

# TOXICOLOGÍA DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA



# Composición natural de la Atmósfera terrestre

Nitrógeno	78,08 %
Oxígeno	20,95 %
Argón	0,93 %
Dióxido de C	0,03 %
Vapor de H <sub>2</sub> O	0- 4 %
(Ozono, Helio, Hidrógeno, Óxido de N <sub>2</sub> , dióxido S, Neón)	Trazas



Cuando se produce un cambio en este balance  
Inusual aumento de las concentraciones de los gases traza,  
el aire que respiramos puede tornarse venenoso

# LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA

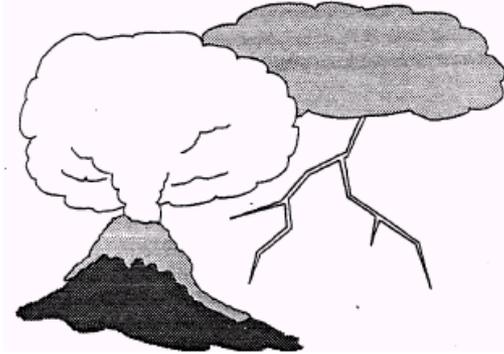
## Definiciones

Se entiende por contaminación atmosférica, la presencia en el aire de sustancias y formas de energía que alteran la calidad del mismo, de modo que implique riesgos, daño o molestia grave para las personas y bienes de cualquier naturaleza

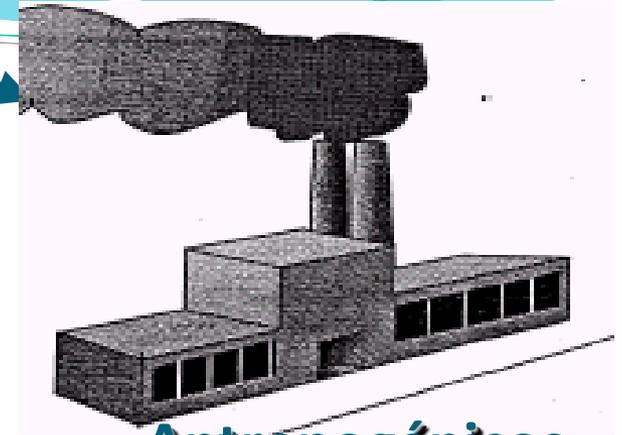
**“Cualquier circunstancia que añadida o quitada de los normales constituyentes del aire, puede llegar a alterar sus propiedades físicas o químicas lo suficiente para ser detectado por los componentes del medio”**

**“Cualquier condición atmosférica en la que ciertas sustancias alcanzan concentraciones lo **suficientemente elevadas** sobre su nivel ambiental normal como para producir un **efecto mensurable** en el hombre, los animales, la vegetación o los materiales”.**

# Origen de los contaminantes



**Naturales**



**Antropogénicos**

## Contaminantes naturales del aire:

### Fuente

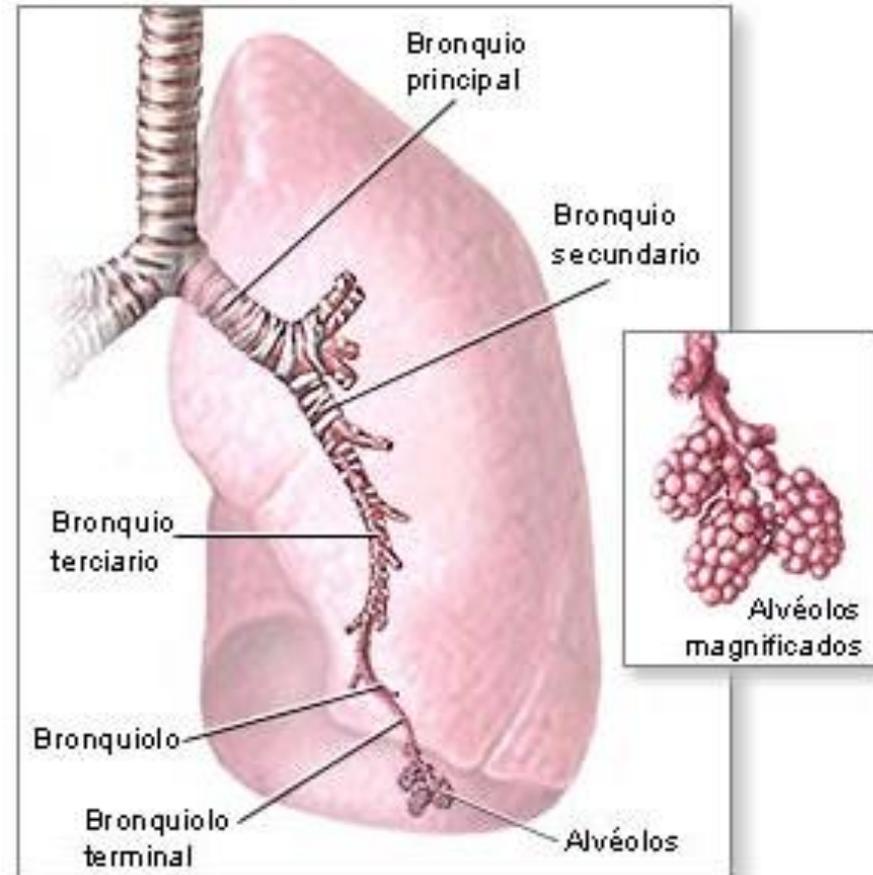
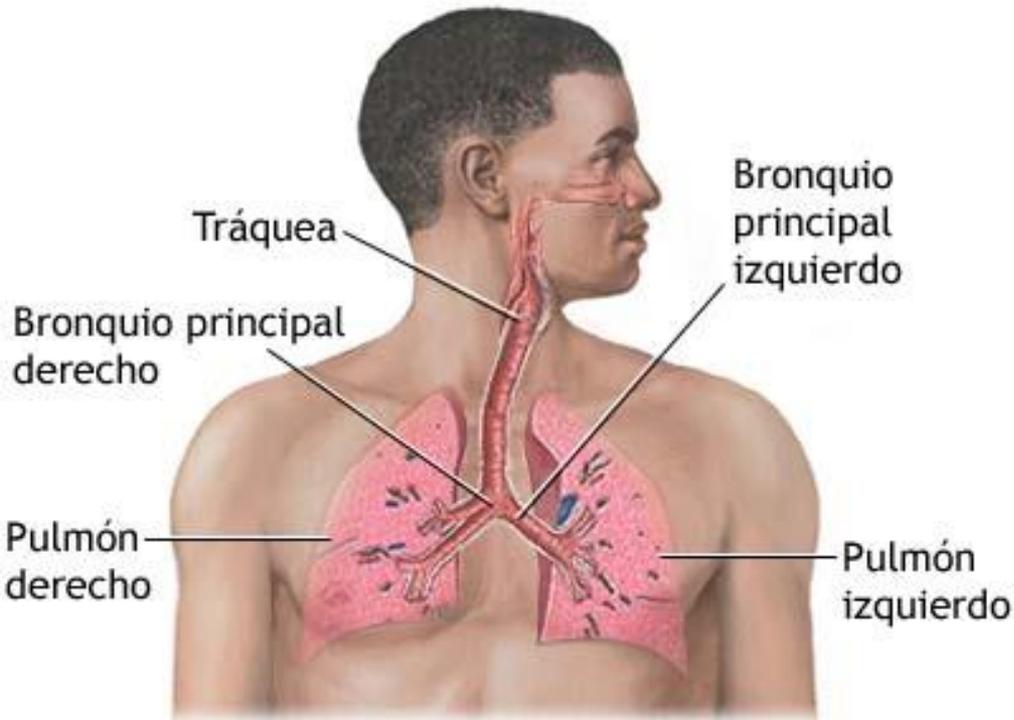
volcanes  
fuegos forestales  
vendavales  
plantas vivas  
plantas (en descomposición)  
suelo  
mar

### Contaminantes

óxidos de S, partículas  
CO, CO<sub>2</sub>, óxidos de N, partículas  
polvo  
hidrocarburos, polen  
metano, sulfuro de hidrógeno  
virus, polvo  
partículas de sal

***La absorción de contaminantes tóxicos del aire ocurre mayormente en los pulmones***

## **Sistema respiratorio**



# Defensas del cuerpo contra la invasión

- **Barreras físicas:**

  - piel

  - vías respiratorias

- **Barreras mecánicas:**

  - estornudo/tos

  - movimiento mucociliar

  - macrófagos alveolares

- **Barreras químicas:**

  - acidez estomacal

  - biotransformación

# ABSORCIÓN DE GASES Y VAPORES

Depende de:

Concentración en el aire inhalado

Duración de la exposición

Nivel de actividad física del individuo

Solubilidad en agua y la reactividad:



Solubilidad en agua	Impacto inicial	Componentes
Alta	Ojos Nariz Faringe Laringe	Aldehídos Amoniaco Cloro Dióxido de azufre
Media	Tráquea Bronquios	Ozono
Baja	Bronquios Alvéolos	Dióxido de nitrógeno Fosgeno

# Clasificación de los gases de acuerdo a la naturaleza de su acción tóxica

**IRRITANTES:** Inflamación de membranas y mucosas. Daño depende de la solubilidad.

- **Primarios:** Poco efecto sistémico, sí daño local (sobre laringe, lesión en conjuntivas, dificultad respiratoria, edema de glotis)
- **Secundarios:** Efecto sistémico (daño hepático, sobre SNC, carcinogénico)

## ASFIXIANTES:

• **Simples o físicos:** fisiológicamente inertes. Su cantidad en el aire disminuye la  $[O_2]$ .

$[O_2] = 21\% \rightarrow 15\%$  asfixia  $\rightarrow 7\%$  inconciencia, muerte.

Ej.  $CO_2$ ,  $N_2$ , metano, etano, propano, butano.

• **Químicos:** Incapacitan la mioglobina para el transporte de  $O_2$ . Tóxicos a menores concentraciones que anterior. (Ej. CO, CNH)

## AEROSOLES:

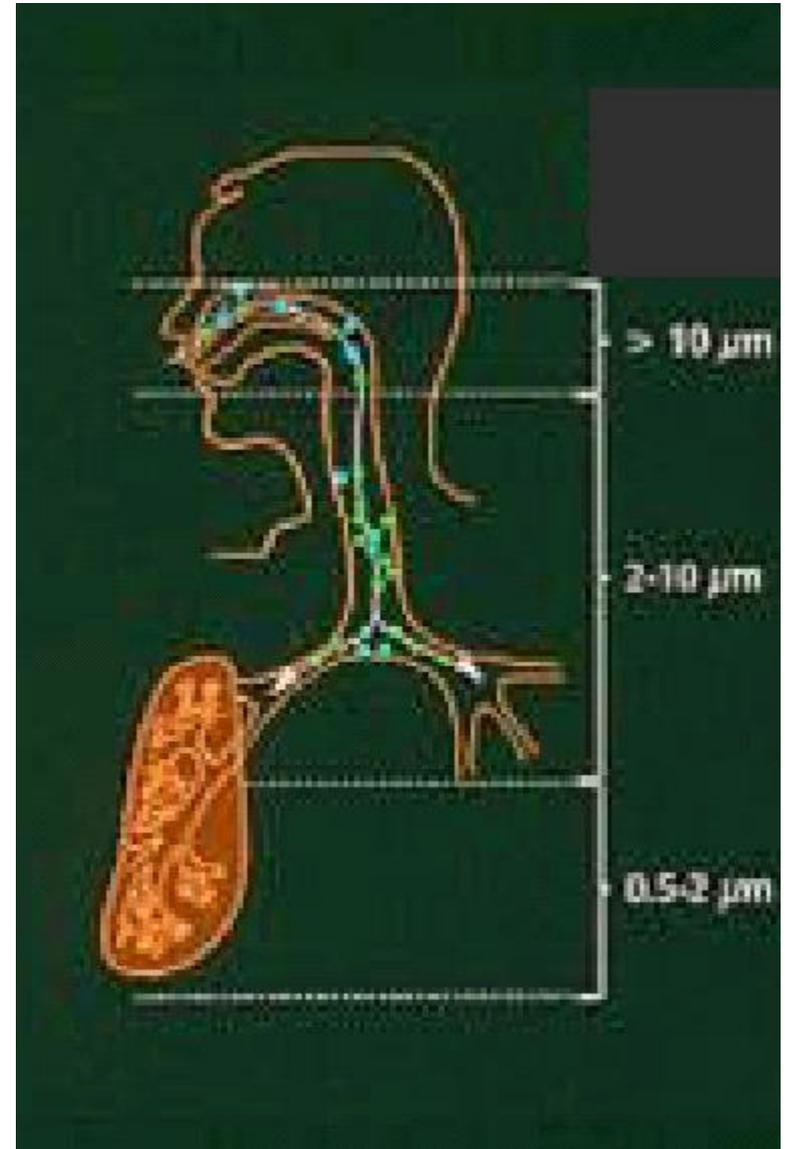
Vías aéreas superiores, eficientes en la remoción de partículas **>20  $\mu\text{m}$**  y el 95 % de las de **>5  $\mu\text{m}$**  de diámetro.

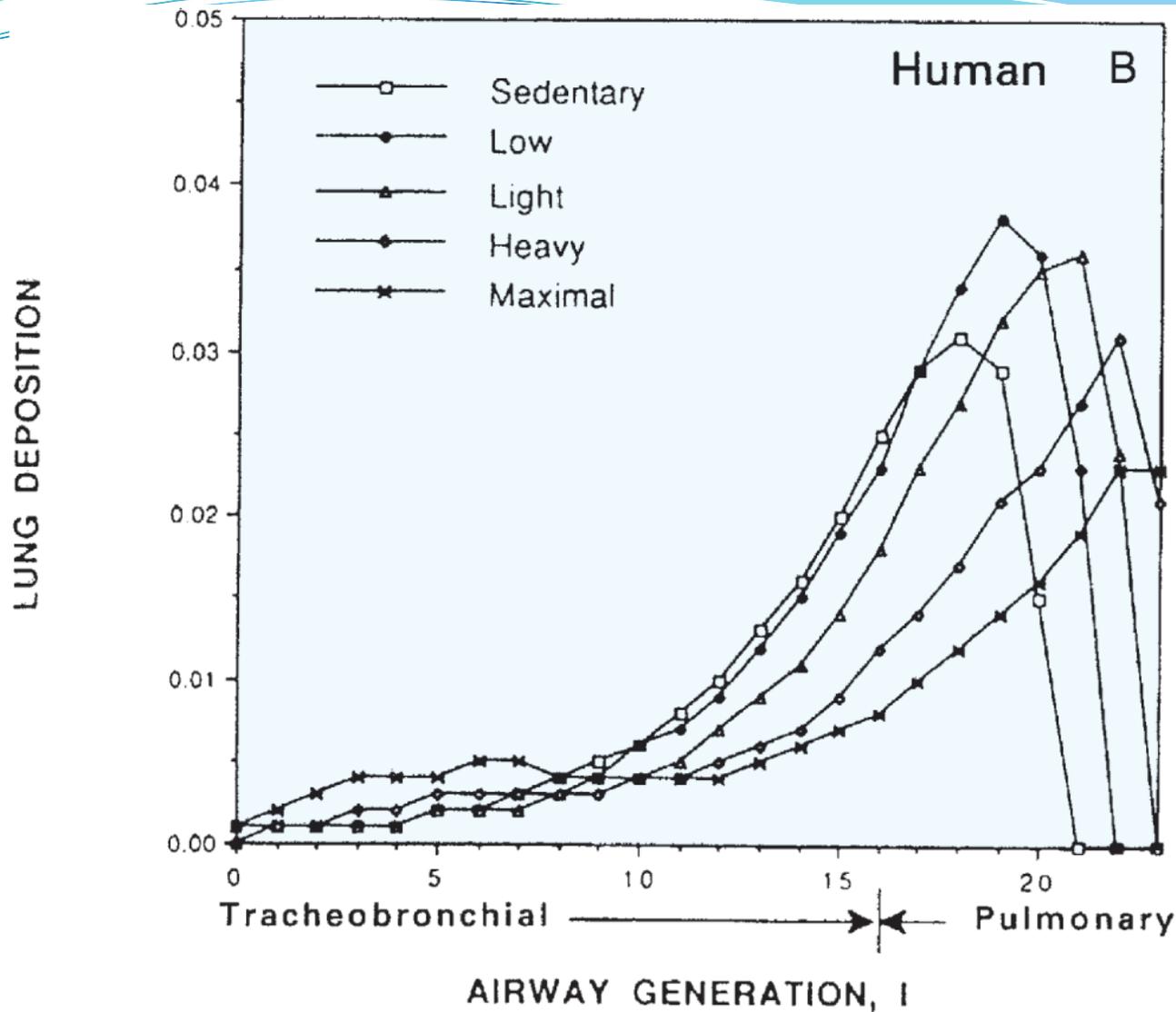
**1-5  $\mu\text{m}$** , se depositan en tráquea, bronquios y bronquiolos

**< 1  $\mu\text{m}$** , se depositan en alvéolos

**< 0,1  $\mu\text{m}$** , suspendidas en el aire, pueden salir de los pulmones

(Ej. Óxidos de sílice, polvo de carbón, fibras de amianto, Be, talco, óxido férrico, etc.)





Percent deposition in the airways of a  $0.6 \mu\text{m}$  insoluble particle in the respiratory tracts of a resting/exercising human (B)

# Principales efectos tóxicos en el sistema Respiratorio

- **Constricción de las vías respiratorias y edema (acumulación de líquido)**
- **Interferencia con el mecanismo mucociliar de evacuación**
- **Destrucción de las células que revisten las vías respiratorias**
- **Fibrosis: cambio en la composición de las células**
- **Cáncer**

# CONTAMINANTES DE REFERENCIA



# Los contaminantes atmosféricos

## Primarios

Son aquellos procedentes directamente de las fuentes de emisión  
Se emiten desde una fuente identificable

## Secundarios

Aquellos originados en el aire por interacción entre dos o más contaminantes primarios, o por sus reacciones con los constituyentes normales de la atmósfera, ej Ozono superficial

## De Referencia

Se definen por los EEUU, UE y OMS



# Los contaminantes atmosféricos

## Primarios

- $\text{SO}_2$
- $\text{CO}$
- $\text{NO}_x$
- **Partículas**
- **Hidrocarburos**
- **Metales**
- Menos frecuentes y de se emisión localizada:
  - Halógenos y sus derivados.
  - Arsénico y sus derivados.
  - Componentes orgánicos.
  - Partículas de metales pesados y ligeros, como el plomo, mercurio, cobre, zinc.
  - Partículas de sustancias minerales, como el amianto y los asbestos.
  - Sustancias radiactivas.

## Secundarios

- $\text{O}_3$
- Otros oxidantes fotoquímicos -
  - nitrato de peroxiacetilo
- hidrocarburos oxidados

## De Referencia

- $\text{CO}$
- $\text{NO}_2$
- $\text{O}_3$
- $\text{SO}_2$
- **PM-10**  
(materia particulada de diámetro  $<10\mu\text{m}$ )
- **plomo**



# Monóxido de carbono: CO

- Características físico-químicas: (Químico asfixiante)

gas incoloro, inodoro, insípido, más liviano que el aire.  
El más abundante de los contaminantes de referencia



## Fuentes:

- Combustión incompleta del carbono
- Motores de combustión interna (USA > 60%, en horario pico hasta 100 ppm)  
(OSHA: 50 ppm 8 hs. /trabajo)
- Industria 20%
- Hogar:
  - fuentes de calor de uso común en las viviendas: cocinas a gas, estufas, calefactores, calefones, termo-tanques, etc.
  - Cuando estos electrodomésticos no son ventilados o mantenidos correctamente, pueden emitir CO
- Tabaco: humo: 400 ppm  
1 atado diario: 5-6 % CoHb



## Mecanismo de Acción

Afinidad por Hb 210-270 v > O<sub>2</sub> → Hipoxia

Mioglobina 40 V más estables

Citocr. Oxidasa a3

Citocr. Oxidasa P450 (bloqueo cadena R° mitocondrial)

Cuerpo normal 20% O<sub>2</sub> → 18 % Hb  
→ 2% plasma

Metab. Celular normal extrae 5%

Cerebro, 6,1%

Corazón 11%

} más afectados

## Metabolismo

- **Absorción:** rápida, se une Hb
- **Eliminación:** Respiratoria
- **Su vida media:**
  - 4 horas en el aire ambiental
  - 80 minutos en oxígeno puro isobárico
  - 23 minutos en oxígeno hiperbárico.
- Se elimina espontánea y lentamente por vía pulmonar.
- Su toxicidad se debe a la anoxia tisular que causa: indirectamente por la formación de carboxihemoglobina (disminuye bruscamente la cantidad de oxígeno transportado y liberado a los tejidos) y directamente por la hipoxia citotóxica que causa (bloqueo enzimático de citocromos, glutatiónperoxidasa...).

*Vida media del CO en Presencia de*

<b>Aporte de oxígeno</b>	<b>Tiempo de vida media de CO</b>
21%	3-5 horas
100%	1 ½ horas
Hiperbárico	minutos

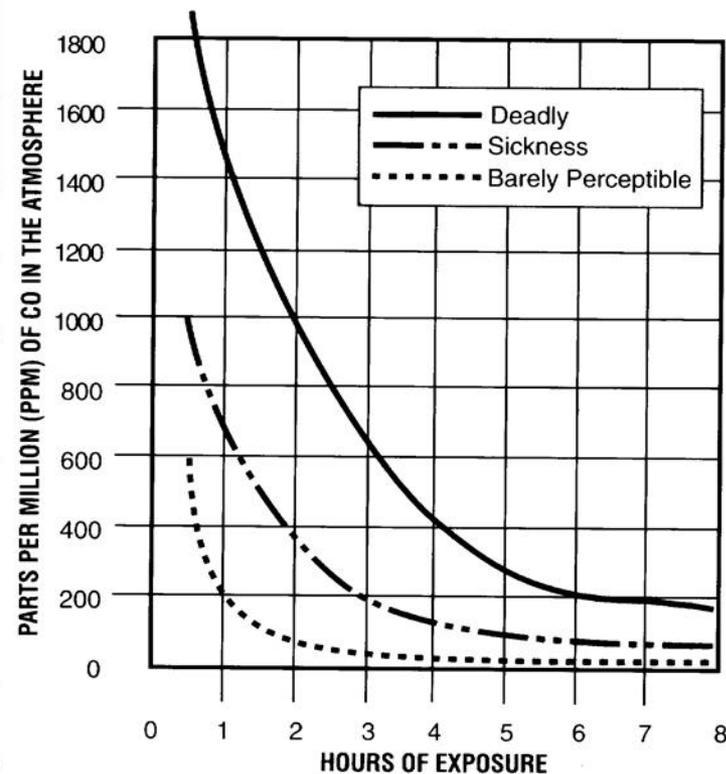
El oxígeno hiperbárico favorece la disociación de la COHb, disminuyendo notoriamente su vida media y la eliminación del CO del organismo, a la vez que oxigena los tejidos hipóxicos, libera la citocromooxidasa a3 y la p450 desbloqueando la cadena respiratoria, inhibe la peroxidación lipídica. Se evidencia un notable aumento del CO en el aire espirado de los pacientes intoxicados después de la primer media hora de tratamiento hiperbárico (hasta 7 veces el valor basal).

# Efectos de la inhalación de CO según concentración en el aire y tiempo de exposición

Concentración CO en el Aire	Tiempo de Inhalación	Sintomas
50 ppm	8 horas	<i>No hay efectos observables (OSHA)</i>
200 ppm	2-3 horas	<i>Ligero dolor de cabeza, cansancio, fatiga, náuseas</i>
400 ppm (máx. concentración en gases de combustión según Norma EPA)	1-2 horas	<i>Dolor de cabeza frontal</i>
800 ppm	45 minutos	<i>Desvanecimiento, náuseas, convulsiones</i>
	2 horas	<i>Inconsciencia</i>
	2-3 horas	<i>Muerte</i>
1600 ppm	20 minutos	<i>Desvanecimiento,</i>
	1 hora	<i>Muerte</i>
3200 ppm	5-10 minutos	<i>Inconsciencia</i>
	30 minutos	<i>Muerte</i>

CHART #9

## EFFECTS OF CARBON MONOXIDE



Porcentaje de COHb en sangre	Síntomas
0,0 – 10	<i>No se perciben</i>
10 – 20	<i>Sensación de opresión en la frente. A veces cefalea</i>
20 – 30	<i>Cefalea. Golpeteos en las sienes.</i>
30 – 40	<i>Intensa cefalea, debilidad, vértigos, oscurecimiento de la visión, náuseas, vómitos, colapso.</i>
40 – 50	<i>Intensificación de los síntomas precedentes con mayor predisposición al colapso y al síncope. Taquicardia y polipnea.</i>
50 – 60	<i>Síncope. Manifiesta taquicardia y polipnea. Coma con convulsiones intermitentes.</i>
60 – 70	<i>Coma con convulsiones intermitentes; acción depresora sobre el corazón y la circulación. Puede producir muerte.</i>
70 – 80	<i>Pulso débil y respiración lenta. Muerte.</i>

## Efectos del CO en Intoxicación Aguda

Cardiaco	<i>Angina, anormalidades ST-T, arritmias atriales o ventriculares, infarto miocardio</i>
Pulmonar	<i>Edema pulmonar, infiltrados perihiliares, edema intraalveolar</i>
Visual	<i>Fotosensibilidad, disminución de la adaptación a la oscuridad, hemorragias retinales</i>
Auditivo	<i>Pérdida de la audición, de origen central</i>
Neuropsiquiátricos	<i>Agitación, cefalea, coma, alteraciones en la termorregulación</i>
Hemotológicos	<i>Coagulación intravascular diseminada</i>
Metabólicas	<i>Acidosis láctica, mionecrosis, hiperglicemia, proteinuria</i>

**Norma MZA: 10 ppm**



## Óxidos de nitrógeno ( $\text{NO}_x$ )

### Características físico-químicas: (irritantes)

"Óxidos de nitrógeno" es un nombre colectivo de compuestos de nitrógeno con oxígeno (a menudo abreviado  $\text{NO}_x$ ).

Principalmente el monóxido de nitrógeno (**NO**) (inoloro, inodoro, tóxico) y el dióxido de nitrógeno (**NO<sub>2</sub>**) (pardo rojizo, olor asfixiante, tóxico) producen importantes impactos ambientales.

$\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{N}_2\text{O}_3$  y  $\text{N}_2\text{O}_5$  tienen menor importancia en este sentido.



### Fuentes

Contaminantes atmosféricos que se generan en todos los procesos de combustión.

La mayor parte de las emisiones proviene de los escapes de los vehículos a motor (50%), de las usinas eléctricas (30%) y de la industria (15%).

Bacterias del suelo (desnitrificación) (RÖMPP, 1985).

### Aplicaciones:

En la producción de ácido nítrico (oxidación de  $\text{NH}_3$ ) y ácido.

El NO se utiliza en procesos de nitrosación y el  $\text{NO}_2$  ( $\text{N}_2\text{O}_4$ ) como agente oxidante y en la fabricación de explosivos.

## Efectos tóxicos

- **Seres humanos/mamíferos:**

El monóxido de nitrógeno se oxida formando dióxido de nitrógeno cuando entra en contacto con el aire.

El dióxido de nitrógeno es altamente tóxico e irrita la piel y las mucosas. El dióxido de nitrógeno penetra los alvéolos. La formación de ácido nitroso/nítrico en el tejido pulmonar daña las paredes capilares, causando edema luego de un período de latencia de 2-24 horas. Los síntomas típicos de la intoxicación aguda son ardor y lagrimeo de los ojos, tos, disnea y finalmente la muerte.

**Norma MZA: 0.45 ppm**

- **Comportamiento en el aire**

Los óxidos de nitrógeno juegan un papel importante en la formación del ozono de la capa atmosférica inferior. El dióxido de nitrógeno se descompone por acción de la luz solar en monóxido de nitrógeno y oxígeno atómico que reacciona inmediatamente con las moléculas de oxígeno de la atmósfera formando ozono.

Los óxidos de nitrógeno son arrastrados de la atmósfera por las precipitaciones en forma de ácido nitroso o nítrico, respectivamente.

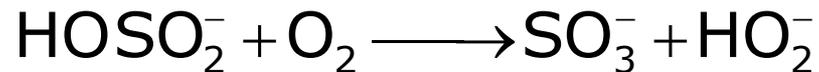
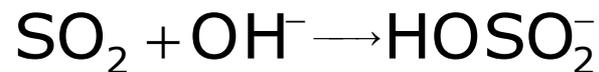
# Óxidos de azufre (SO<sub>x</sub>)

**Características físico-químicas: (irritantes)**

SO<sub>2</sub> mayoritario; SO<sub>3</sub> no rebasa 1-2 % del anterior

SO<sub>2</sub> gas incoloro, olor picante e irritante (>3ppm); 2,2 veces mas pesado que el aire

SO<sub>3</sub> incoloro, muy reactivo, reacciona con el agua atmosférica formando sulfúrico



**Lluvia ácida pH < 5,5**

# FUENTES

- En el medio ambiente en pequeñas cantidades, p. ej., disuelto en aguas minerales, en aguas servidas así como, principalmente, en emanaciones gaseosas naturales.
- Se origina por la descomposición de los aminoácidos sulfurosos de las albúminas por acción de bacterias putrificantes y tiobacterias, p.ej., en pantanos, aguas estancadas e instalaciones de clarificación de aguas servidas.
- En el ámbito industrial se genera durante diversos procesos de producción, p.ej., en la fabricación de fibras sintéticas, en las coquerías y en las refinerías.

Normalmente el sulfuro de hidrógeno que se genera durante la depuración del gas natural se convierte inmediatamente en azufre.

**Gases de combustión de automóviles**  
**Refinerías de petróleo**  
**Fabricación de papel**  
**Industrias químicas**



## Efectos característicos

- El sulfuro de hidrógeno es una sustancia irritante y un tóxico para los nervios y las células. Puede producir irritación en los ojos y vías respiratorias, catarro bronquial y náuseas.
- En grandes concentraciones produce anosmia (pérdida del sentido del olfato), convulsiones y narcosis.
- La muerte se presenta por paro respiratorio. Si el paciente se recupera, usualmente queda una hipersensibilidad residual al  $H_2S$  durante mucho tiempo.
- Sus efectos se agudizan durante la ejercitación en zonas contaminadas
- Las afecciones producidas por el sulfuro de hidrógeno en el lugar de trabajo son de denuncia obligatoria.
- En el organismo, el sulfuro de hidrógeno se oxida rápidamente transformándose en sulfato, que se excreta.

**Norma MZA: ( $SO_2$ ) 0.03 ppm**

- Niveles: el hombre expuesto a 1,5 – 3 ppm 10 min.

# Material particulado

## Fuentes:

- Gases de combustión de automóviles
- Chimeneas
- Polvo llevado por el viento



## Términos empleados para describir la naturaleza de las partículas:

- Material particulado en suspensión
- Partículas en suspensión totales (PTS) (Métodos gravimétricos)
- Humo negro (<sup>o</sup> ensuciamiento de filtro blanco)
- Partículas inhalables por el tórax (por debajo de laringe)
- PM 10 (USEPA) (diám. inferior a 10  $\mu\text{m}$ )

**Tabla 8.12. Tamaño de partícula**

Descripción del grupo	Composición	Tamaño de partícula	
		OMS	USEPA (PM-10)
Gruesas	Polvo, tierra, depósitos	$>2,5 \mu\text{m}$	$\geq 10 \mu\text{m}$
Finas	Aerosoles, partículas de combustión, vapores de compuestos orgánicos condensados y metales (contaminantes primarios y secundarios)	$<2,5 \mu\text{m}$	$\leq 10 \mu\text{m}$

**Tabla 8.13. Valores típicos de humo negro y concentraciones de PM**

Localidad	Concentraciones anuales	
	Humo negro ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Partículas en suspensión por gravimetría ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
Rural	0-10	0-50
Urbana	10-40	50-150
Máxima	100-150	200-400

# Propiedades de las partículas que afectan a los procesos de contaminación

## ✓ **Tamaño** (1-100 $\mu\text{m}$ )

<1  $\mu\text{m}$  : se agregan entre sí

1-10  $\mu\text{m}$  : “Materia en suspensión”. Trasladas por vientos

> 10  $\mu\text{m}$  : “Material sedimentable”. Suspensión por corto tiempo.  
Mayor efecto en las proximidades de la fuente.

## ✓ **Composición química** (Varía según su origen)

Suelo (Ca, Al, Si)

Combustión de C y gasolina (Me Pesados)

Combustión petróleo, madera, residuos domésticos,  
industrias (comp. Qca. Variada)

## Efectos:

Son a corto y largo plazo

Parecen estar más asociados por el tamaño que por la composición

Dificultad respiratoria

Enfermedades

Mortalidad

Las partículas pequeñas y los metales pesados plantean una amenaza a la salud

## Norma MZA:

Partículas en suspensión (filtración con bombas de alto volumen → Gravimetría.

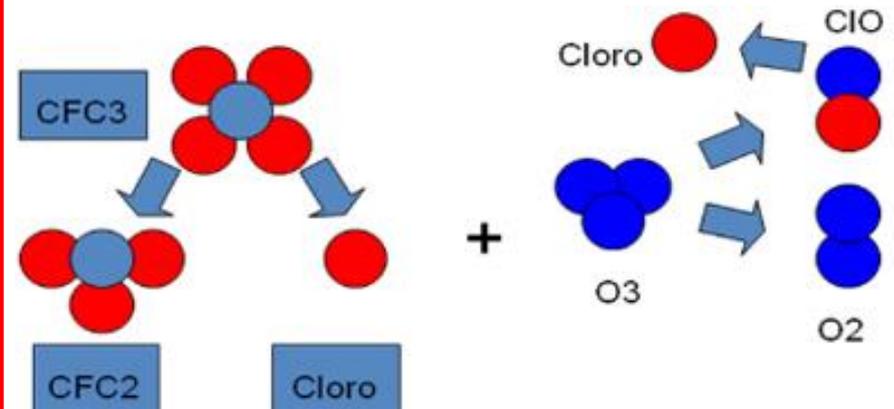
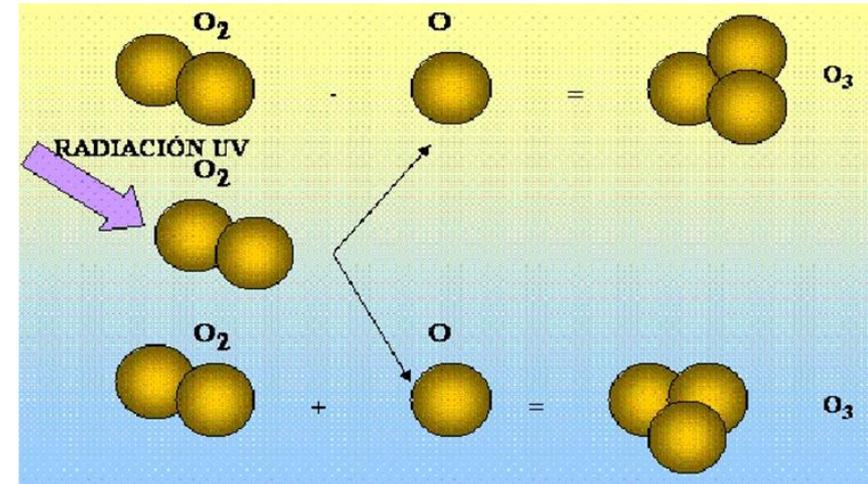
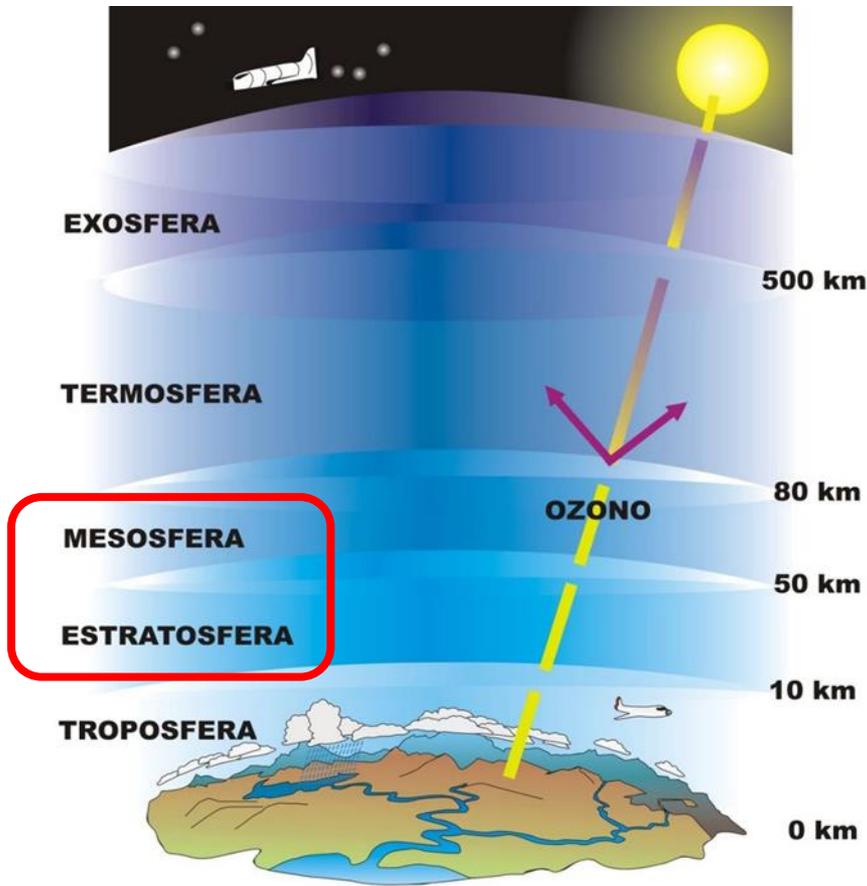
Norma:  $150 \text{ Ug/m}^3$

Partículas sedimentables (captación en cilindros abiertos → Gravimetría. Norma:  $1 \text{ mg/cm}^3$

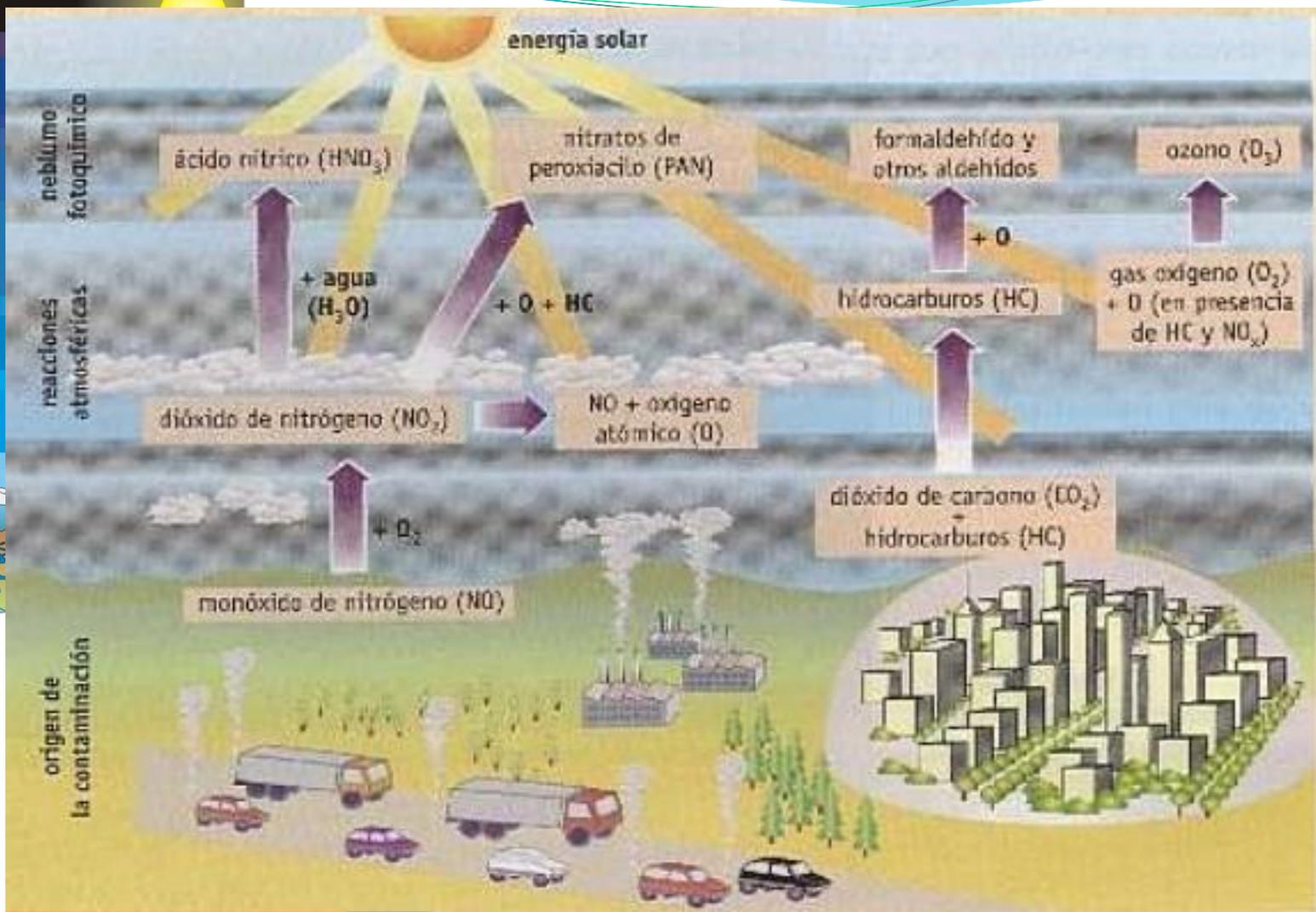


# Ozono: $O_3$

✓ Gas sin color, olor muy leve



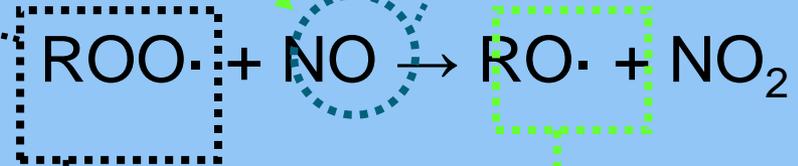
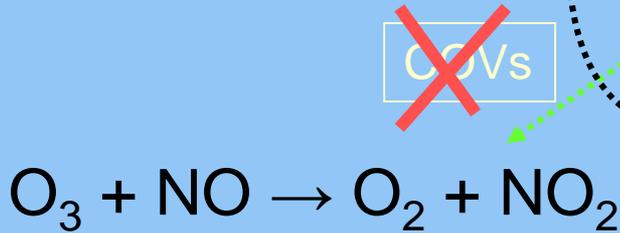
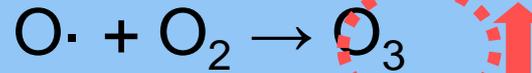
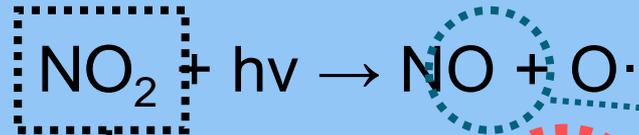
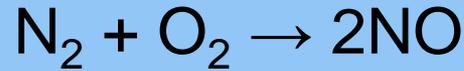
# Smog Fotoquímico



- 1. Con este nombre nos referimos a una mezcla de contaminantes de origen primario (CO, NOx, etc) con otros secundarios (ozono, peroxiacilo, radicales hidroxilo, etc.) que se forman por reacciones producidas por la luz solar al incidir sobre los primeros.**
- Esta mezcla oscurece la atmósfera dejando un aire teñido de color marrón rojizo cargado de componentes dañinos para los seres vivos y los materiales.**
  - Aunque prácticamente en todas las ciudades del mundo hay problemas con este tipo de contaminación, es especialmente importante en las que están en lugares con clima seco, cálido y soleado, y tienen muchos vehículos**

- En muchas ciudades como Mendoza, el principal problema de contaminación del aire es el smog fotoquímico
- En una situación de **inversión térmica** una capa de aire más cálido se sitúa sobre el aire superficial más frío e impide la ascensión de éste último (más denso), por lo que la contaminación queda encerrada y va aumentando.
- Las **reacciones fotoquímicas** que originan este fenómeno suceden cuando la mezcla de óxidos de nitrógeno e hidrocarburos volátiles emitida por los automóviles y el oxígeno atmosférico reaccionan, inducidos por la luz solar, en un complejo sistema de reacciones que acaba formando **ozono**
- El **ozono** es una molécula muy reactiva que sigue reaccionando con otros contaminantes presentes en el aire y acaba formando un conjunto de varias decenas de sustancias distintas como nitratos de peroxiacilo (PAN), peróxido de hidrógeno ( $H_2O_2$ ), radicales hidroxilo (OH), formaldehído, etc. Estas sustancias, en conjunto, pueden producir importantes daños en las plantas, irritación ocular, problemas respiratorios, etc.

## • Reacciones



Aldehídos y otros

PAN (nitratos de peroxiacilo)

**SMOG FOTOQCO SE MANIFIESTA PRINCIPALMENTE POR LA MAÑANA**

# TOXICIDAD

Seres  
humanos:

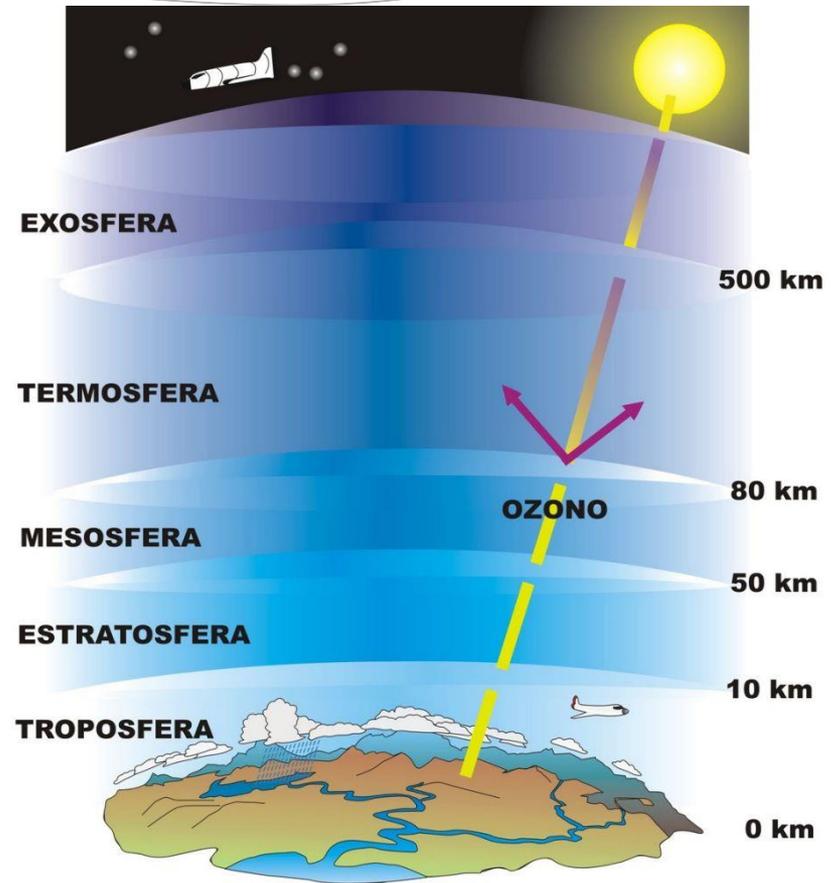
DL 15-20 ppm  
0,001 mg/l aire,  
(irritación evidente)  
0,002 mg/l aire, (1,5  
h - lesiones)

Mamíferos:

Cobayas  $CL_{50}$  51,7 ppm  
Ratones  $CL_{50}$  21 ppm

## Síntomas:

Irritación de los ojos, la nariz, garganta, y los pulmones  
Tos y problemas con la respiración  
Dolor en el pecho y pulmonía



Varios procesos patofisiológicos del pulmón resultan de la exposición al ozono.

Como un potente oxidante, el ozono es extremadamente irritante para el sistema respiratorio.

Reacciona con una variedad de biomoléculas extracelulares e intracelulares y produce cambios perjudiciales que pueden ser medidos por alteraciones en función pulmonar.

Es menos soluble que otros gases irritantes.

El sistema respiratorio es el principal blanco de este contaminante oxidante.

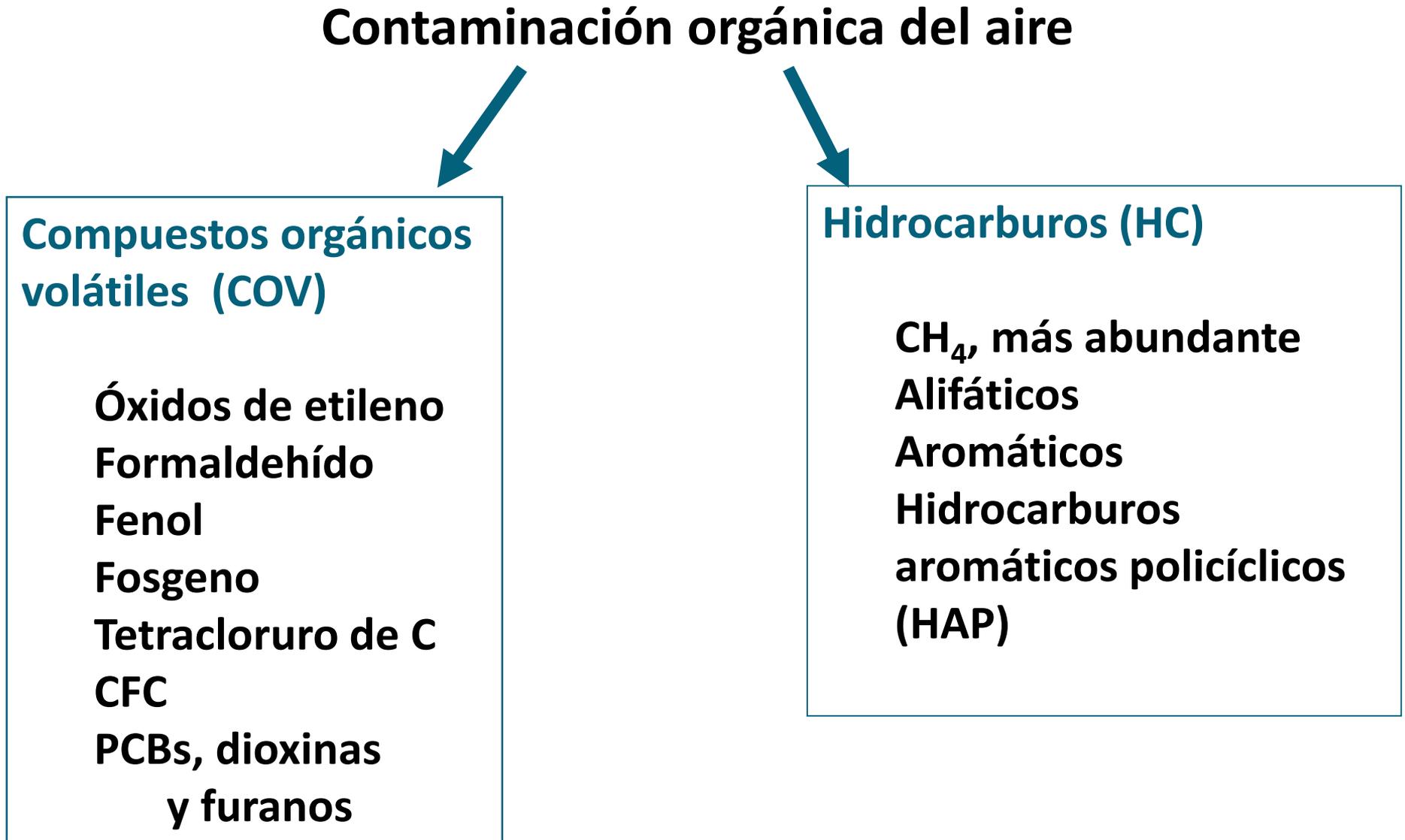
Las respuestas del tracto respiratorio inducidas por el ozono incluyen reducción en la función pulmonar, empeoramiento de enfermedades respiratorias pre-existentes (asma)

# EVALUACION Y OBSERVACIONES

- Para evaluar el ozono debe partirse de dos puntos de vista diferentes. El ozono en su calidad de contaminante de la capa atmosférica más próxima al suelo, afecta los órganos respiratorios y las plantas y, por ese motivo, debe evitarse al máximo.
- Dado que el ozono es un producto secundario, deben reducirse principalmente las emisiones de óxidos nítricos y dióxido de carbono. Simultáneamente deben mantenerse alejadas de las capas atmosféricas más altas (la ozonósfera se encuentra entre los 50 y los 60 km de altura) a los hidrocarburos fluorados, los óxidos nítricos y los óxidos carbónicos, puesto que éstos descomponen la vital capa de ozono que absorbe los rayos ultravioleta, tan nocivos para la salud.
- De modo que, si bien al ozono que se encuentra cerca de la superficie terrestre tiene un efecto contaminante, el de la alta atmósfera es vital para la supervivencia.

# Compuestos orgánicos volátiles: COV

## Contaminación orgánica del aire



### Compuestos orgánicos volátiles (COV)

Óxidos de etileno  
Formaldehído  
Fenol  
Fosgeno  
Tetracloruro de C  
CFC  
PCBs, dioxinas  
y furanos

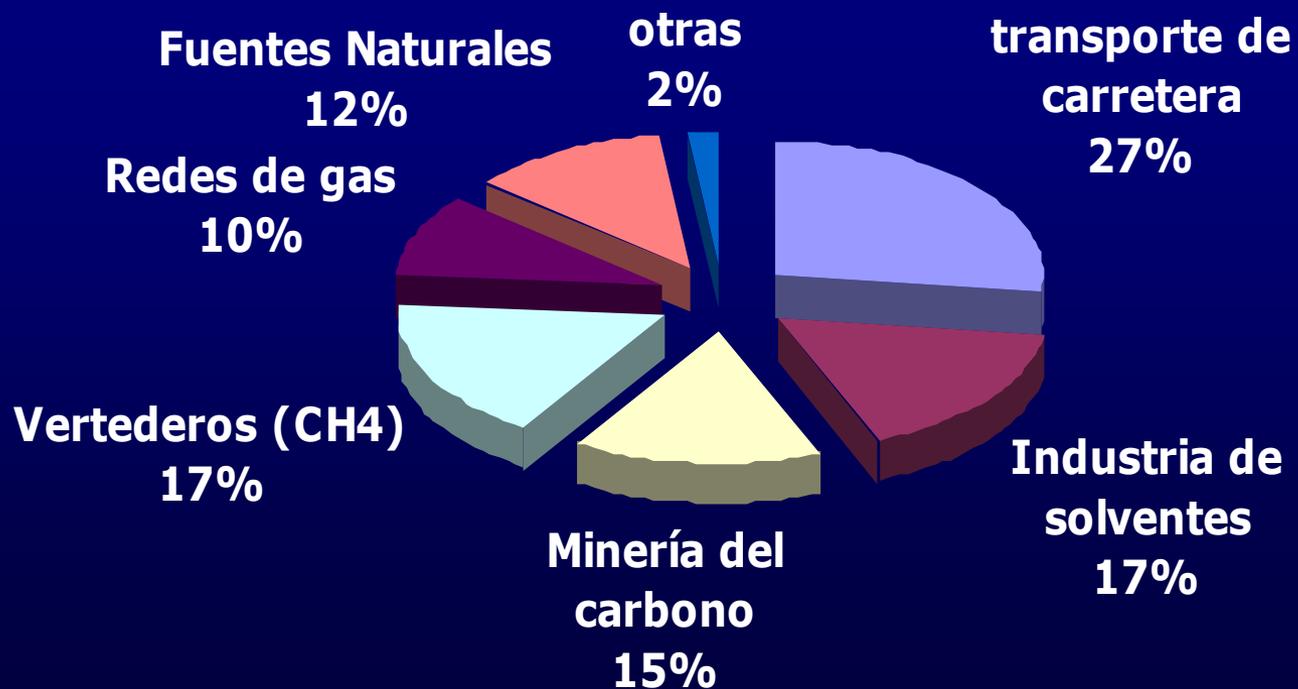
### Hidrocarburos (HC)

CH<sub>4</sub>, más abundante  
Alifáticos  
Aromáticos  
Hidrocarburos  
aromáticos policíclicos  
(HAP)

# Compuestos orgánicos volátiles (COV)

## Fuentes:

- Quema de combustibles (gasolina, madera, carbón, gas natural).
- Disolventes, pinturas, pegamentos, etc.



## Efectos:

- Variables según los compuestos y frecuencia de la exposición
- Benceno, formaldehído y percloroetileno → cancerígenos
- Exp. crónica: lesiones de hígado, riñones y sistema nervioso central
- Exp. Aguda: irritación de ojos y las vías respiratorias, dolor de cabeza, mareo, trastornos visuales, fatiga, pérdida de coordinación, alergias en la piel, náuseas y trastornos en la memoria
- SON PRECURSORES DEL OZONO



# PCBs, Dioxinas y Furanos

## CONTAMINANTES ORGÁNICOS PERSISTENTES (COPs):

*(Convenio de Estocolmo sobre COPs, 2001)*

- Tóxicos para humanos y animales con importantes efectos sobre las mujeres y generaciones futuras
- Persistentes en el ambiente
- Bioacumulables en ecosistemas terrestres y acuáticos
- Se incorporan a la cadena alimentaria y pueden ser transportados por ella
- Posible transporte transfronterizo a largas distancias por aire, agua o especies migratorias
- Pueden depositarse y actuar en lugares alejados de los puntos de liberación

### Plaguicidas

(8)

Aldrin  
Clordano  
DDT  
Dieldrin  
Endrin  
Heptacloro  
Mirex  
Toxafeno

### Prod. químicos de aplicación industrial

(2)

BPCs  
Hexaclorobenceno

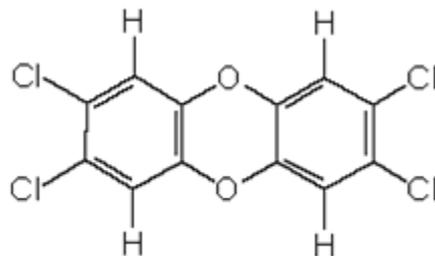
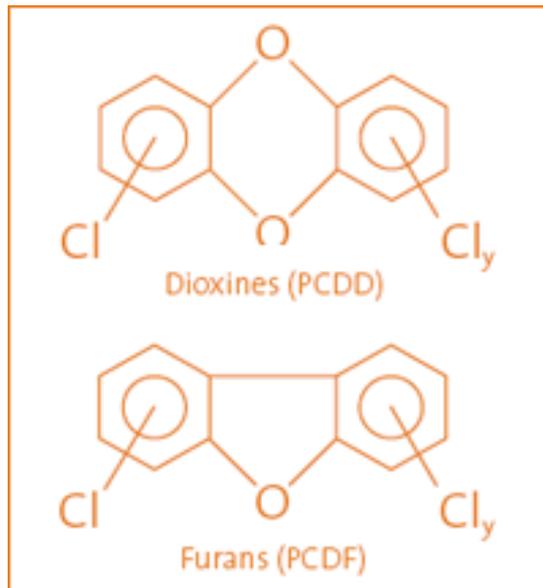
### Subproductos no deseados

(2)

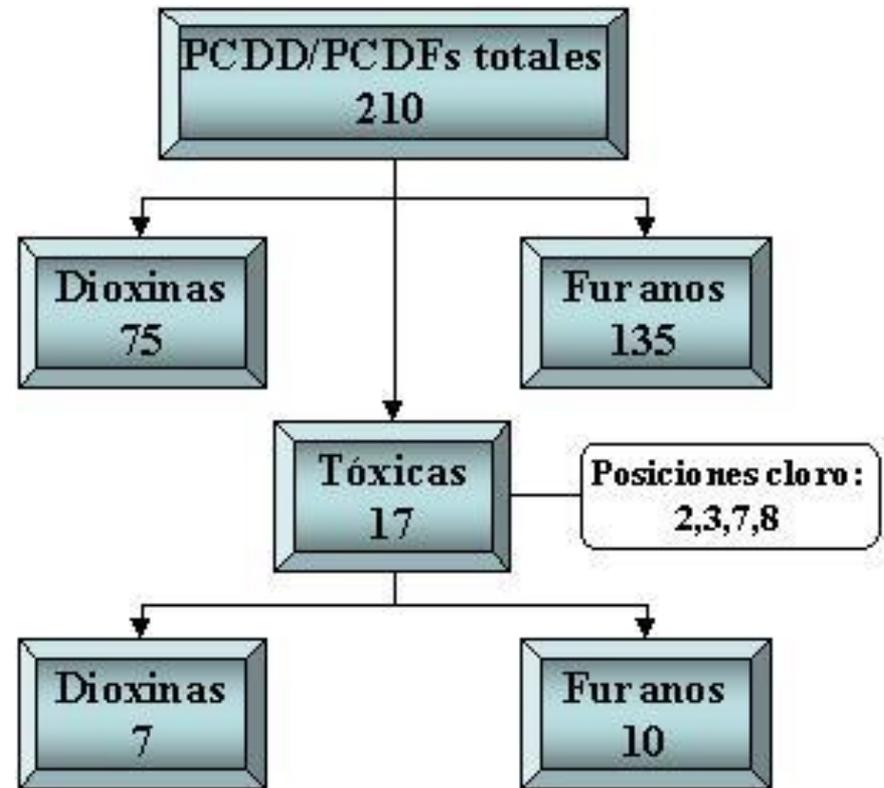
Dioxinas  
Furanos

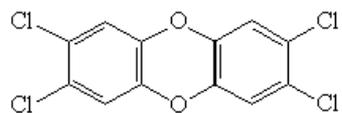
# PCBs, Dioxinas y Furanos

**Dioxinas** conjunto de sustancias aromáticas. Núcleo esencial es el 1,10-dioxantraceno o dibenzo-p-dioxina. Más conocidos **poli**clorodibenzo-p-dioxinas (PCDDs) y, entre ellos, la TCDD (2,3,7,8-tetraclorodibenzo-p-dioxina)

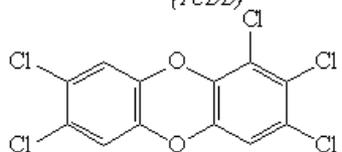


2,3,7,8-TCDD

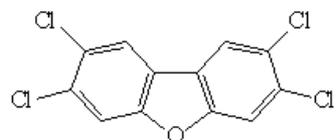




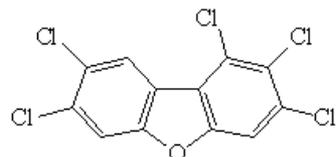
2,3,7,8-Tetrachlorodibenzo-p-dioxina (TCDD)



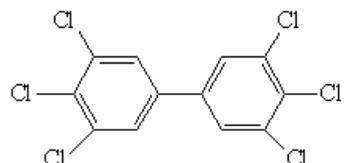
1,2,3,7,8-Pentachlorodibenzo-p-dioxina (PCDD)



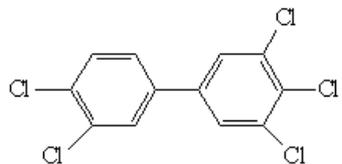
2,3,7,8-Tetrachlorodibenzofurano (TCDF)



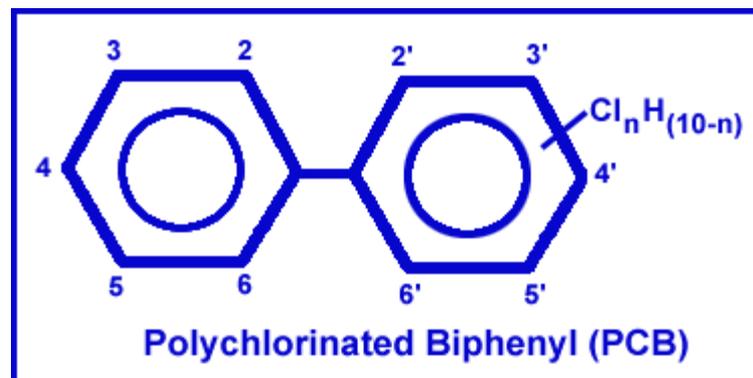
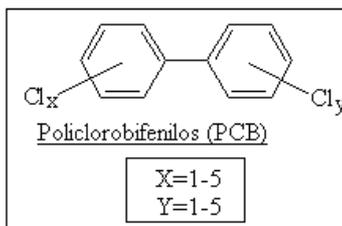
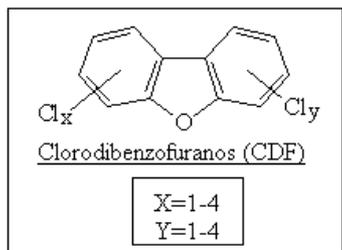
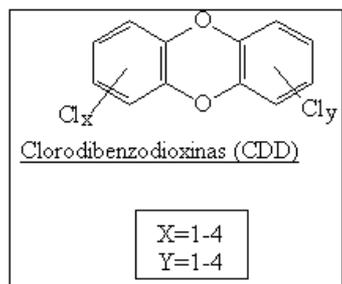
1,2,3,7,8-Pentachlorodibenzofurano (PCDF)



3,3',4,4',5,5'-Hexachlorobifenilo (HCB)



3,3',4,4',5-Pentachlorobifenilo (PCB)



# PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS

- Sólidos cristalinos de color blanco con puntos de fusión relativamente elevados (entre 100 y 305°C).
- Son muy estables térmicamente y sólo se descomponen a  $T > 750^{\circ}\text{C}$ .

• Inertes y difícilmente biodegradables y metabolizables. 

## **contaminantes persistentes**

- Son relativamente sensibles a la radiación UV y luz solar y en condiciones apropiadas experimentan reacciones fotoquímicas de degradación.
- Liposolubles  acumulación en los tejidos ricos en lípidos de los organismos de los seres vivos.
- Alta insolubilidad en agua pura (0,019  $\mu\text{g/l}$  para la 2,3,7,8-TCDD), aunque al ser adsorbidos por partículas en suspensión, pueden hallarse en elevada concentración

# FUENTES DE DIOXINAS Y ANÁLOGOS

- **Procesos de incineración y combustión:**

- Incineración de basuras y residuos sólidos,
- procesos metalúrgicos,
- combustión de carbón, madera, productos petrolíferos y neumáticos usados.

- **Industria química:**

- Producción de cloro y derivados clorados orgánicos : insecticidas, herbicidas, catalizadores y productos intermedios para la síntesis de otras sustancias. (muchas han dejado de ser producidas en países desarrollados)

- **Producción de papel y depuración de aguas:**

- blanqueado de papel mediante el empleo de cloro
- los lodos empleados en los procesos de depuración de aguas residuales pueden concentrar cantidades apreciables de PCDDs y PCDFs.

- **Reservorios naturales:**

- acumulación en suelos, sedimentos y materia orgánica.

**Los seres humanos están expuestos a la presencia de dioxinas y análogos en el medio ambiente (contaminación accidental o profesional).**

**Más del 90% de la exposición ambiental a PCDDs y PCDFs proviene de los alimentos, muy especialmente de aquellos de origen animal.**

**La OMS indican diferencias sustanciales en las concentraciones de estos productos en la leche materna, con niveles más elevados en los países industrializados (10-35 pg TEQ/g grasa láctea) que en los aún en vías de desarrollo (<10 pg TEQ/g grasa láctea).**

**Finalmente, las actividades industriales y de servicios que generan incontroladamente PCDDs y análogos (incineración de residuos, producción de plaguicidas y productos químicos) pueden provocar contaminación en los trabajadores y en personas que viven en zonas próximas.**



# METABOLISMO

- Absorción oral que puede cifrarse en torno a un 90%.
- Vida media de eliminación de esta sustancia en seres humanos oscila entre 6 y 11 años, con una media de 7.
- La absorción cutánea es escasa y muy lenta,
- elevado de absorción transpulmonar, partículas aéreas.
- Distribución por los órganos, pero especialmente en el hígado y el tejido adiposo.
- Los seres humanos son capaces de metabolizar, aunque de forma muy lenta,.
- La difusión transplacentaria de estas sustancias está perfectamente establecida, exponiendo al feto en desarrollo a los efectos biológicos de las mismas. Estos efectos podrían verse complementados por la lactancia materna, que incorpora en la grasa láctea cantidades significativas de dioxinas



# Efectos tóxicos

- En los **animales**, TCDD es capaz de producir efectos teratógenos, siendo especialmente comunes las alteraciones cutáneas y capilares, renales, hendiduras palatales, abortos espontáneos e incluso la muerte.
- También ha demostrado ser un agente cancerígeno en ratas y ratones, aunque en este caso tras someter a los animales a niveles muy elevados del producto durante prolongados períodos de tiempo.
- La toxicidad de TCDD en **humanos** sólo es conocida parcialmente y sólo a corto plazo (toxicidad aguda). La exposición a cantidades elevadas de TCDD en personas es capaz de producir cefalea intensa, alteraciones digestivas y cutáneas, dolores musculares y articulares, así como un amplio espectro de alteraciones enzimáticas, neurológicas y psiquiátricas.



- personas expuestas a elevadas concentraciones de TCDD presentan un cierto aumento del riesgo de padecer diversos tipos de cáncer.
- Por lo que se refiere a los efectos de tipo no carcinogénico, entre los niños expuestos *in utero* a estas sustancias, tan sólo en exposición ambiental, se han observado retrasos en el desarrollo y alteraciones hormonales tiroideas, ambos con carácter leve.
- Entre las pocas condiciones que se registraron con más frecuencia entre los adultos expuestos que en no expuestos, las más significativas fueron alteraciones lipídicas (hipertrigliceridemia), hiperglucemia y aumentos de los valores séricos de *GGT (gamma glutamil transpeptidasa)*, y aumento de la mortalidad de origen cardiovascular.

