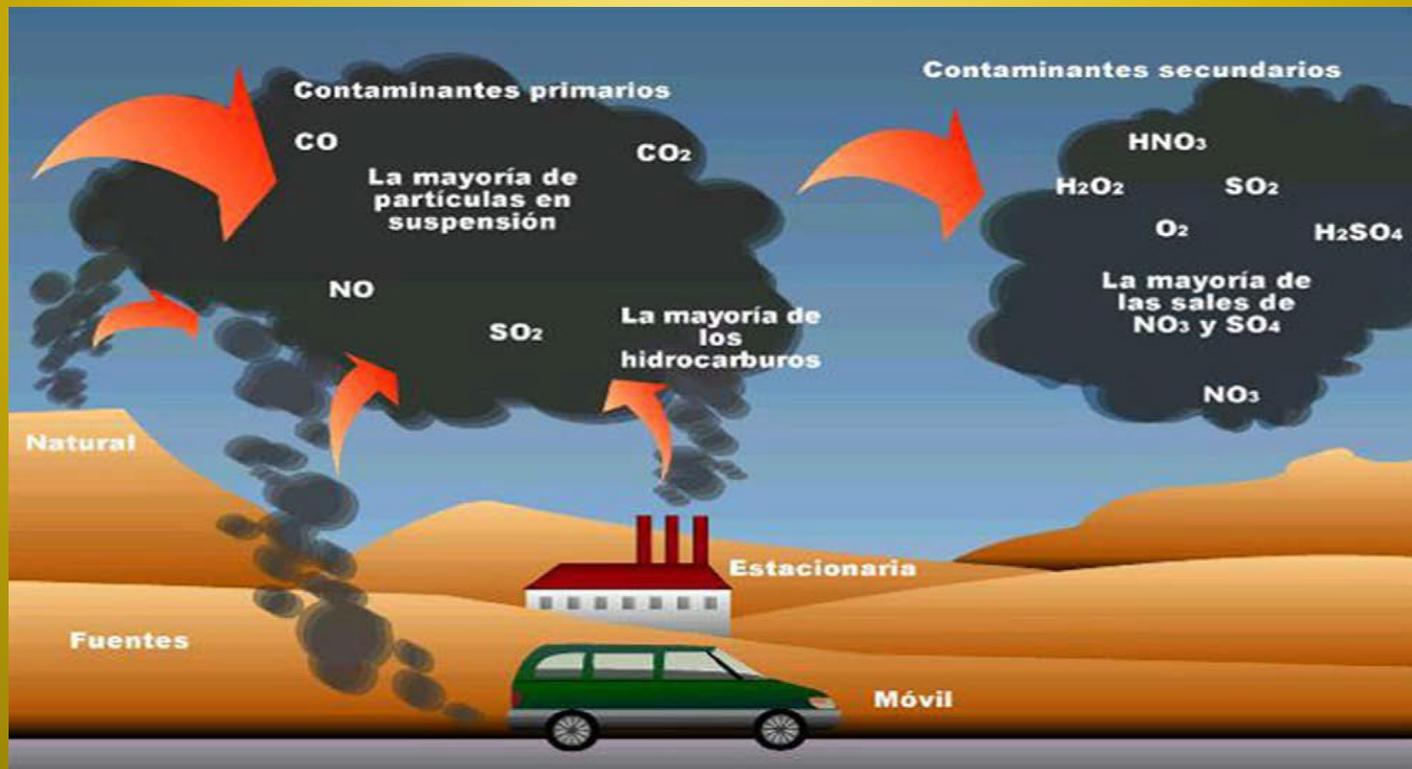
- **Sustancias químicas:**
 - ✓ Contaminantes primarios
 - ✓ Contaminantes secundarios
- **Formas de energía:**
 - ✓ Radiaciones ionizantes
 - ✓ Radiaciones no ionizantes
 - ✓ Contaminación acústica
 - ✓ Contaminación lumínica



B) TIPOS DE CONTAMINANTES

Sustancias químicas → Contaminantes primarios

Son sustancias de naturaleza y composición química variada. Son emitidos directamente a la atmósfera desde distintas fuentes.



B) TIPOS DE CONTAMINANTES

Sustancias químicas → Contaminantes primarios

Contaminante		Características	Fuentes	Efectos
Partículas		Tamaño: 0.1-100 micras Metales pesados, polen, bacterias, silicatos, humos	Combustiones, minería, cementerías, incendios, volcanes	Daños respiratorios. Obstrucción de estomas y reducción de fotosíntesis.
Compuestos del S (Irritación en mucosas y ojos)	SO ₂	Estable, incoloro, denso Olor picante e irritante Muy corrosivo	Oxidación del S de los combustibles fósiles	Se fotooxida a SO ₃ , que forma lluvia ácida: daños en vegetación y suelos.
	H ₂ S	Incoloro, olor a huevos podridos. Presente en las ciudades	Escapes de refineries Volcanes, metabolismo anaerobio	
Compuestos orgánicos	Hidrocarburos	Muy abundantes. Son gases los de 1-4 C	Pantanos, pozos petrolíf. Industria petrolífera, vehículos	Reaccionan fotoquímicamente
	Compuestos orgánicos volátiles (COV)	PCB, dioxinas, furanos. poco solubles, fotodescomposición con H ₂	Fabricación e incineración de sustancias cloradas	Reaccionan fotoquímicamente. Cancerígenos y mutagénicos.
Compuestos del N (Daños respiratorios; irritación en ojos)	NO Óxido nítrico	Incoloro, inodoro, tóxico	Oxidación incompleta del N ₂ en motores	Se oxida a NO ₂
	NO ₂ Dióxido de nitrógeno	Pardo-rojizo, olor asfixiante, tóxico	Tormentas, volcanes, bacterias del suelo. Oxidación del NO	Se oxida a NO ₃ (con O ₃) que da lluvia ácida. Smog fotoquímico
	N ₂ O Óxido nitroso	Incoloro, olor y sabor dulce, soluble en agua, alcohol y benceno	Desnitrificación m.o. en suelos y océanos Combustión, fertilizantes	Efecto invernadero. Llega a la estratosfera. Destrucción del O ₃ .

B) TIPOS DE CONTAMINANTES

Sustancias químicas →
Contaminantes primarios

Contaminante		Características	Fuentes	Efectos
Óxidos del C	CO	Incoloro, inodoro, insípido, inflamable y tóxico	Combustión incompleta Reacciones atmosféricas	Interfiere en el transporte de O ₂ en las células.
	CO ₂	Incoloro, inodoro, no tóxico Importante en la atmósfera	Combustiones Respiración	Efecto invernadero
Compuestos halogenados	F ₂	Baja concentración atmosférica	Origen marino. Fertilizantes	
	Cl ₂	También como partículas	Motores de los coches	Irrita las mucosas respiratorias
	HF y derivados	Corrosivos	Industrias de: Al, vidrio, fertilizantes, cerámica	
	CFC clorofluorocarburos	Gases estables, ni tóxicos ni inflamables	Uso en aerosoles, refrigerantes, neveras.	Llegan a la estratosfera Destrucción del O ₃ .
Metales pesados	Pb	Elementos de alta masa atómica y densidad. Muy peligrosos. No se degradan: bioacumulación.	Combustión gasolinas (aditivo antidetonante)	Daños neuronales, respiratorios y renales.
	Cd		Minería carbón y Zn Incineración residuos	Daños respiratorios y cardiovasculares.
	Hg		Minería carbón, actividades agrícolas	Daños en el SNC
Olores		Estímulos olfativos. Si produce malestar físico es un contaminante	Partículas en el aire	Dependen de su intensidad y calidad

B) TIPOS DE CONTAMINANTES

Sustancias químicas → Contaminantes secundarios

Originados a partir de los primarios mediante reacciones químicas atmosféricas.

No provienen directamente de focos emisores.

- $\text{SO}_2 \rightarrow \text{SO}_3$: Incoloro y se condensa rápidamente.

Reacciona con agua para dar H_2SO_4 , que junto con el HNO_3 (NO_2 + agua) es responsable de la lluvia ácida.

- $\text{NO}_2 \rightarrow$ (oxidación por O_3) $\rightarrow \text{NO}_3$: Responsable de la formación del smog.
- **O_3 (troposférico)**: El ozono formado en la baja atmósfera lejos de ser una sustancia protectora (como el ozono estratosférico) es un gas muy oxidante e irritante, surgido por fotooxidación del NO_2



- **PAN**: Nitratos de peroxiacilo. Formados a partir de hidrocarburos por reacciones fotoquímicas.
- **IMPORTANTE**: PAN + O_3 (troposférico) + óx. de nitrógeno + COVs son componentes del smog fotoquímico.

Origen del contaminante:

→ **Natural**: por intrusiones estratosféricas, volcanes, tormentas.

→ **Humano**: por reacciones fotoquímicas de contaminantes primarios del tráfico.

B) TIPOS DE CONTAMINANTES

Formas de energía

Las formas de energía constituyen el segundo grupo de contaminantes.

Podemos distinguir 4 grupos:

1. Radiaciones ionizantes
2. Radiaciones no ionizantes
3. Ruido (contaminación acústica)
4. Luz (contaminación lumínica)



B) TIPOS DE CONTAMINANTES

Formas de energía → Radiaciones ionizantes

Son partículas u ondas electromagnéticas que pueden ionizar átomos o moléculas y alteran su estructura y función. Hay 4 tipos:

- **Radiación alfa**

Partículas cargadas eléctricamente.

Bajo poder de penetración (por ejemplo el papel las detiene).

- **Radiación beta**

Partículas cargadas eléctricamente.

Mayor poder de penetración (por ejemplo una lámina de aluminio las detiene).

- **Rayos x**

Ondas electromagnéticas.

Alto poder de penetración, de hasta decímetros.

- **Rayos gamma**

Ondas electromagnéticas.

Altísimo poder de penetración, de hasta metros.

B) TIPOS DE CONTAMINANTES

Formas de energía → Radiaciones ionizantes

El **origen** de estas radiaciones puede ser:

- **Natural:** transformación de materiales radiactivos, radiaciones cósmicas.
- **Humano:** medicina, centrales nucleares, investigación.

Los **efectos** dependen de:

- la energía absorbida
- el tipo de radiación
- el tiempo de radiación
- la parte afectada.



Afectan a los procesos biológicos y al ADN.

B) TIPOS DE CONTAMINANTES

Formas de energía → Radiaciones NO ionizantes

Son ondas electromagnéticas que no modifican la estructura de la materia al no producir ionización.

Incluyen: **UV, IR, microondas.**

No modifican la estructura de la materia porque no ionizan átomos.

El **origen** puede ser:

- **Natural:** sol, superficie de la Tierra
- **Humano:** cables eléctricos, aparatos eléctricos.

Sus **efectos** dependen de:

- la intensidad del campo electromagnético
- el tiempo.

Producen alteraciones del sistema nervioso, hormonal e inmunológico.

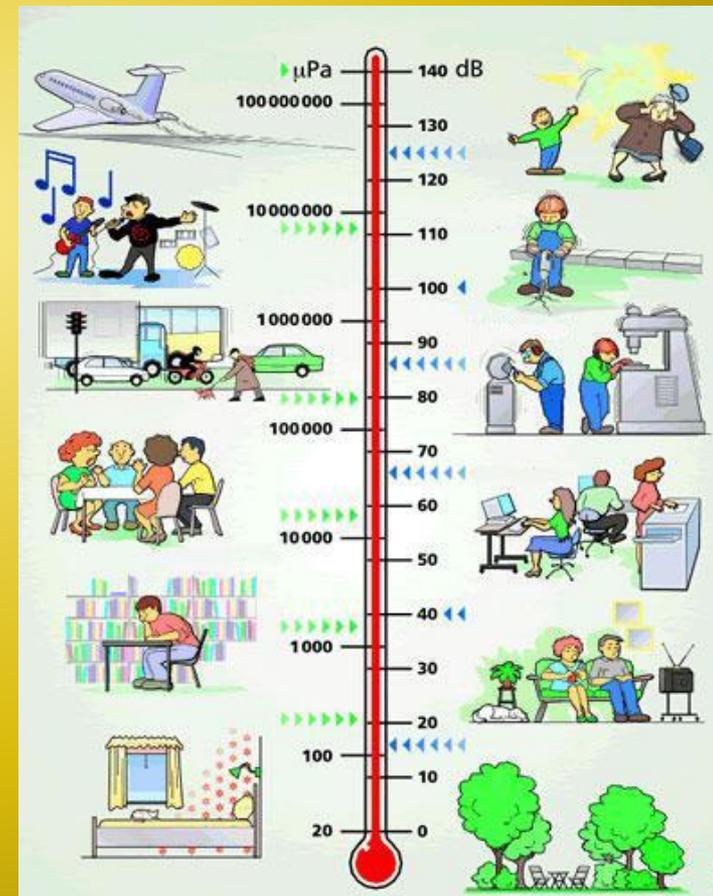
B) TIPOS DE CONTAMINANTES

Formas de energía → CONTAMINACIÓN ACÚSTICA

Se define **ruido** como un sonido excesivo o intempestivo que puede producir efectos fisiológicos y psicológicos no deseados sobre una persona o grupo.

El **límite de contaminación sonora** admisible (en la UE) está en 65 dB.

- Hasta los 80 dB se considera nocivo.
- Más de 85 dB es peligroso.
- El umbral del dolor es los 120 dB.



B) TIPOS DE CONTAMINANTES

Formas de energía → CONTAMINACIÓN ACÚSTICA

Fuentes productoras de ruido (OMS):

- Industria: maquinaria (a mayor potencia, mayor ruido).
- Medios de transporte: automóviles, cuya incidencia depende de la velocidad, la anchura de la calle, los edificios... Varía mucho según la intensidad del tráfico. Las mayores molestias se deben a motos, bocinas, sirenas. Los aviones suponen un problema grave en las poblaciones cercanas a los aeropuertos.
- Construcción de edificios: maquinaria muy ruidosa que no suele tener silenciador.
- Interior de edificios: limpieza, electrodomésticos, radio y TV, animales domésticos, tuberías, cisternas.
- Ocio y tiempo libre: cafeterías, discotecas, ferias.

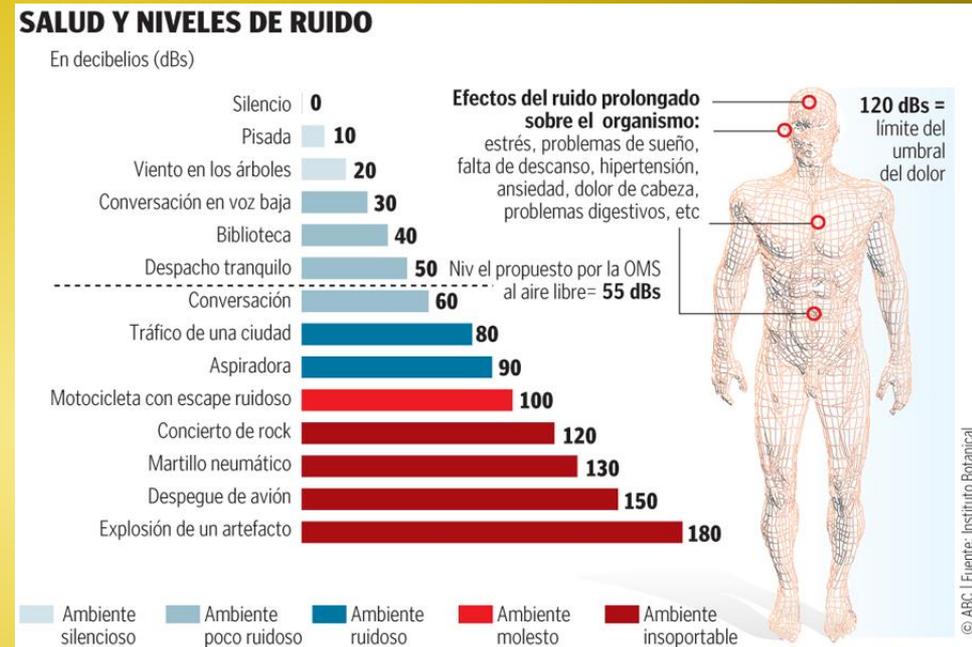
B) TIPOS DE CONTAMINANTES

Formas de energía → CONTAMINACIÓN ACÚSTICA

Efectos de la contaminación acústica:

Dependen de:

- El tiempo de exposición
- La edad del individuo
- El estilo de vida
- El tipo de trabajo



a) Alteraciones fisiológicas (dependen de la intensidad y el tiempo de exposición):

- Pérdida de audición gradual
- Aumento de la frecuencia respiratoria (>90 dB).
- Taquicardia, aumento de la presión arterial y riesgo coronario.
- Reducción de la secreción salivar, náuseas, vómitos, pérdida de apetito, úlceras.
- Aumento en la secreción de adrenalina.
- Pérdida del equilibrio, vértigos.

B) TIPOS DE CONTAMINANTES

Formas de energía → CONTAMINACIÓN ACÚSTICA

b) Alteraciones psíquicas (dependen de la intensidad, la fuente, la hora y el estado de ánimo):

- Neurosis
- Irritabilidad
- Estrés.

c) Dificultades de comunicación oral: mayor riesgo de accidentes y mayor esfuerzo (por ejemplo: levantar la voz).

d) Alteraciones en el sueño (dependen del tipo de ruido, la edad y el sexo).

e) Reducción del rendimiento laboral, con disminución en la capacidad de:

- Memorización
- Resolución de problemas
- Vigilancia
- Concentración.



B) TIPOS DE CONTAMINANTES

Formas de energía → CONTAMINACIÓN ACÚSTICA

Soluciones frente a la contaminación acústica.

1. Preventivas:

- Planificación del uso del suelo (evitar localizar cierta actividad en una zona inadecuada).
- Planificación urbana (aislando geográficamente las actividades ruidosas).
- Arquitectura urbana: ubicación y distribución adecuada de las viviendas, insonorización e instalación de pantallas acústicas.
- Estudios de impacto ambiental.
- Tasas, multas, subvenciones.
- Silenciadores en las fuentes emisoras.
- Información y educación ambiental.

2. Correctoras:

- Reglamentos y leyes que regulen las emisiones de ruidos.
- Actuar directamente sobre las fuentes de emisión: limitar el nivel de la actividad, reducir la potencia sonora, aislamientos.

B) TIPOS DE CONTAMINANTES

Formas de energía → CONTAMINACIÓN ACÚSTICA

Medidas para reducir la intensidad de ruido en automóviles

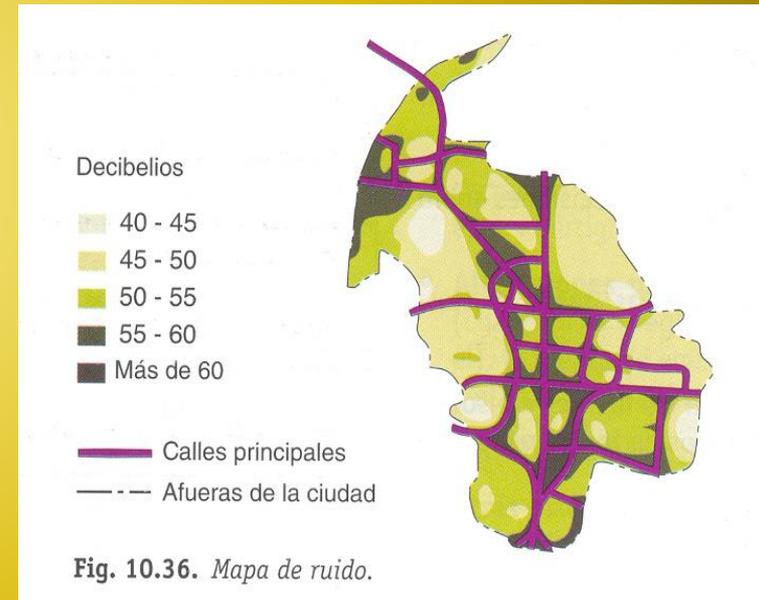
- Desviar el tráfico pesado.
- Regular la circulación: calles peatonales, evitar atascos.
- Limitar la velocidad y las emisiones sonoras.
- Empleo de silenciadores en los tubos de escape.
- Rodamientos que reducen la fricción con el pavimento.
- Inspección acústica de vehículos, con sanciones.

B) TIPOS DE CONTAMINANTES

Formas de energía → CONTAMINACIÓN ACÚSTICA

Mapas de niveles sonoros en una ciudad

- Son representaciones de los niveles de intensidad sonora de un lugar en cierto momento.
- Sirven para conocer el grado de contaminación sonora y para poder adoptar medidas para reducirla.
- La mayor contaminación sonora está alrededor de las calles principales.
- Las causas son el tráfico y la densidad de población.



B) TIPOS DE CONTAMINANTES

Formas de energía → CONTAMINACIÓN ACÚSTICA

Medidas de carácter familiar, local y nacional para combatir el ruido

➤ **Medidas a nivel familiar:**

- Empleo de electrodomésticos menos ruidosos.
- Moderar el volumen de la radio y la TV.
- Insonorizar las paredes y las ventanas (doble cristal).

➤ **Medidas a nivel local:**

- Arquitectura urbana adecuada.
- Normas y reglamentos, que incluyan multas y tasas para actividades ruidosas.
- Desviar el tráfico pesado y limitar el tráfico en zonas sensibles.

➤ **Medidas a nivel nacional:**

- Legislación.
- Planificación de los usos del suelo (localización de actividades ruidosas)
- Educación ambiental.

B) TIPOS DE CONTAMINANTES

Formas de energía → CONTAMINACIÓN LUMÍNICA



1. Manifestaciones de la contaminación lumínica.

- **Luz intrusa:** cuando la luz artificial llega fuera del área donde es necesaria. Por ejemplo, la luz de una farola que entra en una vivienda.
- **Difusión hacia el cielo:** cuando la luz interacciona con las partículas del aire y se desvía en todas las direcciones, sobre todo hacia el cielo. Por eso el halo luminoso de las ciudades se observa a gran distancia.
- **Deslumbramiento** cuando la luz llega directamente sobre los ojos, dificultando la visibilidad y generando una situación potencialmente peligrosa.

B) TIPOS DE CONTAMINANTES

Formas de energía → CONTAMINACIÓN LUMÍNICA

2. Fuentes.

Iluminación privada de exteriores; iluminación de edificios, fuentes, jardines, calles, autovías, áreas de servicio; escaparates o edificios acristalados que proyectan su luz al exterior.

3. Efectos.

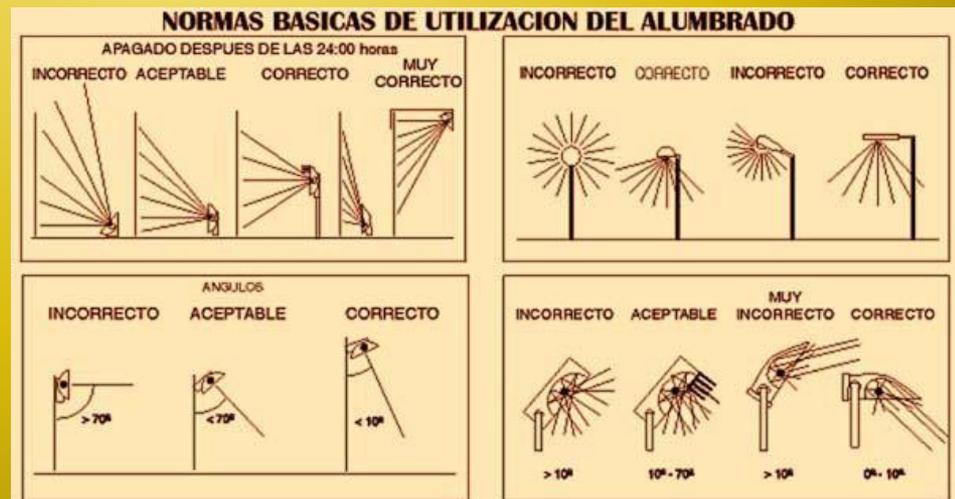
- Económicos: sobreconsumo energético y gasto elevado.
- Ecológicos: afecta a fauna y flora nocturna y altera sus ciclos vitales que dependen de la variación diaria de luz. Por ejemplo, pueden alterar las migraciones o impedir la polinización de algunas plantas.
- Sanitarios: dificultades de visión, alteraciones en el sueño, fatiga.
- Científicos y culturales: impide la observación del cielo nocturno.

B) TIPOS DE CONTAMINANTES

Formas de energía → CONTAMINACIÓN LUMÍNICA

4. Soluciones.

- Mejora de la iluminación ambiental: intensidad moderada y encendido sólo en ciertas horas para la luz ornamental.
- Utilización de lámparas de bajo consumo y orientadas hacia el suelo.
- Ordenanzas y reglamentación.
- Campañas de información y educación ambiental.



C) DISPERSIÓN DE LOS CONTAMINANTES

Procesos que intervienen en la contaminación del aire:

- **Emisión**

Nivel de emisión es la cantidad de cada contaminante vertido a la atmósfera en un período concreto.

Su valor se mide a la salida de la fuente emisora (por ejemplo la chimenea).

- **Mecanismos sumidero**

Procesos por los que ese contaminante se transporta, difunde o acumula según las condiciones meteorológicas.

- **Inmisión**

El nivel de inmisión es el límite máximo tolerable de un contaminante en la atmósfera, aislado o asociado con otro.

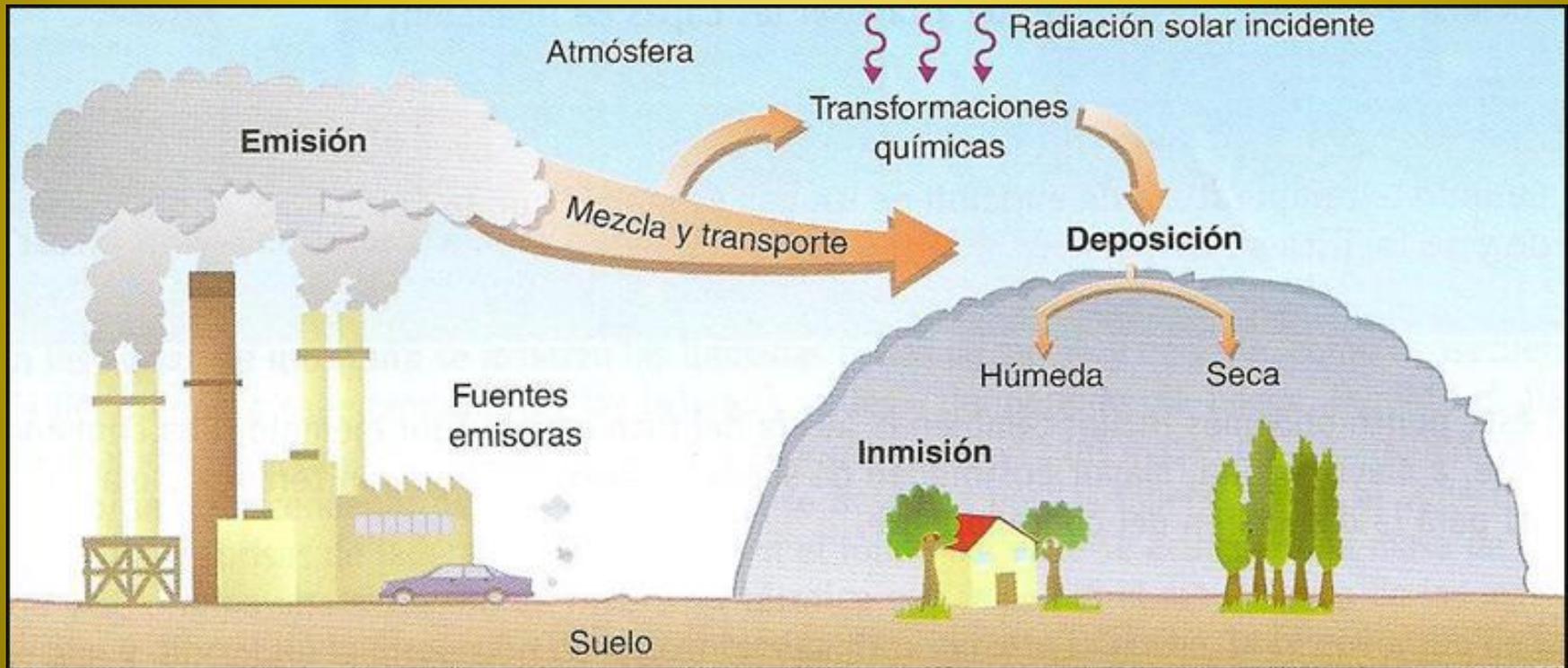
Cuando no es adecuado, se reduce la calidad del aire.

C) DISPERSIÓN DE LOS CONTAMINANTES

Emisión

Mecanismos sumidero

Inmisión



C) DISPERSIÓN DE LOS CONTAMINANTES

FACTORES QUE INFLUYEN EN LA DISPERSIÓN DE LOS CONTAMINANTES

1. Características de las emisiones:

- Naturaleza del contaminante (gas/partícula).
- Concentración del contaminante.
- Temperatura de emisión (si la temperatura del gas es mayor que la temperatura del medio, el gas sube).
- Velocidad de salida (a mayor velocidad, más probabilidad de dispersión).
- Altura del foco emisor (a mayor altura, más probabilidad de dispersión).



C) DISPERSIÓN DE LOS CONTAMINANTES

FACTORES QUE INFLUYEN EN LA DISPERSIÓN DE LOS CONTAMINANTES

2. Condiciones atmosféricas:

- *Temperatura del aire y sus gradientes*, que determina el movimiento del aire, y por tanto, las condiciones de:
 - Las **borrascas** o situaciones de inestabilidad atmosférica, debido a la ascensión del aire (baja presión), favorecen la dispersión.
 - Una **situación anticiclónica** o de estabilidad atmosférica, con aire que baja hacia la superficie (alta presión), provoca una dificultad en la dispersión de los contaminantes. En los meses de invierno, con frío pero con buen tiempo, se llegan a dar altos niveles de inmisión en zonas industriales y ciudades debido a esta situación (**islas de calor**).
 - Noches muy frías de invierno llevan a que en muchos sitios haya masas de aire frío en superficie por debajo de masas cálidas, fenómeno conocido como **inversión térmica**. Las inversiones térmicas dificultan la dispersión de contaminantes, que sólo podrán ascender hasta el límite de dichas inversiones.

C) DISPERSIÓN DE LOS CONTAMINANTES

FACTORES QUE INFLUYEN EN LA DISPERSIÓN DE LOS CONTAMINANTES

2. Condiciones atmosféricas:

- *Vientos horizontales*: su dirección (hacia dónde llevarán los contaminantes), su velocidad (relacionada con la dispersión) y la turbulencia (que provoca la acumulación de contaminantes).
- *Precipitaciones*: lavan la atmósfera y llevan la contaminación al suelo.
- *Insolación*: favorece reacciones que producen oxidantes fotoquímicos (los contaminantes secundarios)



C) DISPERSIÓN DE LOS CONTAMINANTES

FACTORES QUE INFLUYEN EN LA DISPERSIÓN DE LOS CONTAMINANTES

3. Condiciones geográficas y topográficas:

a) En zonas costeras:

Las brisas diurnas llevan la contaminación al interior y las brisas nocturnas llevan la contaminación al mar.



b) En valles y laderas:

La situación es de inversión térmica siempre:

–De día (sin inversión térmica), las laderas se calientan y sube el aire, quedando el fondo del valle frío. **Facilidad de dispersión de contaminantes.**

–De noche (con inversión térmica) , el suelo calienta el aire adyacente, que asciende. El hueco lo ocupa aire frío, en el fondo. **Dificultad de dispersión de contaminantes.**

Las laderas impiden el movimiento de aire horizontal.



C) DISPERSIÓN DE LOS CONTAMINANTES

FACTORES QUE INFLUYEN EN LA DISPERSIÓN DE LOS CONTAMINANTES

3. Condiciones geográficas y topográficas:

c) Presencia de masas vegetales:

- Reducen la contaminación.
- Frenan la velocidad del viento y se depositan las partículas en las hojas.
- Absorben CO_2 durante la fotosíntesis.



C) DISPERSIÓN DE LOS CONTAMINANTES

FACTORES QUE INFLUYEN EN LA DISPERSIÓN DE LOS CONTAMINANTES

3. Condiciones geográficas y topográficas:

d) Presencia de ciudades:

- Edificios, que frenan la velocidad del viento.
- Disposición de las calles, que generan turbulencias.
- Efecto “isla de calor”: la temperatura dentro de la ciudad es mayor que en la periferia, por el calor procedente de combustiones de coches, calefacciones, los edificios, el pavimento. Aparecen brisas urbanas cíclicas (movimientos de aire dentro de la ciudad) y en presencia de aire frío periférico se dificulta la dispersión y se acumulan los contaminantes dentro de la ciudad, formando la cúpula de contaminantes.

D) EFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE

1. Efectos locales. Smog.

Cada contaminante tiene unos efectos que suponen riesgos para la salud, la vegetación y los materiales.

Nieblas contaminantes o smog.

Es el resultado de una contaminación atmosférica en la que una situación de elevada humedad y mala dispersión (condiciones de estabilidad) pueden producir graves daños a la población. Es el tipo de contaminación que podemos apreciar en días de invierno en las grandes ciudades.

Hay 2 tipos de smog:

a) Smog clásico o sulfuroso.

- Neblina de color pardo-gris sobre la ciudad.
- Produce alteraciones respiratorias que agravan el asma.
- Su origen está en: altas concentraciones de partículas en suspensión, SO₂ y CO.



D) EFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE

1. Efectos locales. Smog.

b) Smog fotoquímico.

- Presencia de bruma y formación de ozono.
- Produce irritación ocular, daños en la vegetación y materiales.
- Su origen está en la presencia de óxidos de nitrógeno, hidrocarburos y O_3 , junto con la radiación solar ultravioleta.



D) EFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE

2. Efectos Regionales. Lluvia ácida.

Retorno a la Tierra de óxidos de S y N descargados a la atmósfera en forma de ácidos disueltos en las gotas de lluvia, nieve, niebla y rocío.

La lluvia ácida se debe al transporte, reacción, precipitación y depósito del SO_2 y de los óxidos de nitrógeno de dos formas:

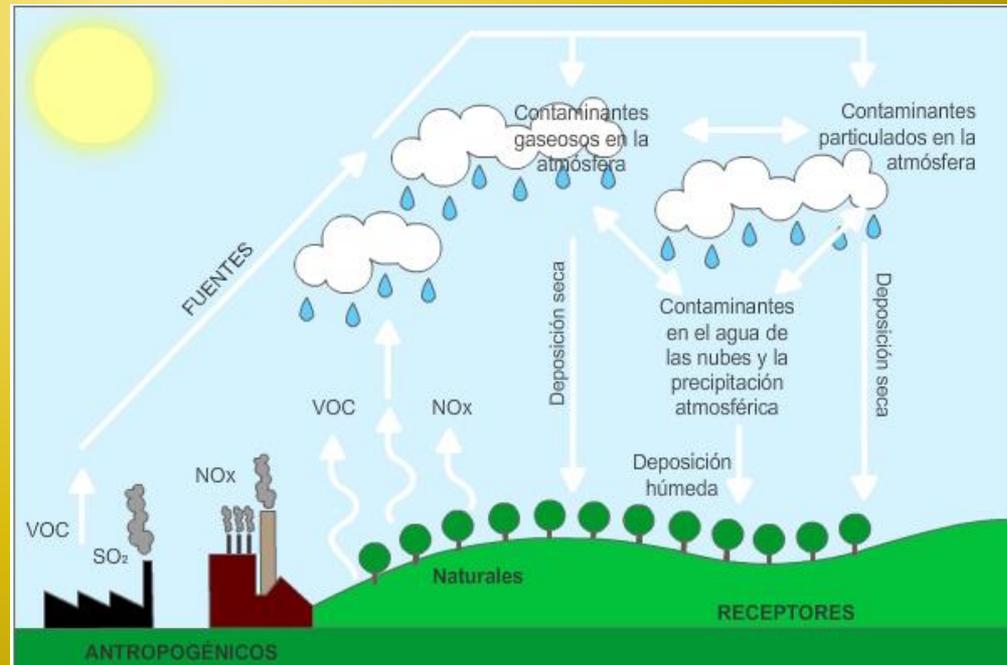
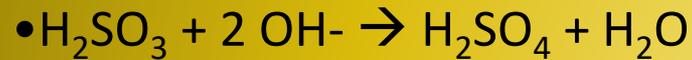
- Deposición seca: en forma gaseosa o como aerosoles (ocurre cerca de las fuentes de emisión).
- Deposición húmeda: se oxidan dando ácidos (sulfúrico y nítrico), que se disuelven con el agua en las nubes.



D) EFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE

2. Efectos Regionales. Lluvia ácida.

Estas son las reacciones que desencadenan la formación de lluvia ácida:



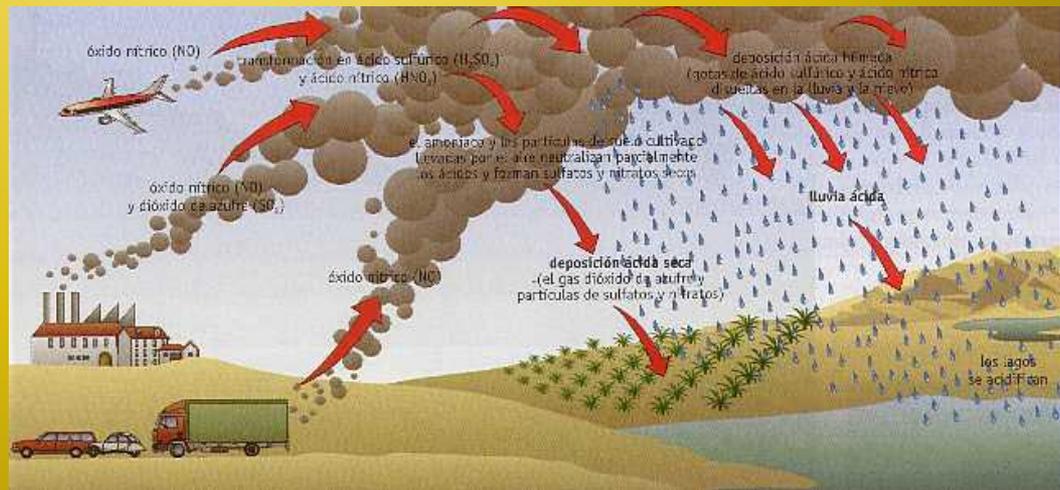
D) EFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE

2. Efectos Regionales. Lluvia ácida.

La intensidad de la lluvia depende de:

- La velocidad de las reacciones químicas.
- La presencia de humedad.
- La dinámica atmosférica (los procesos de transporte).

La contaminación de países como Reino Unido y Alemania llega a los países escandinavos debido a que la circulación atmosférica en esas zonas es de oeste a este.

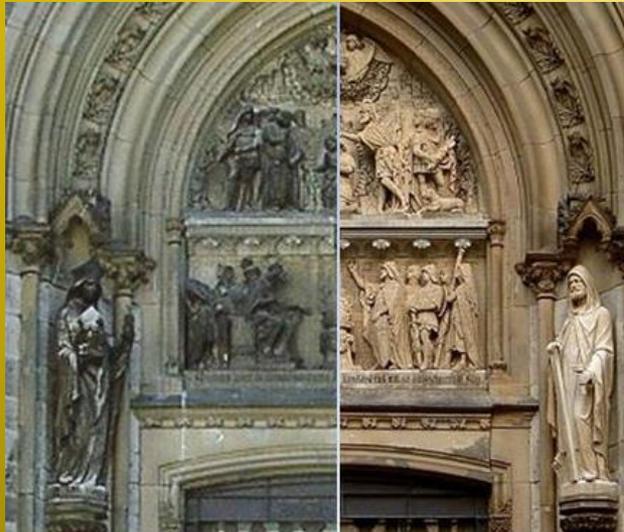


D) EFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE

2. Efectos Regionales. Lluvia ácida.

Sus efectos son:

- Corrosión de metales.
- Descomposición de materiales de construcción, sobre todo calizas.
- Acidificación del suelo y por tanto disminución de la vegetación.
- Destrucción de bosques por contacto con la lluvia ácida: necrosis de hojas, destrucción de la corteza y muerte.
- Acidificación de las aguas superficiales, lo que provoca la desaparición de los seres vivos.



D) EFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE

3. Efectos globales. Agujero en la capa de ozono (estratosfera)

Los efectos globales abarcan la totalidad del planeta.

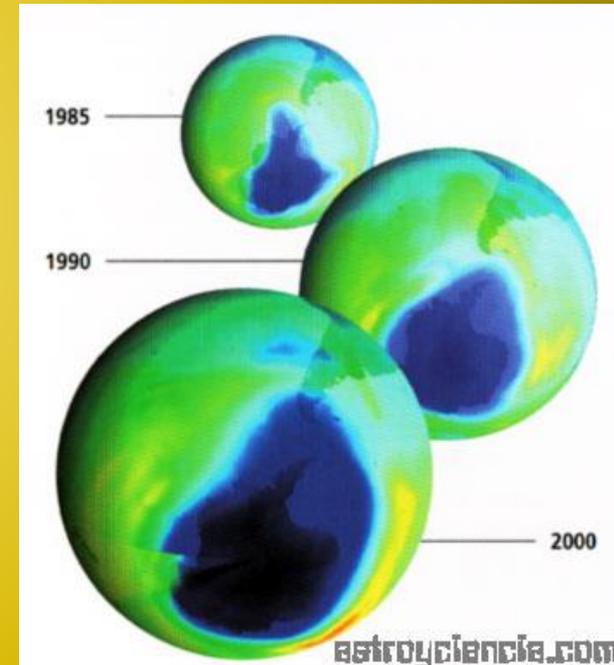
Entre los años 1977 y 1984 se detectó una reducción del 40% de la cantidad de ozono en la Antártida: se denominó **agujero de ozono**.

Actualmente ha aumentado su extensión, con efectos graves en la región como un aumento en los cánceres de piel.

El protocolo de Montreal (1987) estableció congelar la producción de CFCs responsables de su destrucción, reducirla un 20% en 1993 y un 30% más en 1998.

Se prevé la recuperación de la capa de ozono hacia el año 2050.

En la formación y destrucción del ozono están implicados los **óxidos del nitrógeno y los compuestos de cloro**.



D) EFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE

3. Efectos globales. Agujero en la capa de ozono (estratosfera)

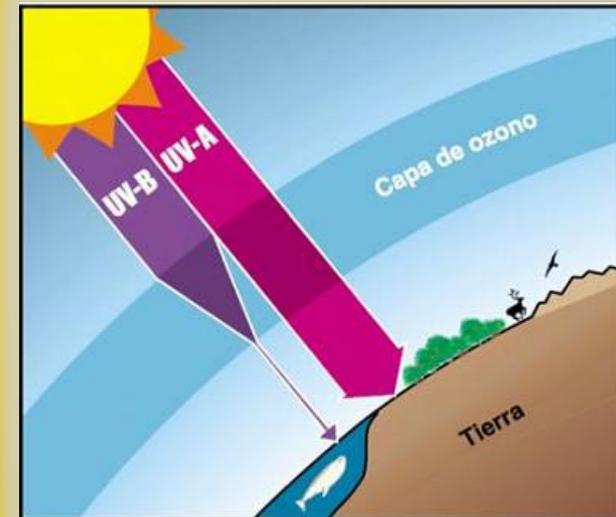
¿Qué es el agujero de ozono y qué efectos produce?

Es una disminución del espesor de la capa de ozono, debido a su destrucción.

El ozono absorbe todas las radiaciones UV-C (las más peligrosas) y un 70-90% de las UV-B. No absorbe ninguna UV-A, que son las menos perjudiciales.

Los **efectos** del agujero de ozono son:

- Cáncer, alteraciones inmunológicas y alteraciones oculares.
- Alteraciones en el crecimiento de vegetales, lo que reduce las cosechas.
- Cambio de la temperatura terrestre, que podría aumentar el efecto invernadero.



D) EFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE

3. Efectos globales. Agujero en la capa de ozono (estratosfera)

Papel de los CFC sobre la capa de ozono. Origen de los CFC.

Los **CFC** (también llamados freones) catalizan la destrucción del ozono estratosférico. Sólo pueden quedar atrapados por los **NO_x**, que también catalizan la destrucción del ozono.

El **origen** de los CFC se debe a su empleo:

- Como propelentes de aerosoles.
- En circuitos de refrigeración de frigoríficos y de aire acondicionado.
- En la fabricación de plásticos aislantes.
- En la limpieza de circuitos electrónicos.

Actualmente está prohibido fabricarlos y utilizarlos, pero los efectos todavía persisten.

Otros compuestos que también dañan la capa de ozono.

- Los **NO_x**: $\text{NO}_2 \rightarrow \text{NO}_3$ También catalizan la destrucción del ozono. Proceden de la desnitrificación del suelo y de la quema de combustibles fósiles.
- El **bromuro de metilo (BM)** también cataliza la destrucción de ozono. Se utiliza como herbicida, insecticida y desinfectante de edificios.
- Los **halones** empleados en tratamiento de incendios: el metilcloroformo, el CCl_4 y los HCFC. Este último se destruye en parte en la troposfera.

D) EFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE

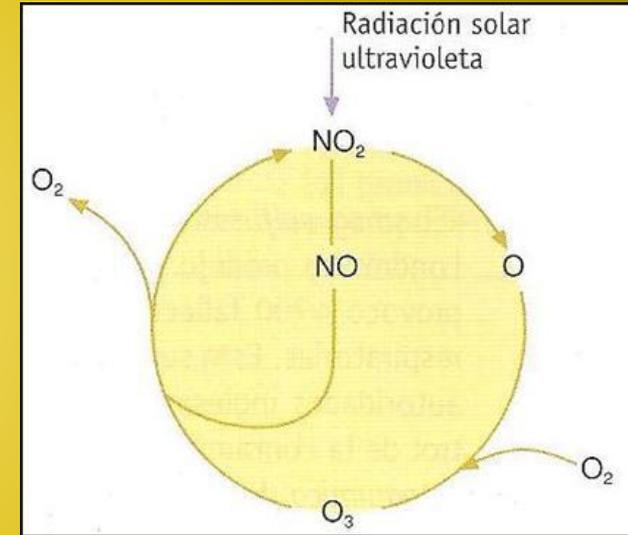
3. Efectos globales. Agujero en la capa de ozono (estratosfera)

Diferencias entre el ozono estratosférico y troposférico.

El **origen del ozono estratosférico** es por fotodisociación del O_2 por los rayos ultravioleta, liberando O , que se combina con O_2 y da O_3 :



El **ozono troposférico** puede tener un origen natural (por intrusiones estratosféricas, erupciones volcánicas o descargas de tormentas) o bien un origen antropogénico, por reacciones fotoquímicas de contaminantes primarios (NO_2 e HC) originados por el tráfico, combustiones o industrias químicas.



D) EFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE

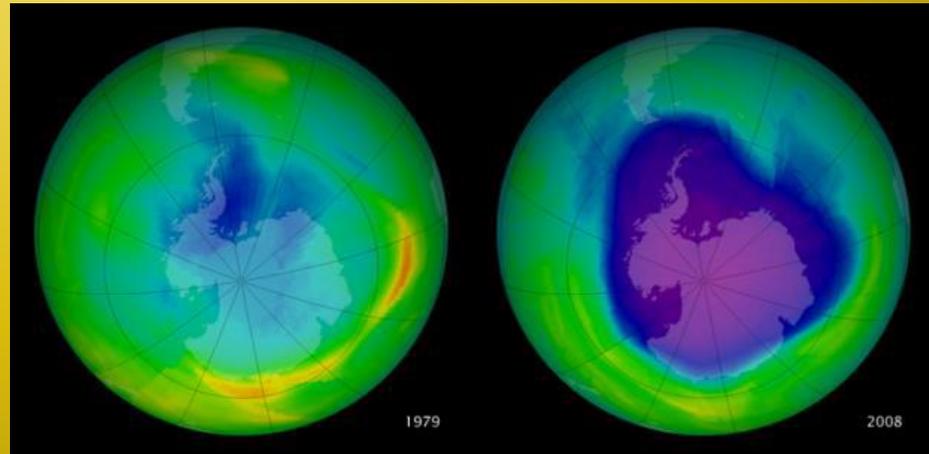
3. Efectos globales. Agujero en la capa de ozono (estratosfera)

Manifestaciones de la contaminación atmosférica relacionada con el ozono.

- Agujero en la capa de ozono: adelgazamiento en la capa de ozono estratosférico (causado por CFC, halones, HCFC, BM, metilcloroformo, CCl_4).
- Smog fotoquímico, del que el ozono troposférico es un componente.

Efectos sobre la salud del ozono troposférico.

- Irritaciones de las vías respiratorias.
- Problemas respiratorios agudos y empeoramiento del asma.
- Disminución de la capacidad pulmonar.
- Alteraciones del sistema inmunológico (aumento de la susceptibilidad a enfermedades respiratorias).



D) EFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE

3. Efectos globales. CO₂, efecto invernadero y cambio climático.

CO₂, ¿causa o consecuencia del cambio climático?

Un aumento significativo de la concentración de gases de efecto invernadero, como el dióxido de carbono, produce un clima más cálido y una disminución lleva a un clima más frío. *En este caso el CO₂ actuaría como causa del cambio climático.*

Un calentamiento global que produzca una ligera elevación de la temperatura del agua de los océanos lleva aparejada una disminución en la solubilidad del dióxido de carbono, lo cual significa que millones de toneladas que permanecían disueltas se desprenden del agua y pasan a la atmósfera, aumentando rápidamente el efecto invernadero y con ello todavía más la temperatura general de la Tierra.

Por el contrario un enfriamiento global (debido por ejemplo a causas astronómicas), hace aumentar la solubilidad de este gas en el agua que pasará desde la atmósfera, haciendo disminuir el efecto invernadero y, por lo tanto, un mayor enfriamiento del planeta.

En estos casos, la variación en la concentración en gases de efecto invernadero (CO₂) es la consecuencia del cambio climático.

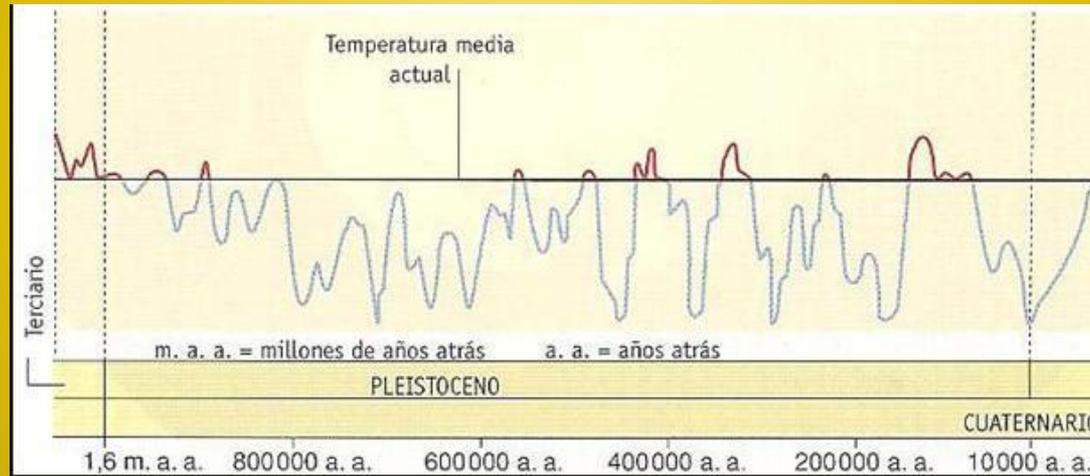
Por lo tanto, las variaciones en la concentración de dióxido de carbono están relacionadas con el cambio climático, en algunas ocasiones será la **consecuencia** de dicho cambio y en otras, será la **causa** del mismo.

D) EFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE

3. Efectos globales. Cambio climático global.

CAMBIOS CLIMÁTICOS PASADOS

Durante los últimos 800.000 años, ha habido largos períodos glaciales (de unos 100.000 años) separados por períodos interglaciales más cortos de clima más suave.



El **motivo de los cambios climáticos ocurridos durante el Cuaternario** fue la variación de la radiación solar incidente.

Durante los últimos 10.000 años (al acabar la última glaciación) también hay registradas varias fluctuaciones en las temperaturas.

D) EFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE

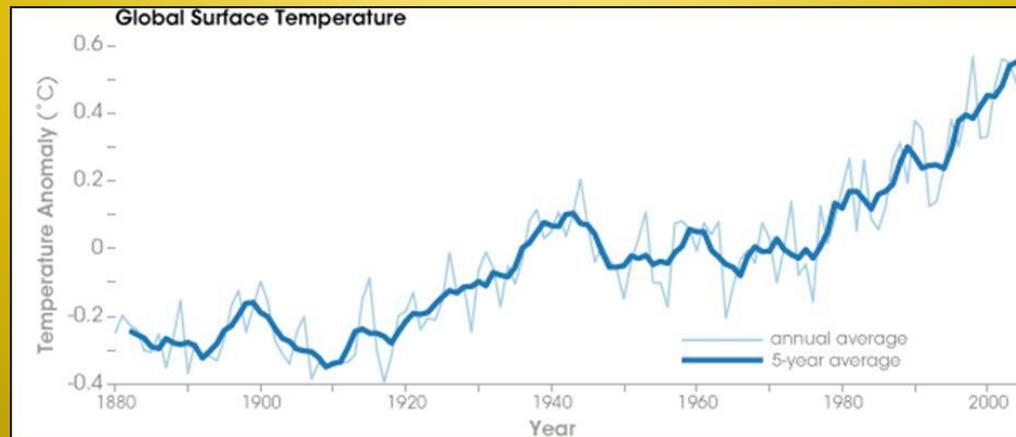
3. Efectos globales. Cambio climático global.

CAMBIOS CLIMÁTICOS PRESENTES Y FUTUROS

Desde el año 1900 (y especialmente desde 1960), la temperatura media del clima terrestre no ha dejado de aumentar.

Esto supone un calentamiento muy rápido en comparación con los cambios históricos anteriores.

Desde 1995 hasta 2006 se clasifican los 12 años más cálidos.



El calentamiento es un problema global.

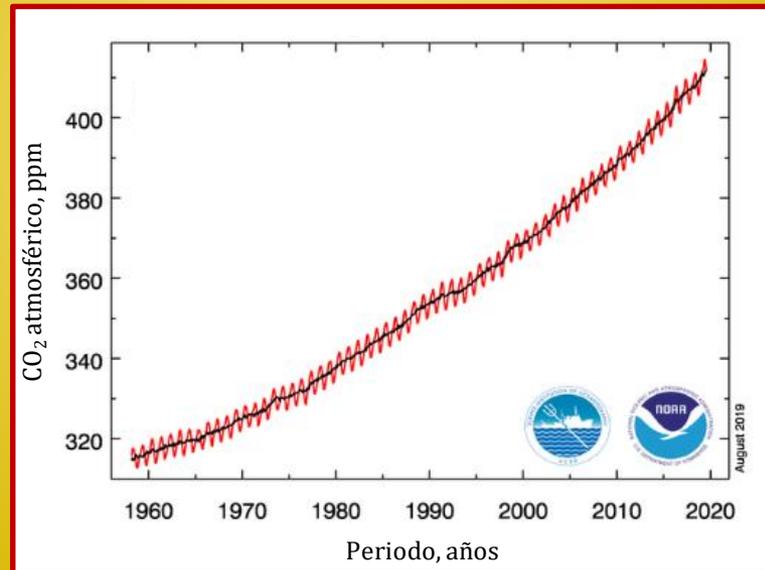
Hay que ver si es una variación natural o es producida por el **hombre**.

D) EFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE

3. Efectos globales. Cambio climático global.

CAMBIOS CLIMÁTICOS PRESENTES Y FUTUROS

Se sabe que en los últimos miles de años la concentración de CO₂ se mantuvo sobre los 280 ppm, pero desde la Revolución Industrial (1960) y la quema de combustibles fósiles ha aumentado hasta los 410 ppm alcanzados en agosto de 2019.



Observatorio Hawaiano
de Mauna Loa

Esta es la principal causa del aumento del efecto invernadero responsable del Cambio climático global actual.

Por lo tanto, podemos afirmar que **el ser humano es responsable del cambio climático.**

D) EFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE

3. Efectos globales. Cambio climático global.

CAMBIOS CLIMÁTICOS PRESENTES Y FUTUROS

PREVISIONES QUE SE HACEN SI CONTINÚAN LAS EMISIONES DE CO₂ COMO HASTA AHORA (CONSECUENCIAS DEL CAMBIO CLIMÁTICO):

- Subida de la temperatura entre 1,8 y 4°C.
- Fusión de los hielos polares.
- Subida del nivel del mar por el deshielo de los casquetes, lo que puede inundar zonas costeras. Entre 18 y 59 cm. Si la temperatura sube hasta los 3°C el mar podría subir hasta los 7m.
- Aumento de los icebergs.
- Reducción del albedo, lo que aumentará las temperaturas aún más.
- La descongelación del océano Ártico reducirá la densidad del agua, lo que alterará la circulación oceánica. Se pueden producir cambios en las corrientes marinas.

D) EFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE

3. Efectos globales. Cambio climático global.

CAMBIOS CLIMÁTICOS PRESENTES Y FUTUROS

PREVISIONES QUE SE HACEN SI CONTINÚAN LAS EMISIONES DE CO₂ COMO HASTA AHORA (CONSECUENCIAS DEL CAMBIO CLIMÁTICO):

- Variación de la distribución de las zonas climáticas, con efectos como por ejemplo, el avance de los desiertos subtropicales o ampliación de la distribución geográfica de enfermedades como la malaria o alergias respiratorias.
- Descongelación del permafrost que liberará CO₂ y metano, lo que aumentará todavía más el efecto invernadero.
- Aumento de temperaturas generalizado: más días de calor y menos días de frío al año.
- Cambios en la distribución de lluvias con mayor incidencia de inundaciones, sequías, olas de frío o de calor...
- Reducción en la calidad de las aguas y problemas sanitarios: reducción de las cosechas con el hambre y las enfermedades asociadas.

E) LA CALIDAD DEL AIRE

Se define mediante un conjunto de normas que marcan una frontera entre aire limpio y aire contaminado.

En España, la legislación fija los niveles máximos admisibles de emisiones de industrias y vehículos.

1. Vigilancia de la calidad del aire.

Consiste en evaluar la presencia de agentes contaminantes y su evolución en el tiempo y espacio, para prevenir sus efectos.

Se lleva a cabo mediante:

- Redes y estaciones de vigilancia (manuales y automáticas)
- Métodos de análisis, por equipos automáticos. Son específicos para cada contaminante.
- Indicadores biológicos: presencia, ausencia o alteraciones en seres vivos muy sensibles a la contaminación, como los líquenes.
- Empleo de sensores líder (los vimos en Tema 3).



E) LA CALIDAD DEL AIRE

1. Vigilancia de la calidad del aire.

INDICADORES DE CONTAMINACIÓN. BIOINDICADORES. Los Líquenes.

La tecnología actual cuenta con instrumentos muy precisos que pueden captar y analizar multitud de componentes vertidos a la atmósfera. Estos sistemas de control pueden instalarse en focos de emisión (chimeneas) o pueden medir en distintos lugares la inmisión. Normalmente miden continua y automáticamente, y los datos son enviados por radio a centros de control (Red de Vigilancia y Control de la Calidad del Aire). Estas estaciones de recogida de datos pueden encontrarse fijas en puntos determinados o pueden estar situadas sobre vehículos.

Existen otros sistemas de detección de contaminación atmosférica que, al menos en un primer momento, pueden dar información acerca de la calidad del aire. Desde hace algunos años se sabe que los **líquenes** (organismos formados por la asociación simbiótica de un hongo y unas algas unicelulares), que habitan sobre las rocas o sobre la corteza de los árboles, son muy sensibles a la contaminación atmosférica.

E) LA CALIDAD DEL AIRE

2. Medidas preventivas.

Para evitar la aparición del problema:

- Planificar los usos del suelo: minimizar el impacto de las industrias mediante una correcta ordenación del territorio.
- Evaluación de Impacto Ambiental: establecer medidas antes de realizar un proyecto o no realizarlo si un estudio previo así lo determina.
- Empleo de tecnologías limpias.
- I + D para desarrollar fuentes de energía limpias.
- Mejorar la calidad de los combustibles.
- Educación ambiental: conseguir un uso racional de energía por parte de los ciudadanos.
- Establecer leyes que regulen la calidad del aire.



E) LA CALIDAD DEL AIRE

3. Medidas correctoras.

Una vez que está el problema (contaminación del aire):

- Retención de partículas por gravedad o por campos eléctricos. Se emplean filtros secos o húmedos. El inconveniente es que generan a su vez otros residuos (sólidos o líquidos).
- Depuración de gases mediante:
 - Absorción por líquidos.
 - Adsorción en sólidos.
 - Combustión.
 - Reducción catalítica.
- Chimeneas que faciliten la dispersión, pero que llevan el problema a otro lugar más alejado.

