

FUNDAMENTOS AMBIENTALES EN INGENIERÍA

UNIDAD 3:

AIRE

Dra. Ing. Clarisa Alejandrino

31 de marzo de 2025

clarisa.alejandrino@uncuyo.edu.ar

3.A ATMÓSFERA

Atmósfera y biosfera. Composición y estructura de la atmósfera. Composición del aire. Presión atmosférica. Agua en la atmósfera. Clima. Oxígeno y dióxido de carbono.

3.B CONTAMINACIÓN DEL AIRE POR GASES Y PARTÍCULAS

Fuentes y efectos de los contaminantes. Contaminantes primarios y secundarios. Conceptos de emisión - inmisión. Dispersión de gases. Disminución del ozono estratosférico. Efecto invernadero. Precipitación ácida y sedimentación. Óxidos de carbono, de azufre y de nitrógeno. Partículas y aerosoles. Mediciones en aire. Contaminación atmosférica urbana. Prevención.

3.C OTRAS FORMAS DE CONTAMINACIÓN DEL AIRE

Propiedades físicas del sonido. El ruido y las personas. Estándares del ruido. Medición del ruido. Contaminación sonora. Efectos sobre la salud humana, sobre los animales, la vegetación y los materiales. Otros contaminantes: por vibraciones, radiación electromagnética y radioactividad.

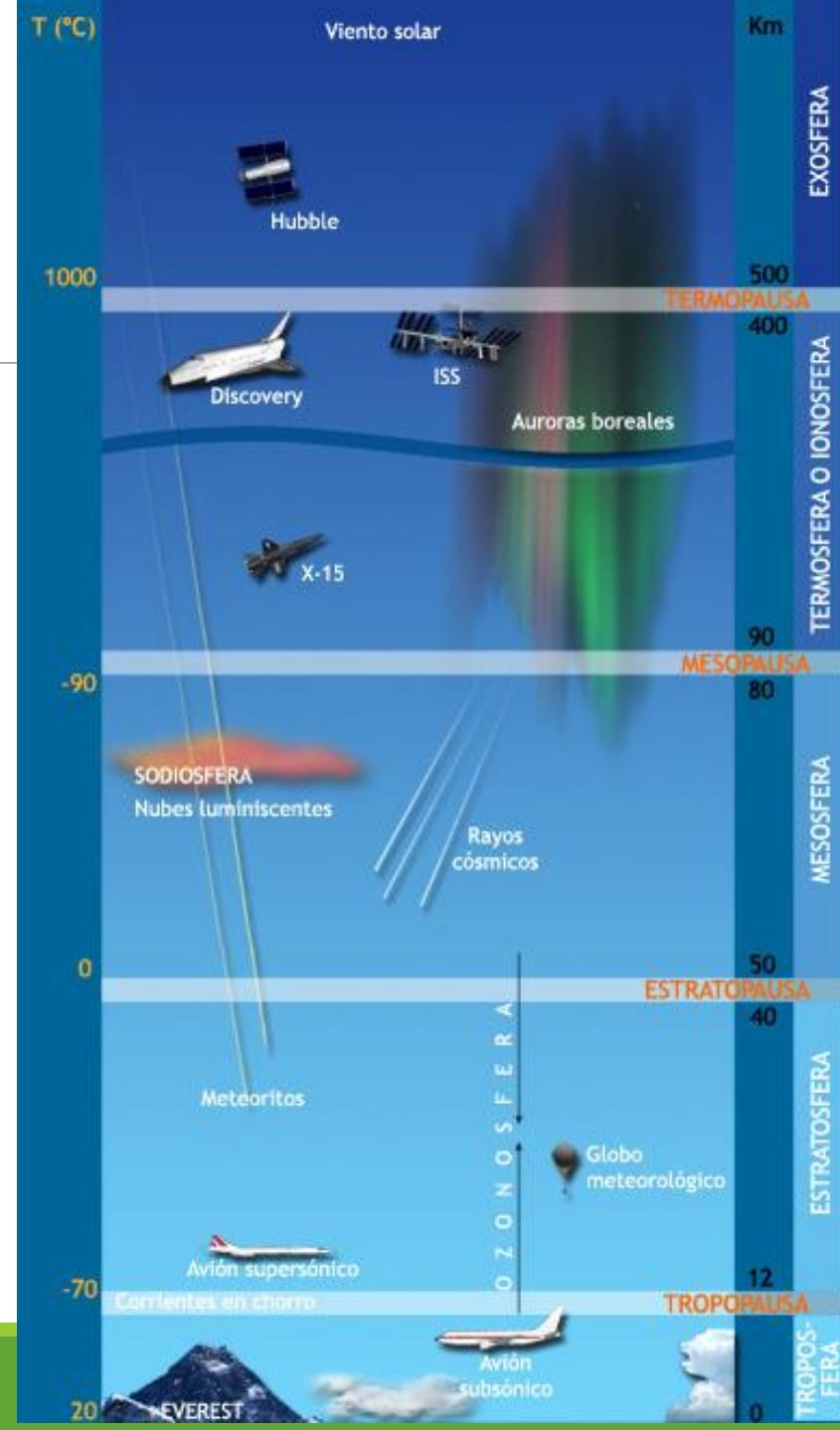
- **FUNDAMENTOS AMBIENTALES EN INGENIERÍA**
-

3A ATMÓSFERA

ATMÓSFERA

Capa gaseosa que envuelve un astro; especialmente, la que rodea la Tierra.

Se divide en estratos, cada uno con características diferentes entre sí





COMPOSICIÓN AIRE

1. Troposfera (0 - 12 km)

- **Composición:** Similar a la del aire a nivel del mar: **78% nitrógeno (N₂), 21% oxígeno (O₂), 0.93% argón (Ar) y 0.04% dióxido de carbono (CO₂)**, además de trazas de otros gases y vapor de agua.
- **Características:** Es donde ocurren los fenómenos meteorológicos. La concentración de vapor de agua es mayor aquí y disminuye con la altitud.

2. Estratosfera (12 - 50 km)

- **Composición:** Similar a la troposfera, pero con menor cantidad de vapor de agua y un aumento en la concentración de **ozono (O₃)** en la capa de ozono (entre 15 y 35 km).
- **Características:** Es una capa protectora para la tierra, ya que es la encargada de evitar el paso de los rayos ultravioleta, también llamada ozonósfera. La capa de ozono absorbe la radiación ultravioleta del Sol, lo que hace que la temperatura aumente con la altitud.

COMPOSICIÓN AIRE

3. Mesosfera (50 - 85 km)

- **Composición:** Sigue siendo similar en términos de nitrógeno y oxígeno, pero con una **menor densidad** de gases.
- **Características:** En esta capa se producen las reacciones químicas y diversas transformaciones energéticas. Es la capa más **fría** de la atmósfera, y en ella se desintegran la mayoría de los meteoritos. También se encuentran átomos de sodio y hierro provenientes de meteoroides.

4. Termosfera (85 - 600 km)

- **Composición:** Aquí los gases ya no están bien mezclados como en las capas inferiores, sino que los elementos más ligeros (como el hidrógeno y el helio) predominan en las capas superiores.
- **Características:** Se encuentra la **ionosfera**, donde los átomos y moléculas están ionizados debido a la radiación solar. Desempeña un papel importante en la electricidad atmosférica.

COMPOSICIÓN AIRE

5. Exosfera (600 km en adelante)

- **Composición:** Predominan los gases más ligeros, como el hidrógeno y el helio, con una **densidad extremadamente baja**.
- **Características:** No hay un límite claro con el espacio exterior, y las partículas pueden escapar al espacio debido a la baja gravedad.

En resumen, en las capas bajas de la atmósfera (troposfera y estratosfera), la composición del aire es más homogénea, mientras que en las capas superiores (termosfera y exosfera), los gases más ligeros son más abundantes debido a la menor fuerza gravitatoria y la influencia de la radiación solar.

BIOSFERA

Es el sistema formado por el conjunto de seres vivos del planeta tierra y sus interrelaciones (influyen tanto los microorganismos en el medio, como el medio sobre los organismos).

El conjunto de todos los **ecosistemas** de la Tierra conforma lo que denominamos la biosfera.

La lección ecológica clave al estudiar la biosfera es que todo está **interrelacionado**.



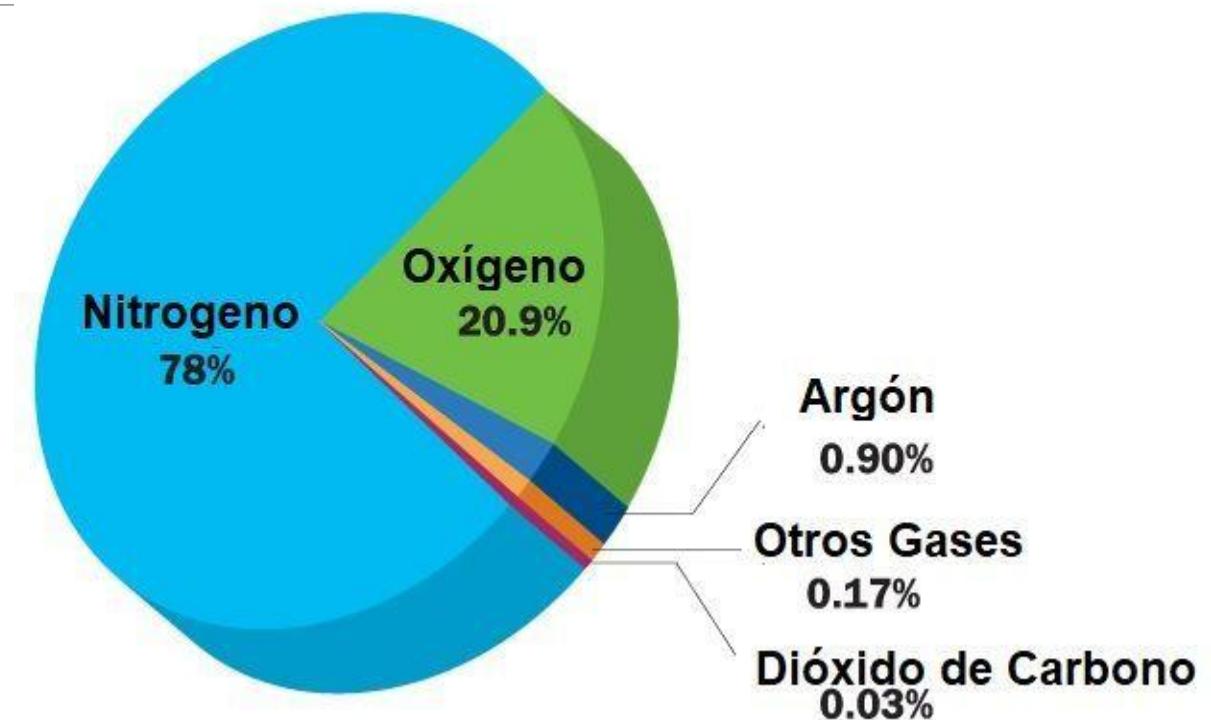
AIRE

Sustancia gaseosa, transparente, inodora e insípida que envuelve la Tierra y forma la atmósfera

El aire en la troposfera, cercano a la superficie de la tierra y al que **llamaremos Aire Ambiente** también está sujeto a estas acciones naturales y será el objeto de nuestro estudio.

El aire ambiente es un gas, o mejor, una mezcla de gases que en la troposfera resulta ser un recurso natural esencial para el desarrollo de numerosas formas de vida.

COMPONENTES DEL AIRE



COMPOSICIÓN AIRE

Pudiendo contener, en concentraciones variables, otros compuestos como:

Hidrógeno, Vapor de agua, Metano, Óxidos de Nitrógeno, Dióxido de Azufre, Ozono, Material Particulado Suspendido, ...

Muchos de estos últimos forman parte del aire ambiente debido a la acción antropogénica, es decir se incorporaron a la atmósfera por diferentes actividades humanas, provocando la Contaminación del Aire Ambiente.

PRESIÓN ATMOSFÉRICA

Es la fuerza por unidad de superficie que ejerce la atmósfera en un punto específico debido a la acción de la fuerza de la gravedad sobre la columna de aire situada por encima de este punto.

Cuanto mayor sea la altitud menor será la presión atmosférica. A mayor altura, menor cantidad de aire queda por encima, que por tanto pesa menos y ejerce menos presión.



A nivel del mar
el agua alcanza punto
de ebullición a los 100 °C

0m

En el cerro Aconcagua
(Argentina) el agua alcanza punto
de ebullición a los 75,5 °C

Aconcagua
6959 m

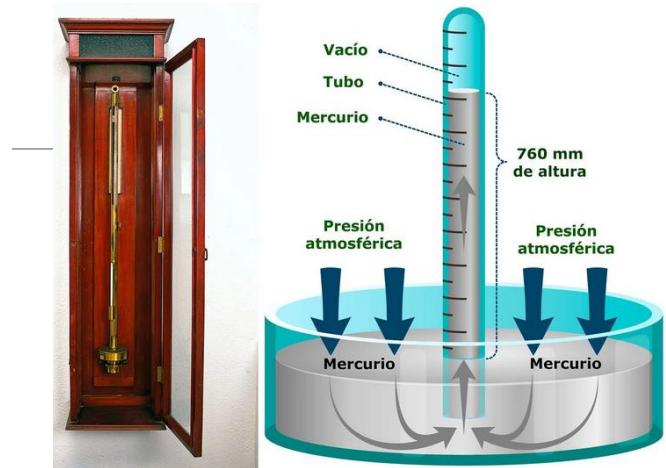
En el monte Everest
(Nepal) el agua alcanza punto
de ebullición a los 70 °C



Everest
8848 m

PRESIÓN ATMOSFÉRICA

Las unidades habituales de medida en meteorología son: los milibares (mbar) o hectopascales (hPa), las atmósferas (atm) y los milímetros de mercurio (mmHg). Tradicionalmente se media en mmHg, es decir, la altura de la columna de mercurio en equilibrio con la columna de aire atmosférico.



Normalmente se toma como referencia la presión atmosférica que existe a nivel del mar. En dicho nivel su valor normal se considera de 1013 hPa (1013 mbar, 1 atm o 760 mmHg). Disminuyendo de media en 1 hPa por cada 8 metros de altura.

AGUA EN ATMOSFÉRA

Humedad relativa: vapor de agua en el aire

- La humedad juega un papel negativo en la evolución de los contaminantes ya que favorece la acumulación de humos y polvo. Además, puede generar reacciones en ciertos compuestos que se convierten en otros que tienen efectos más nocivos sobre los seres vivos y los materiales.

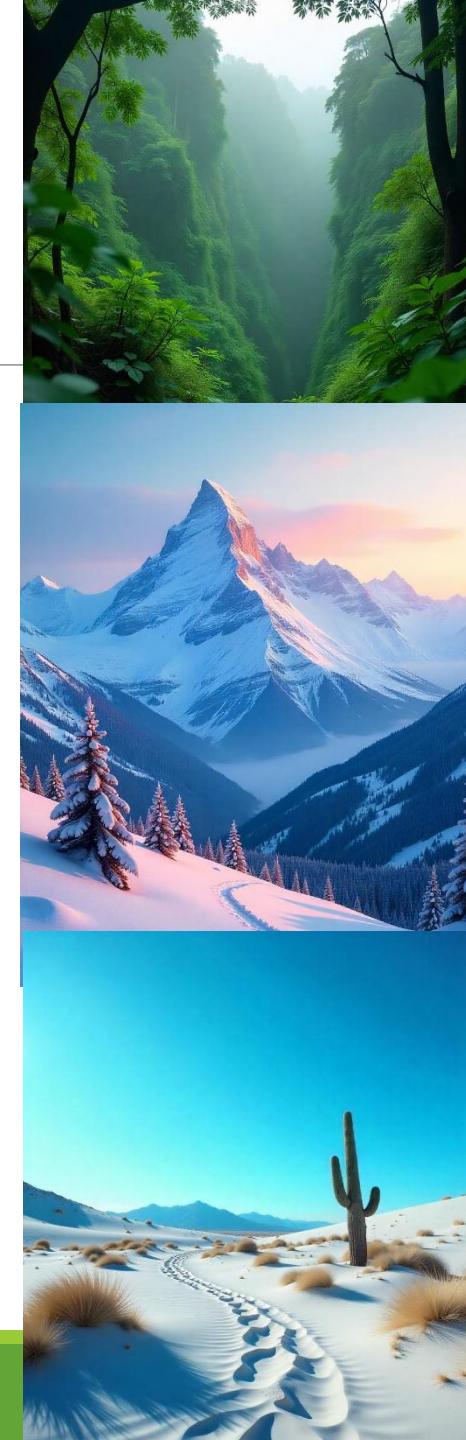
Precipitaciones

- Las lluvias y las nevadas tienen un efecto beneficioso sobre la eliminación de las sustancias contaminantes del aire. Pero este efecto es solamente parcial ya que los contaminantes son eliminados del aire para caer en la tierra o las aguas.

CLIMA

Síntesis de las condiciones meteorológicas en un lugar determinado, caracterizada por estadísticas a largo plazo (valores medios, varianzas, probabilidades de valores extremos, etc.) de los elementos meteorológicos en dicho lugar.

El clima de una ubicación está afectado por su latitud, terreno y altitud, así como cuerpos de agua cercanos y sus corrientes. Los climas pueden clasificarse según la media y las gamas típicas de diferentes variables, generalmente temperatura y precipitación. El esquema de clasificación más utilizado la clasificación climática de Köppen.



OXIGENO

Elemento químico gaseoso, incoloro, inodoro, insípido y muy reactivo.

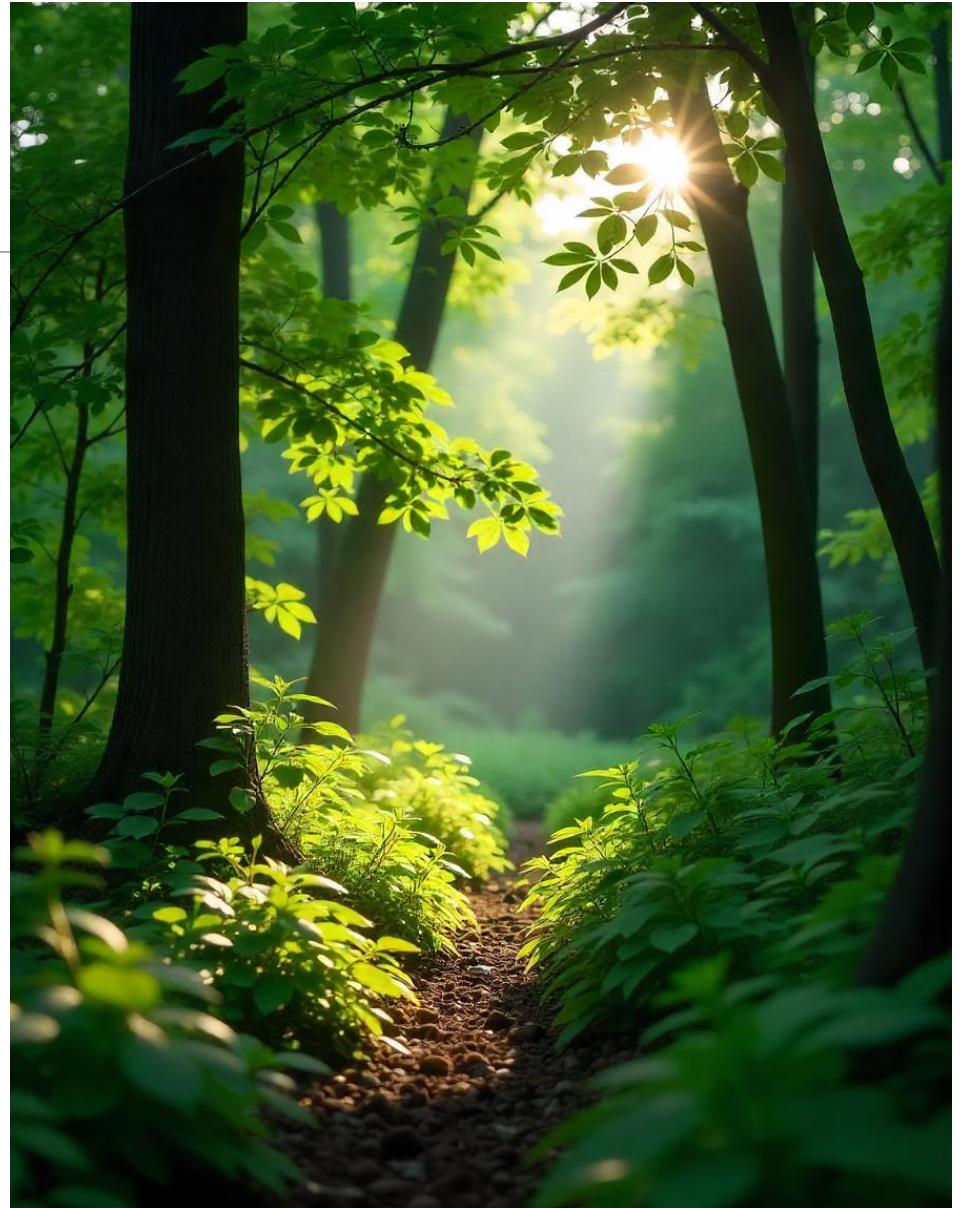
Presente en todos los seres vivos, esencial para la respiración y para los procesos de combustión, que forma parte del agua, de los óxidos y de casi todos los ácidos y sustancias orgánicas, y constituye casi una quinta parte del aire atmosférico en su forma molecular O₂.



DIÓXIDO DE CARBONO

Gas más pesado que el aire, formado por la combinación de un átomo de carbono y dos de oxígeno (CO₂).

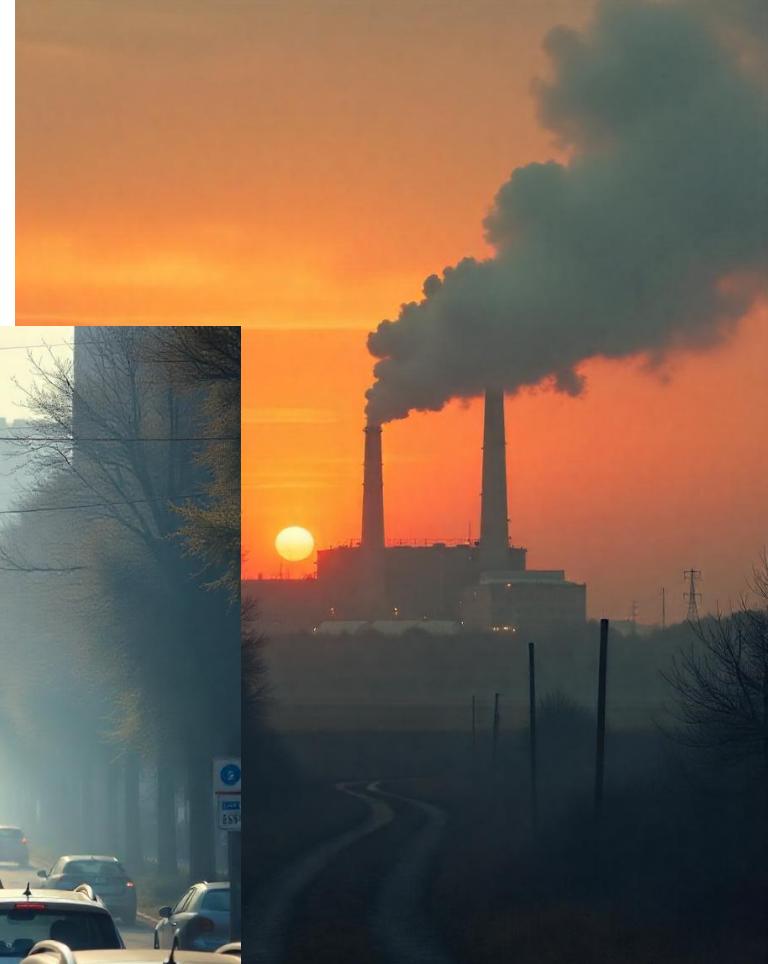
Se hace presente de manera natural en la atmósfera como parte del ciclo del carbono de la Tierra (la circulación natural de carbono entre la atmósfera, los océanos, la tierra, las plantas y los animales).



DIÓXIDO DE CARBONO

En relación con las actividades del hombre se produce en la combustión de combustibles fósiles, algunos procesos industriales .

Es uno de los principales causantes del efecto invernadero.



- **FUNDAMENTOS AMBIENTALES EN INGENIERÍA**

3B CONTAMINACIÓN DEL AIRE POR GASES Y PARTÍCULAS

FUENTES DE LOS CONTAMINANTES

Existen múltiples fuentes, en su mayoría de origen antropogénico, que contribuyen a contaminar el aire de nuestras ciudades. Algunas de las principales son:

- ❖ **Tráfico de vehículos:** Los vehículos que cada día circulan por las ciudades son una de las principales fuentes de contaminación. Se pueden generar dióxido de carbono, óxidos de nitrógeno, partículas PM₁₀ y PM_{2.5} y plomo.
- ❖ **Consumo de energía:** Genera un gran volumen de partículas en suspensión, monóxido y dióxido de carbono.
- ❖ **Industrias:** Además de los gases que genera la quema de combustibles fósiles, la industria es responsable de liberar metales pesados tales como el níquel y el arsénico.



INDICADORES DE CONTAMINACIÓN

Se conoce como indicadores de contaminación a seis contaminantes (ozono, monóxido de carbono, dióxido de nitrógeno, dióxido de azufre, plomo, material particulado fino) con base en criterios referentes a efectos específicos en la salud y el medioambiente.

Los indicadores de contaminación se encuentran en esta lista por dos razones principales:

- 1) Son muy comunes, de manera que la mayoría de la gente el medioambiente están expuestos a ellos
- 2) Pueden causar un gran daño.

CONTAMINANTE	FUENTE	EFECTOS
Óxido de Nitrógeno (NOx)	Reacción de N ₂ en el aire con el O ₂ durante la combustión, fabricación de fertilizantes y explosivos	Neblina pardusca. Afecta la salud humana (sistema respiratorio), la vegetación, los materiales y la visibilidad. Precursor en formación de O ₃ y de ácido nítrico (lluvia ácida)
Dióxido de azufre (SO ₂)	Combustión de combustibles que contienen azufre o extracción de metales de minerales que contienen azufre, plantas de ácido sulfúrico. El azufre se oxida produciendo SO ₂	Partículas de sulfato producen enfermedades respiratorias. Disuelto en vapor de agua se convierte en ácido sulfúrico, formando precipitación acida (afectación a materiales de construcción).
Monóxido de carbono (CO)	Combustión incompleta de combustibles (motores vehículos, procesos industriales y calefacción).	Se absorbe en sangre. En cantidades bajas puede generar problemas cardiovasculares. En cantidades altas genera asfixia.
Plomo (Pb)	Combustibles y pinturas con plomo añadido, minería y fundición de plomo y fábricas de baterías de plomo-ácido.	Efecto acumulativo y permanente. Afecta el Sistema nervioso, y a los riñones, y afecta las funciones normales del sistema reproductivo, endocrino, cardio-vascular, inmunológico y gastrointestinal.
Ozono (O ₃)	Secuencia compleja de reacciones químicas dadas por la luz solar	Fuerte irritante respiratorio. Daño pulmonar, asma.
Material particulado fino	Las partículas no son una combinación uniforme de compuestos; algunas son ácidos, químicos orgánicos, metales o arenas.	Provocan irritaciones y enfermedades respiratorias y a largo plazo intoxicación crónica.

Fuente: Adaptado de Mihelcic (2012)

OTROS CONTAMINANTES: EFECTOS

<i>Contaminante</i>	<i>Efecto sobre la salud</i>
<i>Asbesto</i>	Provoca cáncer pulmonar y pleural.
<i>Berilio</i>	Causa beriliosis y cáncer en los animales.
<i>Mercurio</i>	Enfermedades del sistema nervioso central.
<i>Cloruro de Vinilo</i>	Cancerígeno.
<i>Benceno</i>	Produce leucemia y daño neurológico.
<i>Arsénico Inorgánico</i>	Causa daño a la piel y al pulmón.
<i>Emanaciones de hornos de Coque</i>	Produce cáncer al pulmón, a la próstata y los riñones.

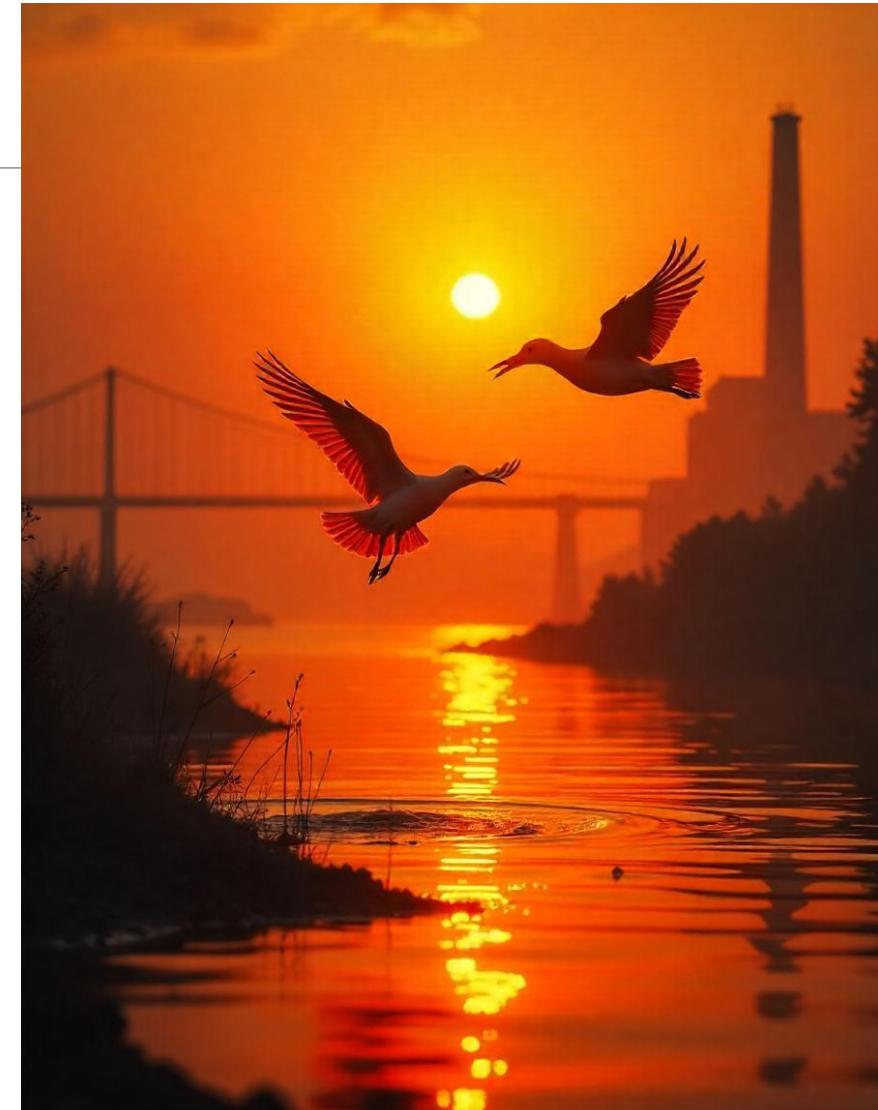
OTROS CONTAMINANTES: EFECTOS

Efectos sobre animales

La susceptibilidad varía con las diferentes especies para los diversos contaminantes (derivados del azufre, oxidantes, fluor, compuestos del nitrógeno, combinaciones de hidrocarburos y sílice).

Efectos sobre los vegetales

Normalmente los contaminantes son absorbidos en el proceso de respiración de la planta y actúan en forma directa como inhibidores de la fotosíntesis. Estos contaminantes se deben a la alta actividad de smog fotoquímico, del cloro, el anhídrido sulfuroso y compuestos orgánicos oxigenados.



OTROS CONTAMINANTES: EFECTOS

Efectos en materiales

Metales: corrosión en atmósferas contaminadas y mucha humedad.

Pinturas: El SO_2 y el H_2S actúan sobre la pigmentación cambiando el color.

Construcción: Las partículas sólidas producen abrasión y sedimentación. Los contaminantes de carácter ácido reaccionan con caliza en ambientes húmedos, para formar sulfatos hidratados solubles en agua.

Cauchos: Los oxidantes, actúan sobre los enlaces dobles, lo cual produce roturas de uniones moleculares.

Textiles: Los óxidos de azufre generan deterioro y roturas con gran facilidad cuando las telas se encuentran sometidas a tensiones.



CONTAMINANTES PRIMARIOS Y SECUNDARIOS

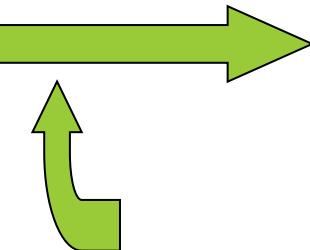
Contaminantes primarios: son aquellos que proceden directamente de la fuente de emisión.

Contaminantes secundarios: son los originados por interacción química entre los primarios y los componentes de la atmósfera

Foco de emisión



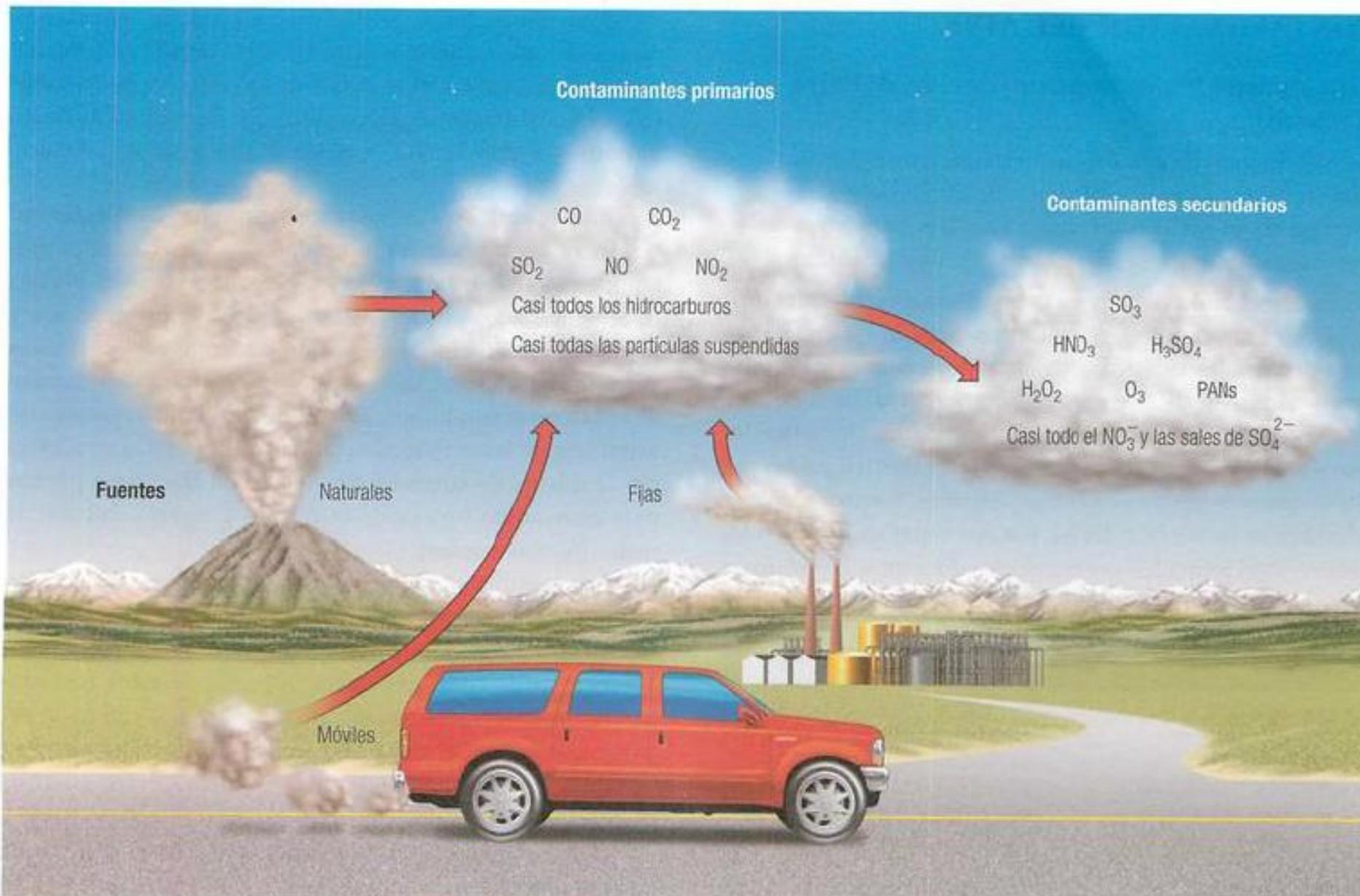
Contaminante
primario:



Contaminante
secundario:

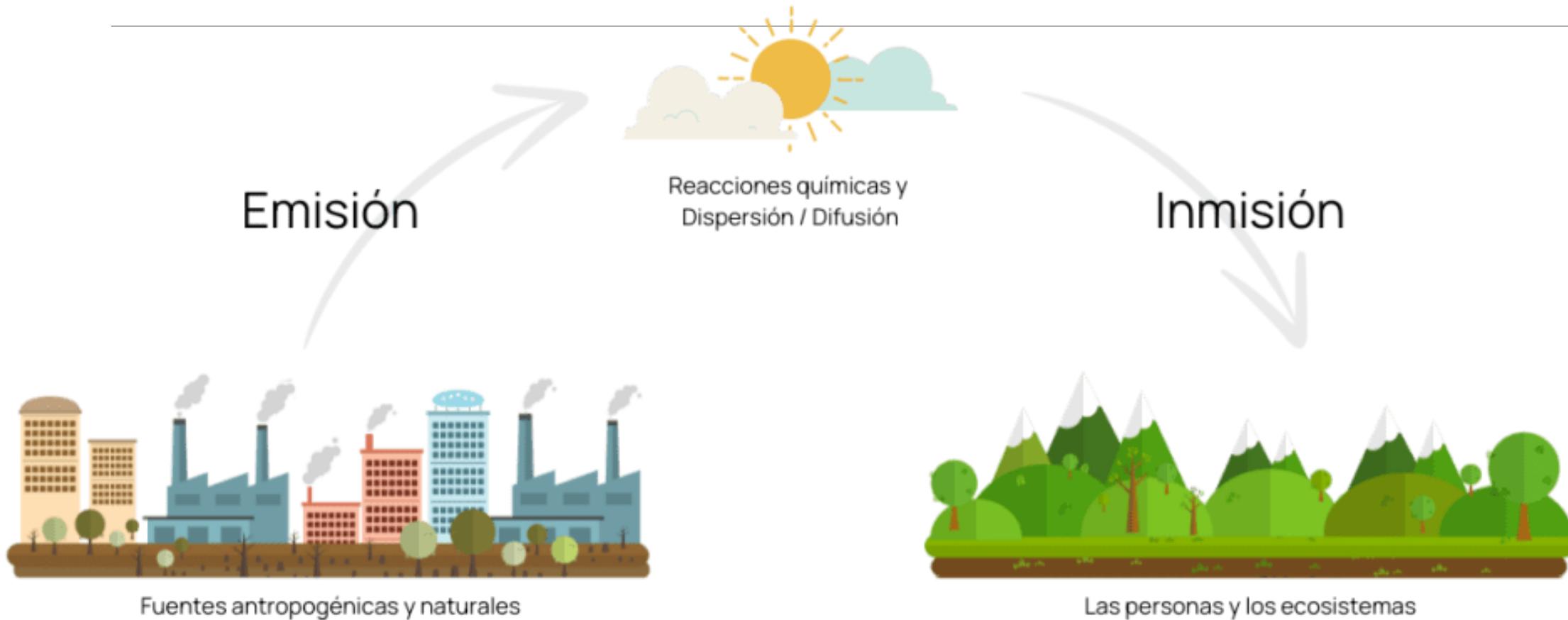
Componente
de la
atmósfera

CONTAMINANTES PRIMARIOS Y SECUNDARIOS



Fuente: Extraído de Tyler Miller (2007)

EMISIÓN – INMISIÓN



EMISIÓN – INMISIÓN

Cuando se habla de **EMISIÓN** se refiere a los gases que se liberan directamente desde el conducto final de su proceso de producción (por ejemplo una chimenea o un escape). Para estos casos, se fijan *normas de emisión* que establecen las cantidades de gases que pueden liberarse, y no se habla de concentración sino de **Caudal**, en general expresado como **gramos/segundo; Kg/hora; Ton/día**; etc., es decir masa de contaminante por unidad de tiempo.

Esta liberación de gases a la atmósfera sufre una difusión o mezcla con el aire ambiente, y a pocos metros del punto de escape existe solo una pequeña cantidad de los contaminantes liberados, mezclada con el aire. Esta cantidad va disminuyendo a medida que nos alejamos del punto de escape. A esta situación se la define como **INMISIÓN** y es la que determina la calidad del aire y que se evalúa en los términos de concentración definidos anteriormente.

DISPERSIÓN DE GASES

Los contaminantes emitidos por una fuente tienden a difundirse y por tanto se dispersan. Para el estudio de la dispersión, en una zona determinada, interesa conocer varios factores: **topográficos, meteorológico y las características de la emisión.**

Los **factores topográficos** influyen, por cuanto están modificando localmente el movimiento de la masa de aire y la distribución de temperaturas. Cuando un emisor se encuentra próximo a un obstáculo notable y el viento se dirige hacia la zona del obstáculo, se producen turbulencias en el penacho de humo, que se aproxima más rápidamente al suelo.

Con respecto los factores meteorológicos que hacen a la dispersión, la variación de **temperatura** que se produce con la altura en la atmósfera es uno de los factores que más influyen en las fuerzas ascensionales de un penacho. También es muy importante en la difusión de contaminantes el **viento**. En días calmos los penachos ascienden a alturas considerables, en tanto que si hay viento el penacho se inclina en mayor o menor grado de acuerdo a la intensidad del viento. Por ello, es importante para la localización de una nueva planta industrial el estudio de las condiciones del entorno.

CHIMENEAS

Con el objeto de facilitar la dispersión de los contaminantes producidos por una fuente fija, se recurre al uso de chimeneas. Para mejorar la distribución de los mismos es fundamental la altura efectiva de penacho que se consiga, la que es función de la altura, la temperatura y la velocidad de emisión, además de las condiciones meteorológicas.



CHIMENEAS: CARACTERÍSTICAS

Altura de Emisión: A mayor altura se consigue una mayor altura efectiva del penacho y se disminuye la influencia de los factores topográficos superficiales, realizándose al mismo tiempo la emisión en una zona con mayor velocidad del viento y disminuyendo el problema de la capa de inversión, que es más frecuente en las zonas inferiores.

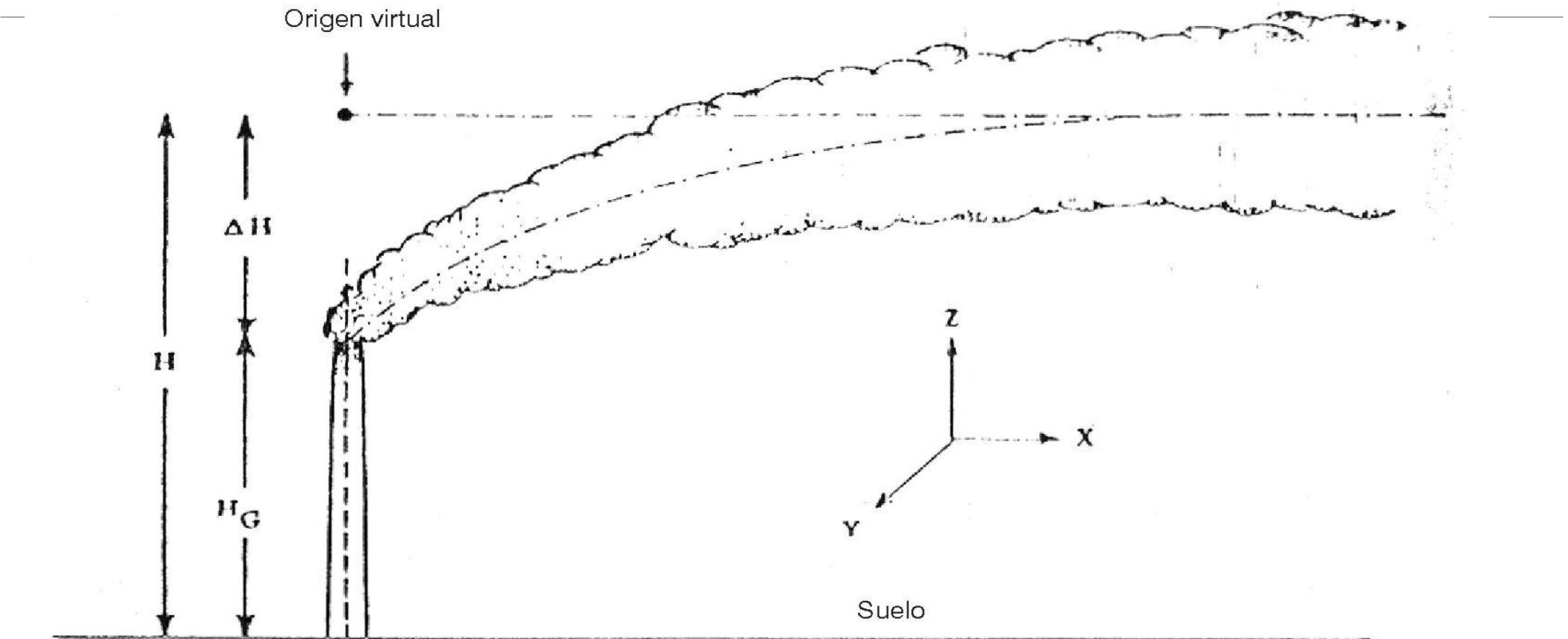
Sobre elevación del Penacho:

La altura efectiva de la chimenea es:

$$H = h + \Delta h$$

Donde h es la altura geométrica de la chimenea y Δh es la altura sobre elevación del penacho, la cual es función de la energía térmica, la energía cinética y las condiciones meteorológicas. El penacho de humos, una vez emitido, asciende como consecuencia de la energía que posee y se dobla por la acción del viento. Progresivamente en su evolución pierde energía, y llega un momento en que se estabiliza, produciendo un máximo en la sobre elevación.

CHIMENEAS: CARACTERÍSTICAS



CHIMENEAS: CARACTERÍSTICAS

Velocidad de Emisión:

A mayor velocidad de emisión, es menos probable que se presente el fenómeno de proyección de penacho hacia el suelo. Existe una relación estrecha entre la velocidad de emisión y la velocidad del viento. Es aconsejable que la velocidad de emisión sea mayor que la del viento.

Temperatura de Emisión:

La temperatura provoca una fuerza ascensional que es mayor cuanto mayor sea la diferencia existente con el medio, este efecto se va diluyendo a medida que se produce un enfriamiento de la masa por mezcla con el ambiente.

MODELOS DE DISPERSIÓN DE GASES

Los modelos permiten relacionar la emisión de contaminantes con la **concentración y estado** de dichos contaminantes en la atmósfera en función de **las características propias de la emisión, las condiciones meteorológicas** y las posibles **transformaciones** que sufre el contaminante en su evolución.

MODELO FÍSICO

Reproducción a escala reducida de la situación planteada en problemas de contaminación. Su aplicación es muy limitada por las dificultades de reproducción de las situaciones reales y el mantenimiento de las semejanzas geométricas, dinámicas y térmicas. Son utilizados para investigar las reacciones químicas que se producen en la atmósfera. El más usado es la cámara de smog, un reactor de laboratorio en el cual se introducen contaminantes primarios y se someten a diferentes condiciones térmicas, de radiación, de presión y simulando las situaciones que se producen en la atmósfera.

MODELOS DE DISPERSIÓN DE GASES

MODELOS MATEMÁTICOS

Relacionan las emisiones con las condiciones meteorológicas y los niveles de contaminación.

Los *Modelos Matemáticos Teóricos* están basados en ecuaciones de conservación de masa para los diferentes contaminantes. Estos modelos requieren para su formulación informaciones sobre las condiciones de emisión, meteorología, química, radiación, etc.

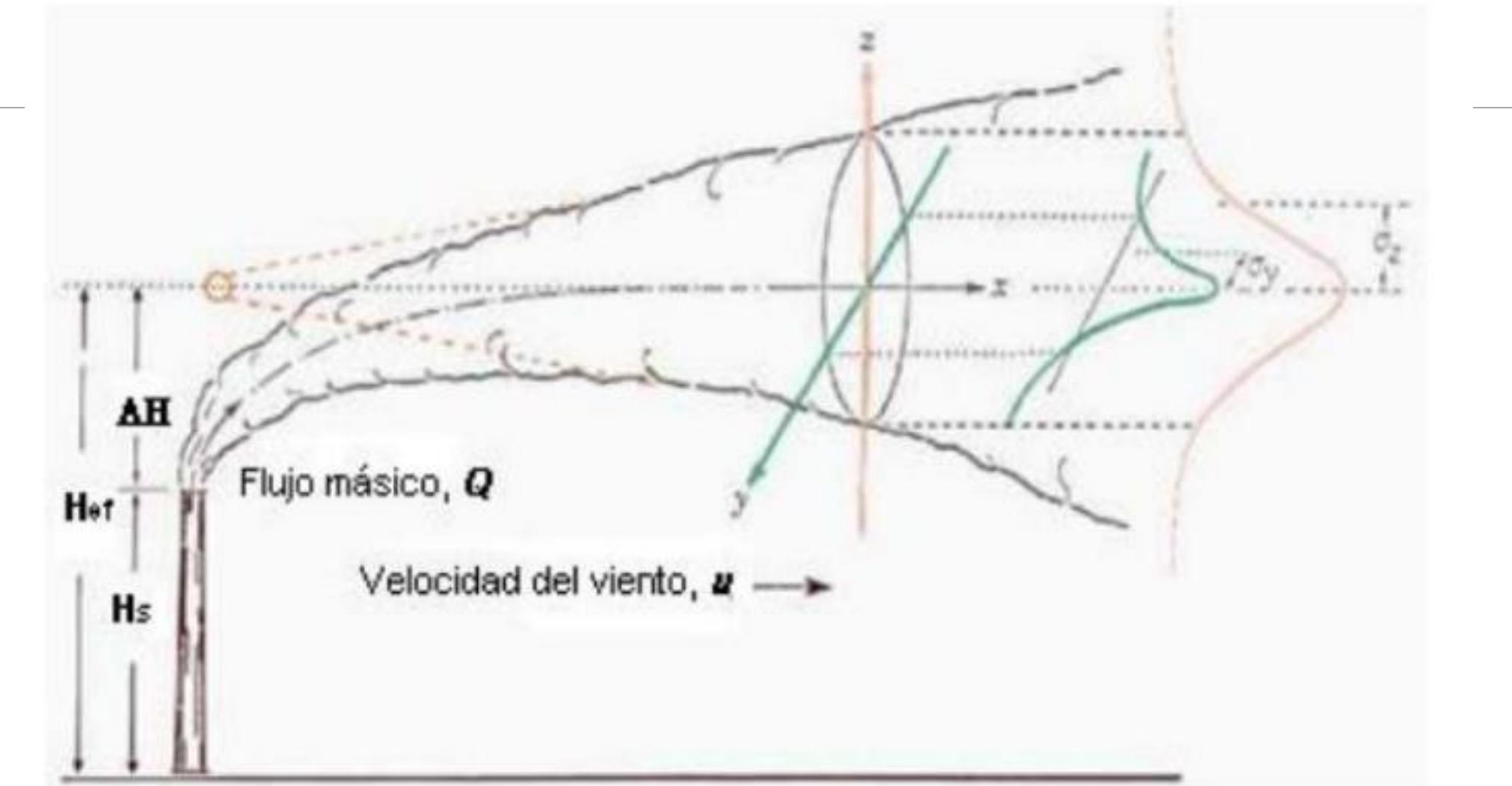
Los *Modelos Matemáticos Estadísticos* se basan en el rastreo sistemático de emisiones, calidad de aire y condiciones meteorológicas y se utilizan para prever el comportamiento del sistema en determinadas condiciones e introducir factores correctivos que permitan mantener un nivel de calidad de aire.

MODELO GAUSSIANO

Modelo matemático para la estimación de **contaminantes no reactivos**. Algunas de las suposiciones en las que se basa son:

1. No existe variación ni en la velocidad ni en la dirección del viento entre el foco y el receptor.
2. Todo el vertido permanece en la atmósfera de manera que no reacciona ni se deposita en forma de lluvia o partículas. Cualquier penacho que impacta en el terreno rebota en su totalidad.
3. La dispersión no ocurre en la dirección descendente del viento. Únicamente tiene lugar en las direcciones verticales y horizontales del viento. La dispersión es estocástica y describe exactamente una distribución del Gauss.
4. El terreno es relativamente llano y homogéneo, libre zonas costeras o montañosas
5. Los contaminantes tienen la misma densidad que el aire que los rodea.

MODELO GAUSSIANO



MODELO GAUSSIANO

La concentración de un contaminante en un penacho en cualquier punto x , y o z puede calcularse con la ecuación de difusión siguiente:

$$C(x, y, z) = \frac{Q}{2\pi\sigma_y\sigma_z U} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{y}{\sigma_y}\right)^2\right] \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{z - H}{\sigma_z}\right)^2\right]$$

Donde:

Q es la tasa de emisión de la fuente (kg/s)

σ_y y σ_z son los coeficiente de difusión en las direcciones y y z respectivamente (m) y son funciones de la distancia x en la dirección del viento respecto a la fuente y de la estabilidad atmosférica

U es la velocidad media del viento a través de la capa en la cual se produce la dispersión (m/s)

H es la altura efectiva de emisión del contaminante (m)

CUANTIFICACIÓN DE EMISIONES

Medición Directa

- Se muestrea la corriente de aire de emisión. Además de ser un lugar difícil para obtener muestras, las condiciones en estas corrientes de aire puede ser extremas (temperatura, humedad y velocidad de descarga) por lo que se requiere equipo especializado. Se utilizan equipos especiales como espectrómetros y analizadores de gases y sensores específicos para las instalaciones y contaminantes en estudio.

Modelado por balance de masa

- Determina indirectamente la tasa de emisión de algunas fuentes. Herramienta de contabilización simple pero útil para el rastreo de contaminantes. También puede identificar la existencia de emisiones fugitivas o accidentales.

CUANTIFICACIÓN DE EMISIONES

Modelado de proceso

- Describe las emisiones como funciones matemáticas o información de proceso relevante. Consideran los procesos físicos y químicos que generan los contaminantes específicos. Requieren conocer muchos datos sobre los procesos que en ocasiones no son de uso público.

Modelado por factor de emisión

- Relaciona la contaminación del aire liberada por una actividad de fuente con la magnitud de esa actividad. La proporcionalidad entre las emisiones y la actividad se llama **factor de emisión**. Los factores de emisión se basan en revisiones de literatura y mediciones de procesos. Estos factores están expresados como la masa de contaminantes emitidas por peso de unidad, volumen, distancia o duración de la actividad de fuente.

ESTÁNDARES DE CALIDAD DE AIRE

Contaminante	Limites			
	OMS (Air quality guidelines 2005)		Mendoza (Dec. 2404/89 – Ley 5100)	
	Valor $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Tiempo de promedio	Valor $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Tiempo de promedio
PM10	20	1 año		
	50	24 horas		
SO2	20	24 horas		
	500	10 min	260	1 hora
NOx	40	1 año	100	1 año
	200	1 hora	200	24 horas
CO	30 mg/ m^3	1 hora	10 mg/ m^3	8 horas
			40 mg/ m^3	1 hora
O3	100	8 horas	125	1 hora

INDICE DE CALIDAD DEL AIRE (ICA o AQI)

Es un sistema ampliamente utilizado para comunicar los niveles de contaminación del aire al público. Simplifica los datos complejos de contaminación del aire en un **soló valor que indica qué tan limpio o contaminado está el aire y qué efectos asociados para la salud podrían ser motivo de preocupación**. La escala de AQI oscila entre 0 y 500, y los números más altos indican una peor calidad del aire y mayores riesgos potenciales para la salud. Estos valores se dividen en **seis categorías**, de "Bueno" a "Peligroso", cada una representada por un color específico y un aviso de salud.

Se calcula en base a las mediciones de **los principales contaminantes del aire** (PM2.5 y PM10, O₃, CO, SO₂, NO₂).



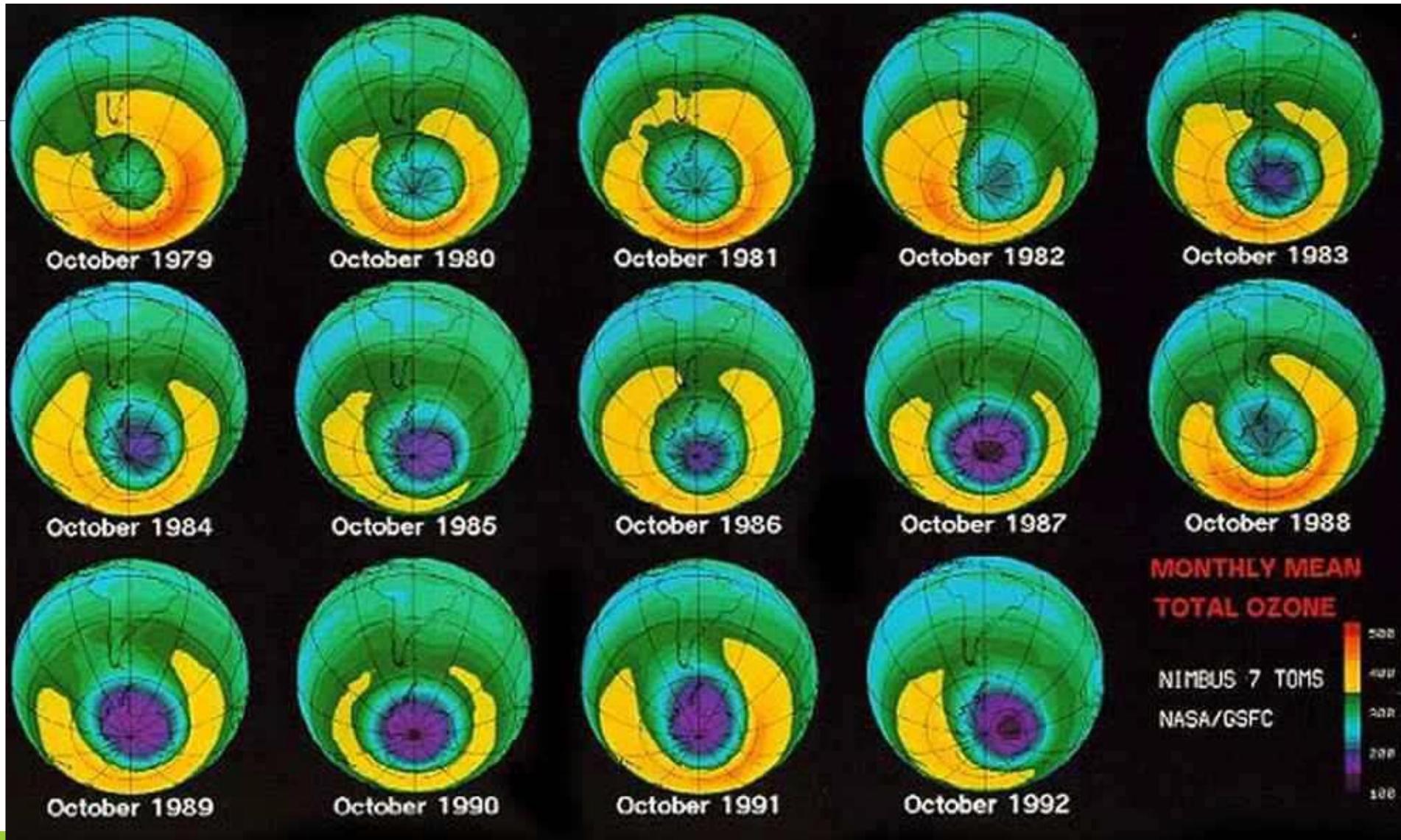
Más información:

<https://www.iqair.com/es/>

EFECTOS GLOBALES Y REGIONALES



DISMINUCIÓN DE OZONO ESTRATOSFÉRICO



DISMINUCIÓN DE OZONO ESTRATOSFÉRICO

El equilibrio del ozono en la estratosfera se ve afectado por la presencia de contaminantes, como pueden ser los **compuestos clorofluorocarbonados (CFC)**, que suben hasta la alta atmósfera, donde catalizan la destrucción del ozono más rápidamente de lo que se regenera, produciendo así el **agujero de la capa de ozono**. El daño que causan cada uno de estos contaminantes es función de su potencial de agotamiento del ozono.

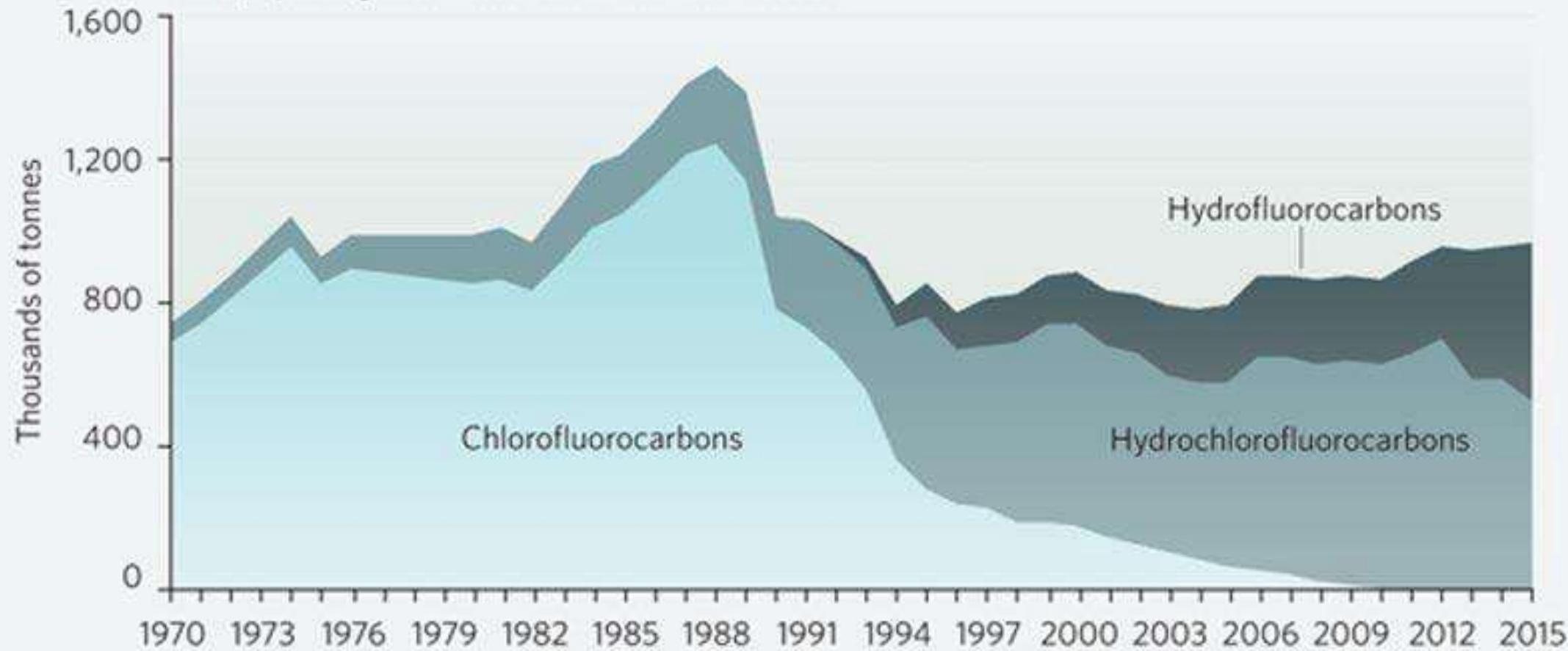
Hasta hace unas décadas los CFC se usaban ampliamente en aplicaciones industriales como aerosoles, extintores, refrigerantes, espumas aislantes y disolventes. Cada átomo de cloro actúa como catalizador, combinándose y descomponiendo repetidamente hasta 100.000 moléculas de ozono durante el tiempo que permanece en la estratosfera.

Otras sustancias que destruyen el ozono son los **pesticidas** como el bromuro de metilo, el halón usado en los extintores de incendios y el cloroformo de metilo utilizado en procesos industriales

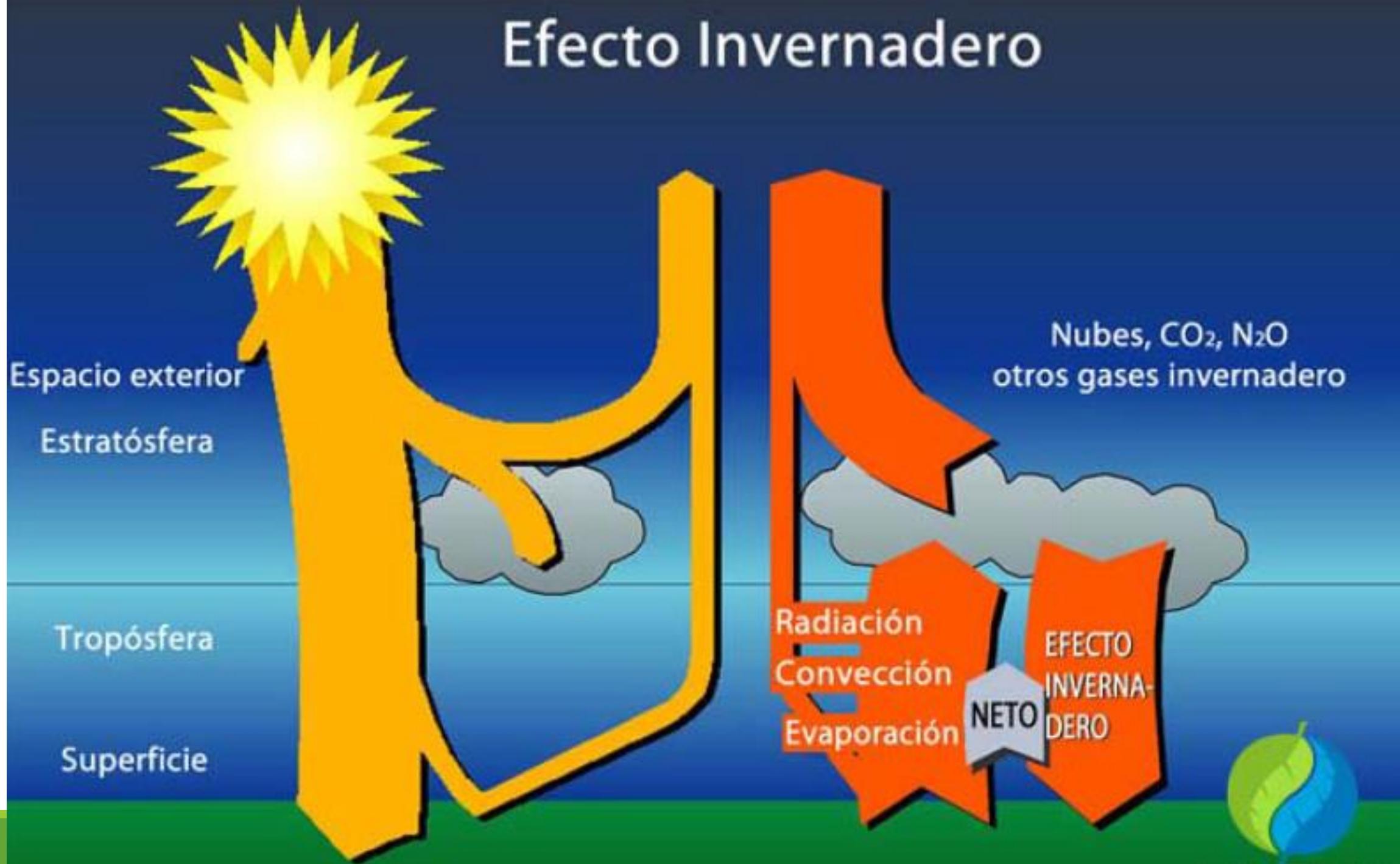
PROTOCOLO DE MONTREAL (1989)

ESTIMATED GLOBAL FLUOROCHEMICAL CONSUMPTION

The Montreal Protocol has phased out ozone-destroying substances over time, replacing them with other chemical classes.



Efecto Invernadero



EFFECTO INVERNADERO

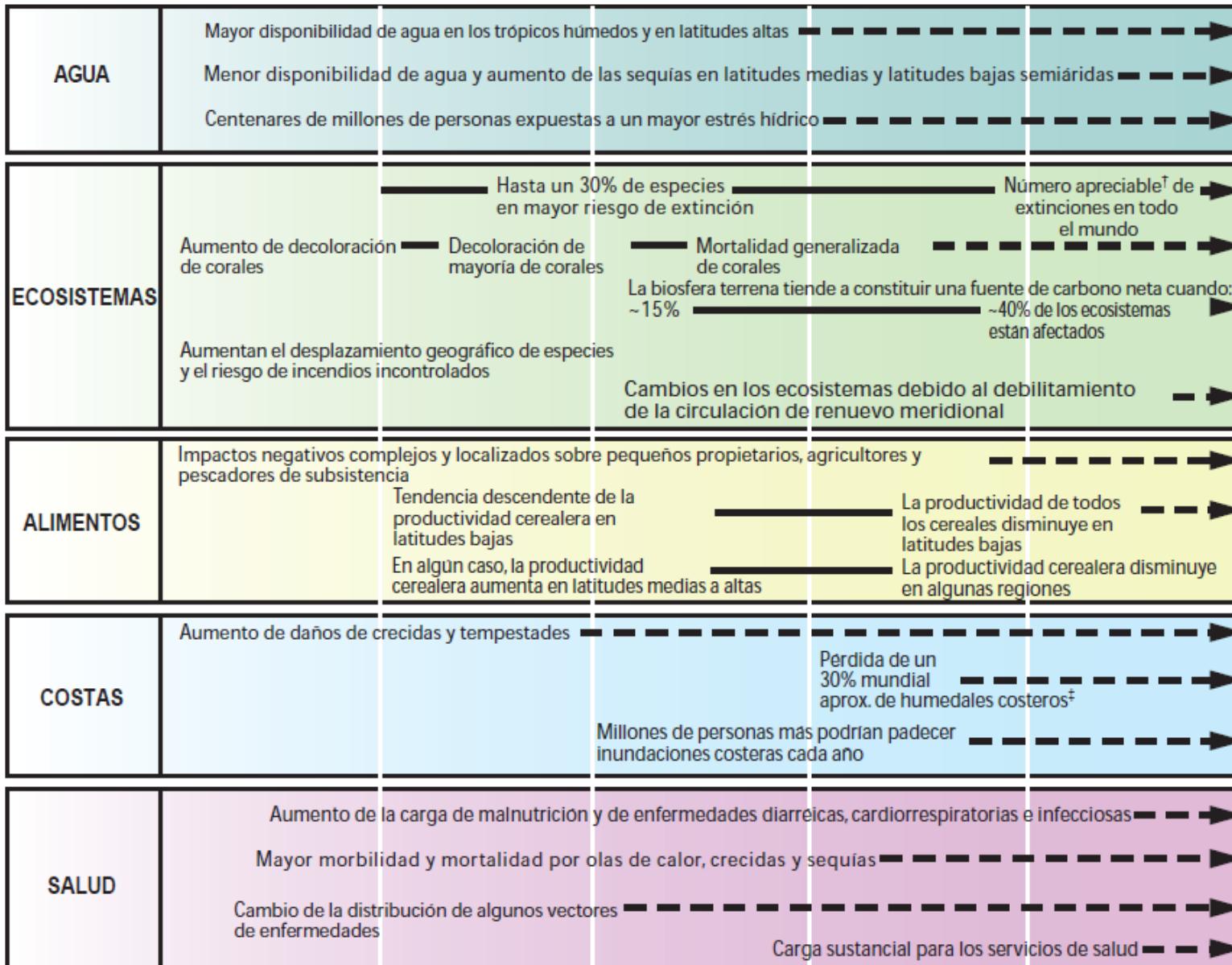
La atmósfera es prácticamente transparente a la radiación solar de onda corta, absorbida por la superficie de la Tierra. Gran parte de esta radiación se vuelve a emitir hacia el espacio exterior con una longitud de onda correspondiente a los rayos infrarrojos, pero es reflejada de vuelta por gases como el dióxido de carbono, el metano, el óxido nitroso presentes en la atmósfera. Este efecto se conoce como efecto invernadero.

El aumento de este tipo de gases generaría un **aumento global de la temperatura** estimado es de 2 a 6 °C en los próximos 100 años.

Un calentamiento de esta magnitud **alteraría el clima** en todo el mundo.

Cambio anual medio mundial de la temperatura respecto del período 1980-1999 (°C)

0 1 2 3 4 5 °C

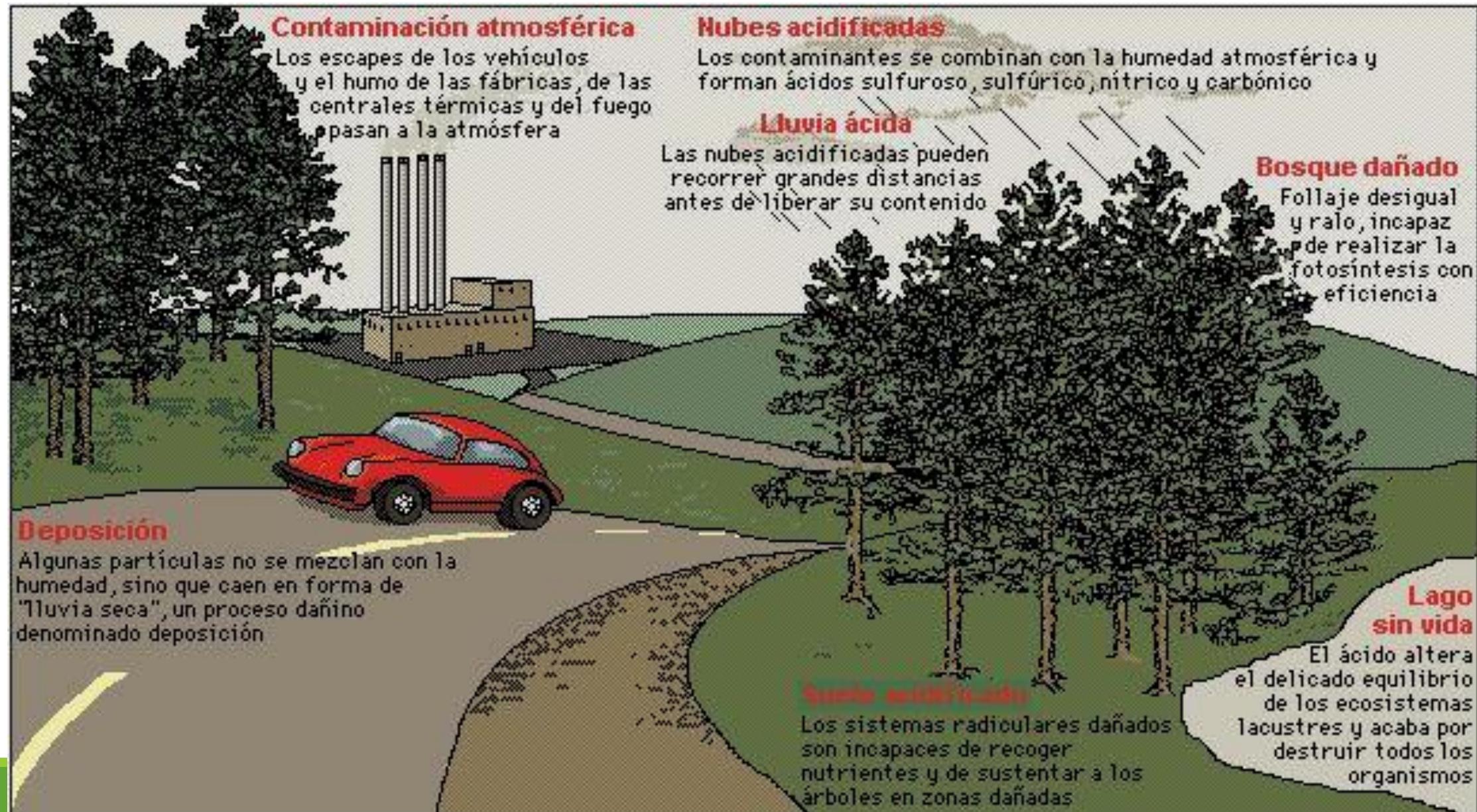


† Se entiende por 'apreciable' más de un 40%. ‡ Basado en la tasa promedio de aumento del nivel del mar, es decir, 4,2 mm/año entre 2000 y 2080.

PRINCIPALES GASES EFECTO INVERNADERO

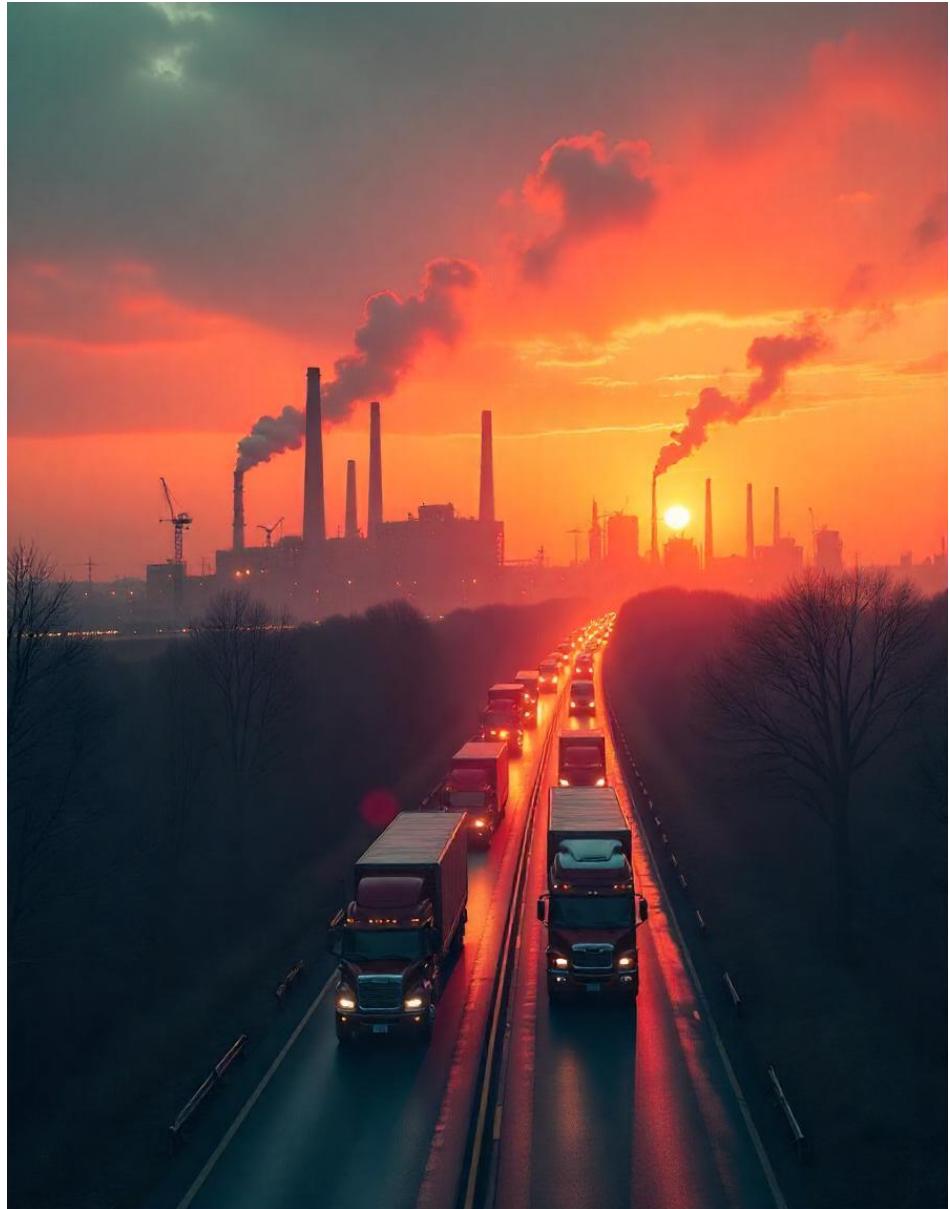
GAS	FUENTE EMISORA	PERSISTENCIA DE LAS MOLECULAS EN LA ATMÓSFERA (AÑOS)	POTENCIAL DEL CALENTAMIENTO GLOBAL (PCG) HORIZONTE DE TIEMPO 100 AÑOS
CO₂ DIÓXIDO DE CARBONO	Quema de combustibles fósiles, cambios en el uso del suelo, producción de cemento.	VARIABLE	1
CH₄ METANO	Quema de combustibles fósiles, agricultura, ganadería, manejos de residuos.	12; 3	21
N₂O ÓXIDO NITROSO	Quema de combustibles fósiles, agricultura, cambios en el uso del suelo	120	310
CFC CLOROFLUOROCARBONOS	Refrigerantes, aerosoles, espumas plásticas.	2.600 a 50.000	6.500 a 9.200
HFC HIDROFLUOROCARBONOS	Refrigerantes líquidos.	15 a 264	140 a 11.700
SF₆ HEXAFLUORURO DE AZUFRE	Aislantes térmicos.	3.200	23.900

PRECIPITACIÓN Y DEPOSICIÓN ÁCIDA



FUNDAMENTOS DEL AMBIENTE EN INGENIERÍA

3C OTRAS FORMAS DE CONTAMINACIÓN DEL AIRE



**CONTAMINACIÓN
SONORA**

**CONTAMINACIÓN
ELECTROMAGNÉTICA**

**CONTAMINACIÓN
RADIACTIVA**

**CONTAMINACIÓN POR
VIBRACIONES**

CONTAMINACIÓN SONORA

El ruido se define como un sonido no deseado. El grado de indeseabilidad es una cuestión subjetiva ya que puede valorarse diferente por diferentes receptores.

Principales fuentes de ruido:

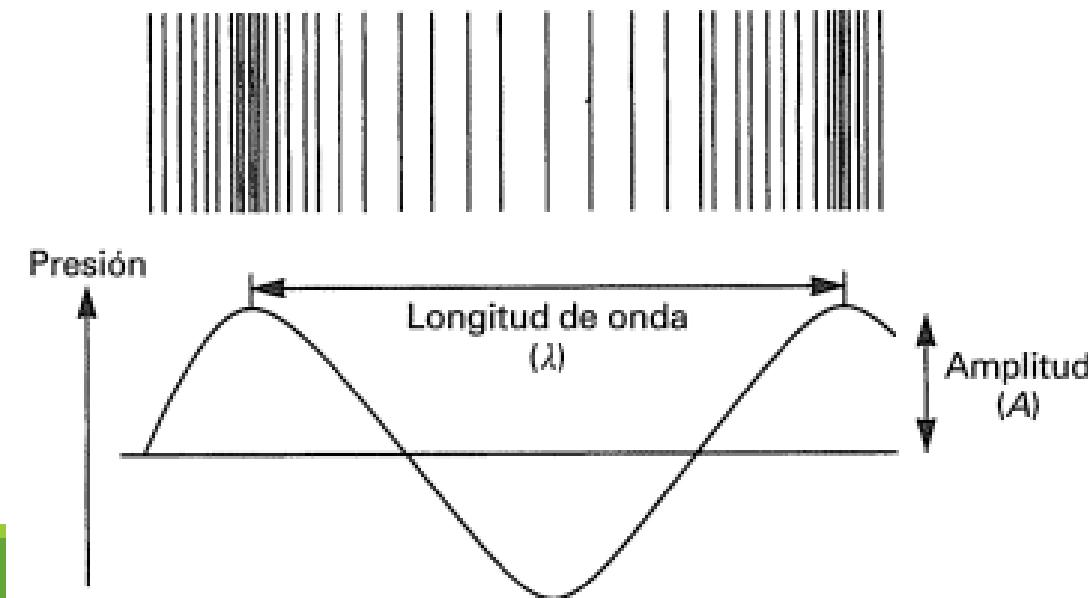
- ❖ Tráfico
- ❖ Equipos industriales
- ❖ Construcción
- ❖ Multitudes
- ❖ Aviones



PROPIEDADES FÍSICAS DEL SONIDO

El sonido se define como cualquier **variación de presión** que pueda detectar el **oído humano**. La variación de presión de sonido más simple produce la formación de una **onda sinusoide**. Caracterizada por:

- ❖ **Amplitud (A)**: la presión máxima o mínima.
- ❖ **Longitud de onda (λ)**: la distancia entre picos sucesivos.
- ❖ **Período (P)**: el tiempo entre picos sucesivos.
- ❖ **Frecuencia (f)**: el número de variaciones completas de presión o ciclos por segundo.
- ❖ **Velocidades del sonido (c)**



DECIBELIO (dB)

El oído humano percibe una **enorme gama de presiones sonoras**. La proporción de la potencia más débil de sonido a la mayor percibida sin dolor es aproximadamente de uno a un millón. Además el mecanismo auditivo responde de forma relativa. Por estas razones se emplea una **escala logarítmica (decibelio)** que expresa la relación entre dos valores de presión sonora o potencia.

$$L_P = 20 \log_{10} \frac{p}{p_0}$$

Donde

Lp es el nivel de sonido [Db]

P es la presión medida [Pa]

P0 es la presión de referencia, 20 μ Pa

Niveles de ruido



SONORIDAD

Dos sonidos con el mismo nivel de presión de sonidos en decibelios, pero a diferentes **frecuencias**, se percibirán con diferentes niveles de sonoridad.

El oído es más sensible a las frecuencias en la gama de 1 a 5 kHz. Por lo tanto un sonido a esta frecuencia se calificaría como mucho más que alto que otro al mismo nivel de presión sonora pero a una frecuencia, por ej: de 50 Hz a 10 kHz.

Para compensar la dependencia que la sensibilidad tiene de la frecuencia, los sonómetros incorporan **redes de ponderación electrónicas** que se corresponden con la respuesta del oído. Se han considerado dos redes principales de ponderación A y C .

La más importante es la **escala A** donde es adecuado medir sonidos de frecuencias superiores de 1 a 5 kHz (Escala dBA). El tráfico, la maquinaria, el ruido industrial y doméstico se pueden medir adecuadamente con esta red.

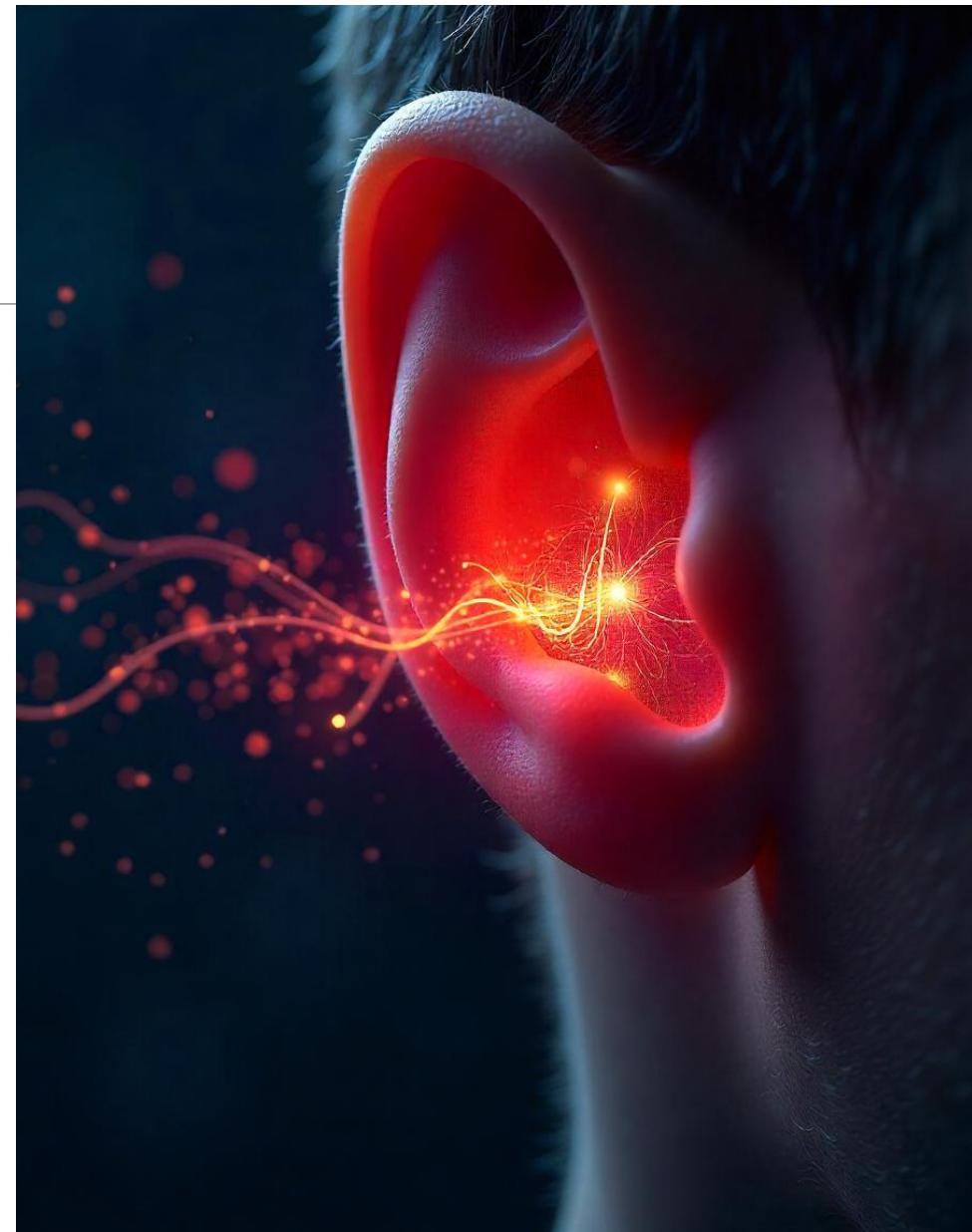
EFFECTOS EN LA SALUD

El potencial de daño auditivo de una fuente concreta de ruido depende de su **nivel**, de su **duración, número y duración de los períodos de tranquilidad** entre exposiciones, el **tipo de sonido** (continuo, intermitente o impulsivo) y su distribución de **frecuencia**.

Generalmente se acepta que un medio ambiente sonoro **<75 dB no es dañino** (aunque niveles mucho más bajos puedan causar molestias y alteraciones del sueño), mientras que un sonido simple **>140 dB puede causar un daño auditivo permanente**.

Entre estos dos niveles, la cantidad de daño auditivo varía con el nivel de sonido, el **tiempo de exposición** y la **sensibilidad individual** al ruido.

Los **impactos** a la salud del ser humano provocadas por el ruido pueden ser: lesiones permanentes sobre el sistema auditivo, efectos sobre el sueño, funciones fisiológicas, conducta, rendimiento.



ESTÁNDARES DE RUIDO

Niveles Máximos de Exposición al Ruido en el Trabajo

Según la Resolución SRT 85/2012, los valores máximos de exposición diaria permitidos son:

Nivel de ruido (dB(A))	Máximo tiempo de exposición permitido
80 dB	8 horas
85 dB	8 horas
90 dB	4 horas
95 dB	2 horas
100 dB	1 hora
105 dB	30 minutos
110 dB	15 minutos
115 dB	7.5 minutos
Más de 115 dB	No permitido sin protección

ESTÁNDARES DE RUIDO

La Organización Mundial de la Salud (OMS) recomienda que los niveles de ruido ambiental no excedan los **55 decibeles** durante el día y los **40 decibeles** durante la noche para prevenir molestias significativas y efectos adversos en la salud.

En general los Municipios regulan los niveles de ruido ambiente permisibles, por ejemplo la Ordenanza 3263/95 de Ciudad de Mendoza establece regulaciones específicas para controlar la contaminación acústica en la ciudad. Por ejemplo, limita las emisiones sonoras de los escapes de motocicletas y automóviles a **86 decibeles**, y las de los micros a **90 decibeles**. Además, establece que las alarmas de uso externo no deben superar los **93 decibeles** y limita su cantidad a dos por vivienda.



CONTAMINACIÓN ELECTROMAGNÉTICA

Se llama contaminación electromagnética a la **presencia excesiva de radiación de cualquier espectro electromagnético**. La contaminación electromagnética se produce cuando cualquier organismo vivo pasa un largo período de tiempo en contacto, tanto de forma directa como indirecta, con cualquier fuente de radiación capaz de producir un campo electromagnético.

Las radiaciones electromagnéticas se clasifican en dos categorías principales:

Radiaciones ionizantes

- Incluyen rayos X y gamma, que pueden dañar las moléculas y causar efectos adversos para la salud como caída del pelo y quemaduras

Radiaciones no ionizantes

- Incluyen luz visible, infrarrojos y radiofrecuencias. Estas pueden causar efectos térmicos o no térmicos, aunque los efectos no térmicos aún no están bien establecidos científicamente

CAUSAS DE CONTAMINACIÓN ELECTROMAGNÉTICA

Hay varias fuentes que son capaces de generar este tipo de contaminación. La mayoría de estas fuentes proceden de la actividad humana y, sobre todo, cuanto mayor es el **avance tecnológico de la sociedad**. Algunas de las fuentes son:

- Las antenas de telefonía.
- Las conexiones Wifi.
- Las líneas de alta tensión.
- Las subestaciones eléctricas.
- Los centros de transformación.
- Las conexiones WLAN (inalámbrica).
- Los radares.
- Las conexiones de Bluetooth.



EFEKTOS DE RADIACIÓN ELECTROMAGNÉTICA

Los efectos que produce este tipo de contaminación aun **no se encuentran totalmente definidos**. De todos modos, con los estudios ya realizados, por el momento se considera que las consecuencias del electrosmog son:

- Puede provocar distintos **problemas neurológicos**: algunos ejemplos de estos problemas pueden ser la astenia, los temblores, la irritabilidad, la migraña y otros.
- Puede producir algunas **alteraciones cardiovasculares**: se piensa que este tipo de contaminación puede provocar variaciones en la tensión arterial, frecuencia cardíaca o cambios en la circulación periférica.
- Puede provocar **problemas reproductivos**: ya que puede modificar los ciclos menstruales en la mujer, lo que puede producir problemas de infertilidad y problemas en la gestación. Además, es posible que disminuyan la libido sexual.
- Puede estar entre los factores que **predispongan al desarrollo de cáncer o tumores**: sabemos que la radiación es uno de los factores que afectan al ADN de las células, por tanto, la exposición a elevadas radiaciones, puede afectar a la hora de predisponer al desarrollo de tumores.

EFEKTOS DE RADIACIÓN ELECTROMAGNÉTICA

- Puede producir **problemas hormonales**: es posible que la radiación produzca cambios en la producción de hormonas sexuales. Además, los seres vivos son capaces de adaptar sus ciclos biológicos al momento del día, a través de la hormona melatonina y la radiación puede afectar a la producción de esta hormona, produciendo alteraciones asociadas.
- Puede producir **problemas dermatológicos**: como dermatitis o alergias cutáneas.
- Puede provocar **problemas en el sistema inmune**: estos problemas pueden predisponer al desarrollo de enfermedades infecciosas o tumorales.
- Puede producir **fuertes dolores de cabeza, cefaleas o migrañas**.

CONTAMINACIÓN RADIACTIVA

Se denomina contaminación radiactiva a la contaminación que se produce debido a sustancias radiactivas. La radiactividad se trata de un fenómeno físico que se basa en la capacidad que tienen los **núcleos** de algunos elementos químicos de producir radiaciones. Entre sus principales características destaca que son capaces de ionizar gases, producir fluorescencia, imprimirse en placas radiográficas o atravesar cuerpos opacos.

En cuanto a las radiaciones de **origen natural**, o radiaciones de fondo, son aquellas en las que están implicados los rayos cósmicos, radiaciones procedentes del espacio exterior de gran energía, y que incluye elementos como el radio, uranio, torio, radón, potasio o carbono.

Por otro lado, las **radiaciones artificiales** pueden ser los procesos de extracción y refinamiento de materiales como el plutonio o el torio.



Marie Curie

CAUSAS DE CONTAMINACIÓN RADIACTIVA

Las **principales causas de la contaminación radiactiva** por radiaciones artificiales son la utilización de estos materiales radiactivos y la exposición de residuos liberados sin su correcto almacenaje, aunque también destacan causas como:

- **Ensayos militares** con materiales radiactivos realizados al aire libre en los que los gases que se producen van a parar a la atmósfera y generación de desechos sólidos susceptibles de terminar en masas de agua. Aunque en ocasiones se emplea uranio empobrecido debido a su menor radiactividad, no deja de ser una potencial fuente de contaminación.
- **Prácticas médicas** habituales que generan residuos radiactivos a través de la medicina nuclear y la radioterapia.
- **Actividades industriales** para la producción de **energía nuclear**, como la extracción de minerales como radón y uranio.



CAUSAS DE CONTAMINACIÓN RADIACTIVA

- **Vertido de desechos nucleares** en el medio ambiente. Por ejemplo, a través de la refrigeración de los reactores nucleares con agua, que tras ser utilizada se devuelve al mar o al río con su correspondiente contaminación.
- **Accidentes humanos** durante la producción de radioisótopos, como ocurrió en Chernóbil, con la fuga de estroncio-90 que afecta al calcio y a los huesos, o el terremoto y tsunami del Japón 2011. En estos accidentes los elementos radiactivos se esparcieron a través del mar, el suelo y la atmósfera.



La catástrofe de Chernobyl, la contaminación radiactiva de los bosques y su rehabilitación

<https://www.fao.org/4/y2795s/y2795s08.htm>

EFFECTOS SOBRE ORGANISMOS

Estos efectos varían en función del organismo y del nivel de radiación, así como de los tejidos y órganos afectados. Entre los posibles efectos se destacan:

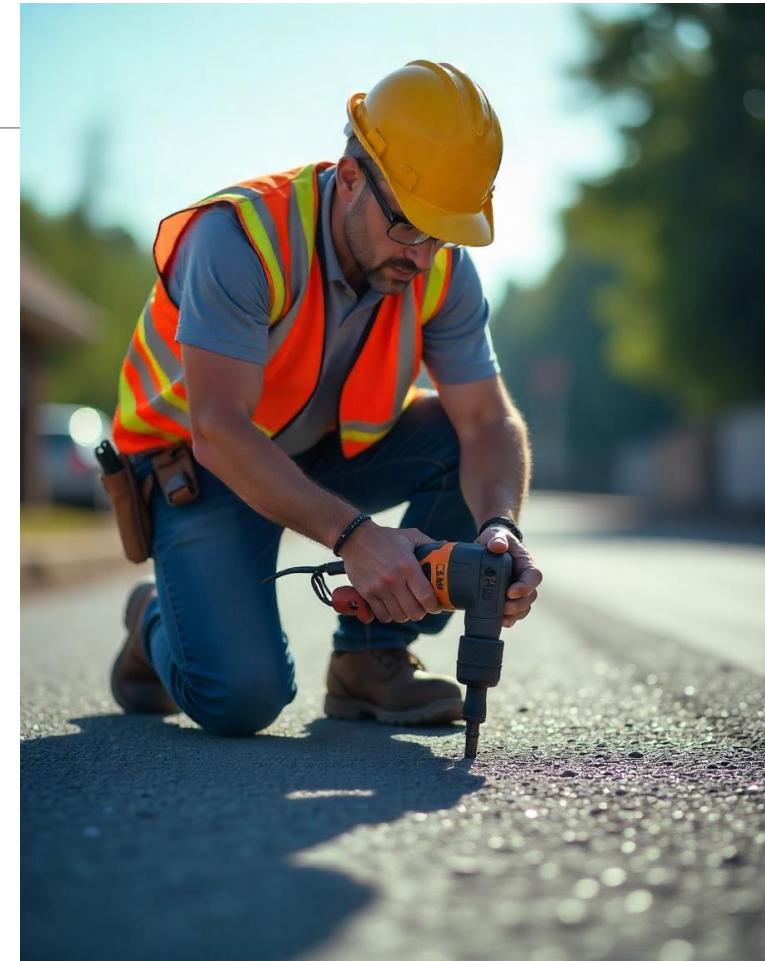
- **Defectos genéticos.**
- **Cáncer.** El cáncer de tiroides es frecuentemente relacionado debido a que dicha glándula absorbe las partículas de yodo radiactivas.
- **Problemas en la médula ósea.**
- **Infertilidad y malformaciones** en el feto durante la gestación.
- **Sistema inmunitario debilitado.**
- **Alteraciones gastrointestinales.**
- **Problemas de salud mental.**
- En exposiciones prolongadas o de alto nivel, puede ocasionar la **muerte**.

CONTAMINACIÓN POR VIBRACIONES MECÁNICAS

Las vibraciones penetran en el organismo pudiendo producir daños a la salud de los **trabajadores** expuestos a ellas.

Se puede definir la **vibración** como el **movimiento oscilante de un sistema mecánico elástico**, respecto a una posición de referencia, movimiento de un cuerpo sólido alrededor de su posición de equilibrio sin que exista desplazamiento neto del objeto que vibra.

La **frecuencia de vibración**, que se expresa en ciclos por segundo, afecta a la extensión con que se transmiten las vibraciones al cuerpo, tanto a las propias extremidades como al resto del organismo.



BIBLIOGRAFÍA DE REFERENCIA

- James R. Mihelcic – Julie Beth Zimmerman (2012) Ingeniería Ambiental: Fundamentos – Sustentabilidad – Diseño. Alfaomega
- Tyller Miller(2007) Ciencia Ambiental: Enfoque Integrador Thomson
- Kiely G. (1999) Ingeniería ambiental - Fundamentos, entornos, tecnologías y sistemas de gestión. McGrawHill pag. 527 a 567

FUNDAMENTOS AMBIENTALES EN INGENIERÍA

FIN

**MUCHAS GRACIAS POR SU
ATENCIÓN**

clarisa.alejandrino@uncuyo.edu.ar