



IQ 588

Clase 02/2006:

Descripción principales contaminantes:

***Material particulado - Aerosoles**

***Gases**

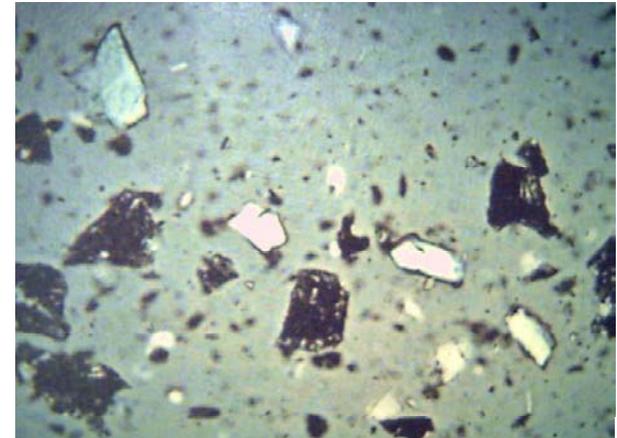
Profesor: Fernando Farias E.

I. Material Particulado

Características generales:

No existe un único tipo de material particulado, depende de condiciones locales:

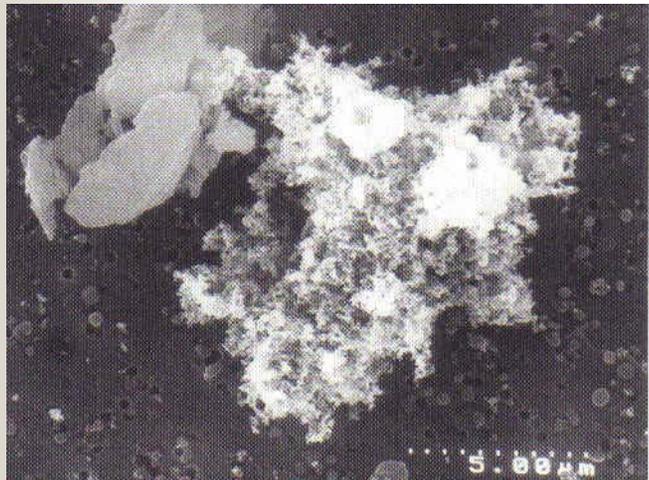
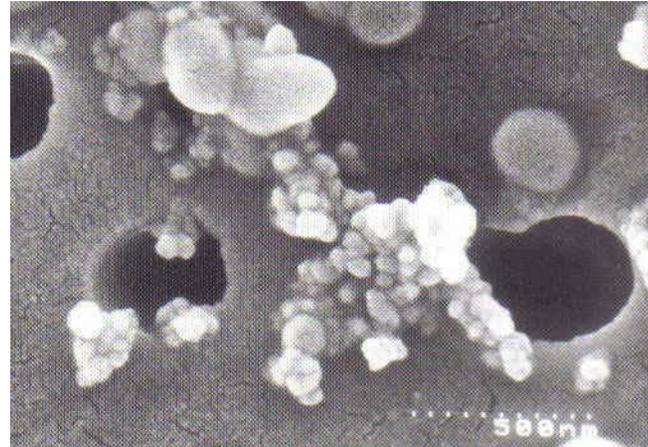
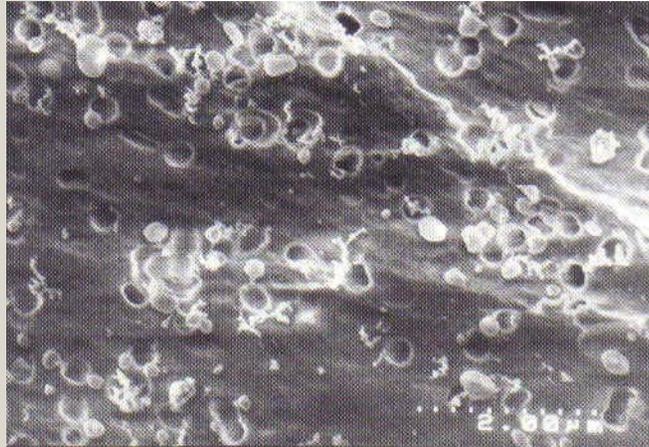
- Fuentes emisoras
- Meteorología
- Composición de la corteza terrestre
- Fenómenos de formación del material particulado



8/21/2004

Tipos de material particulado similares:

Procesos en motores de combustión interna, homogéneos??



Partículas de
distintas formas
y tamaños

Material Particulado

Clasificaciones útiles para gestión de las fuentes:

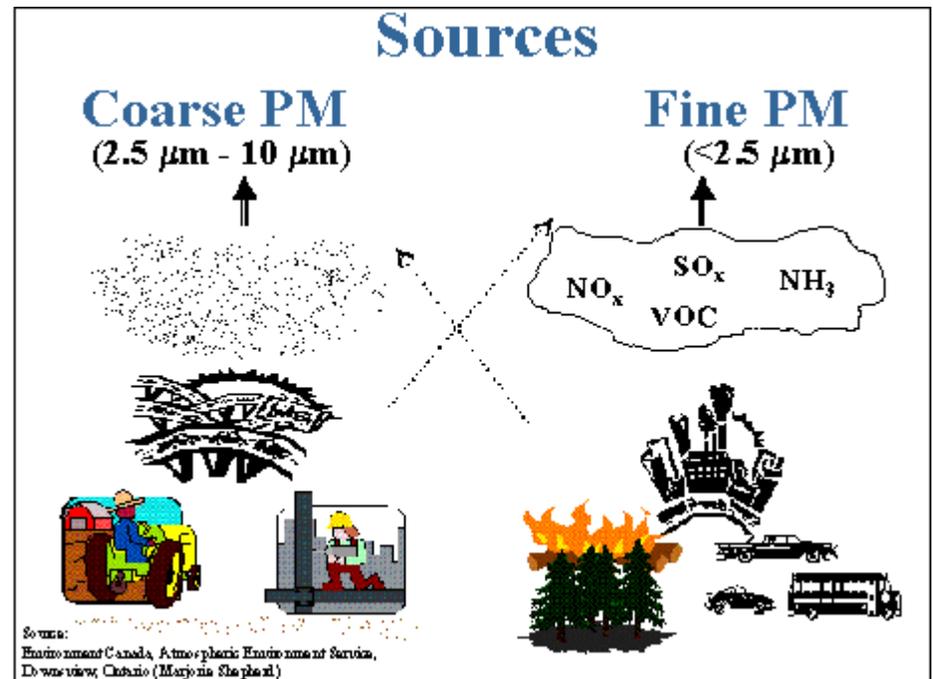
Primera Clasificación de material particulado, donde se forman:

- Primario
- Secundario

Segunda Clasificación, por fuente emisora:

- Antropica
- Natural

Tercera Clasificación, por tamaño de partículas



Fuentes de MP

Partículas Primarias

a) Partículas primarias naturales

- Polvo suspendido del suelo (compuestos de Ca, Si, Al)
- Partículas marinas
- Emisiones volcánicas
- Incendios forestales
- Conminución

b) Partículas primarias antropicas

- Combustión (transporte, industrial, residencial),
- Metalurgia y otros procesos industriales



Composición de combustión

Carbón: fly-ash, partículas finas en la matriz del mineral, otros componentes minerales (inorgánicos, SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , K_2O , óxidos metálicos de As, Cd, Cr, Ni, Sb, Co, Hg, Zn, etc)

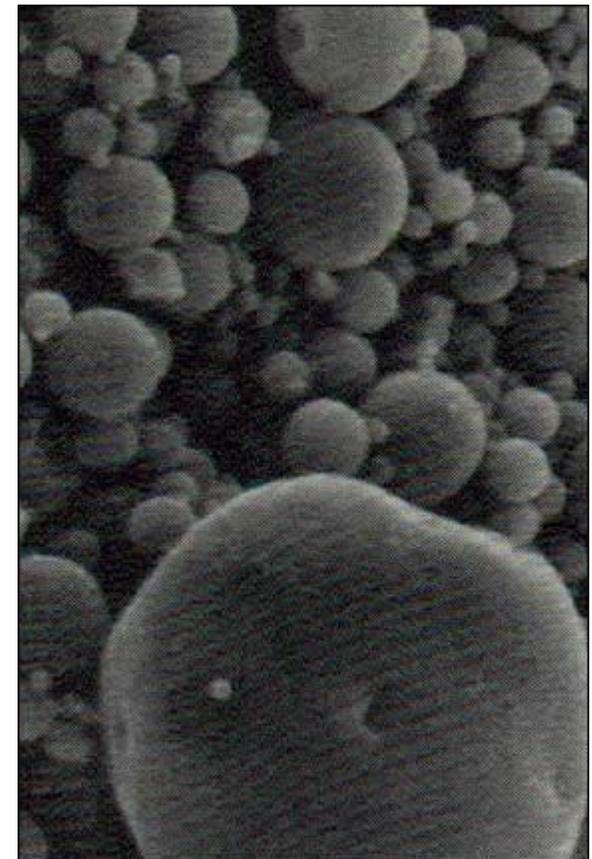
Diesel: carbón orgánico y elemental, con sulfatos y agua

Partículas residuales pirolizadas en la cámara de combustión

Otros combustibles: partículas carbonáceas, que se sinterizan

Procesos metalúrgicos: trazas de partículas metálicas

Procesos de explotación de minerales, construcción





Partículas Secundarias

Formación en la atmósfera (oxidación química de gases)

- Sulfatos desde SO_2
Si hay Amoníaco, sulfato de amonio
- Nitratos desde NO_2 ,
Neutralización con amoníaco (nitrato de amonio) y con partículas de origen marino (nitrato de sodio)

Menos cantidad: cloruro de amonio, formado de amoníaco con gas hidróclorico (HCl), combustión de carbono e incineración de basuras domiciliarias

Partículas Biológicas

- Granos de polen y esporas,
- Partículas biológicas de fungus, bacterias, virus patógenos.
Causa de enfermedad propia.

Relevancia en términos de MP es limitada



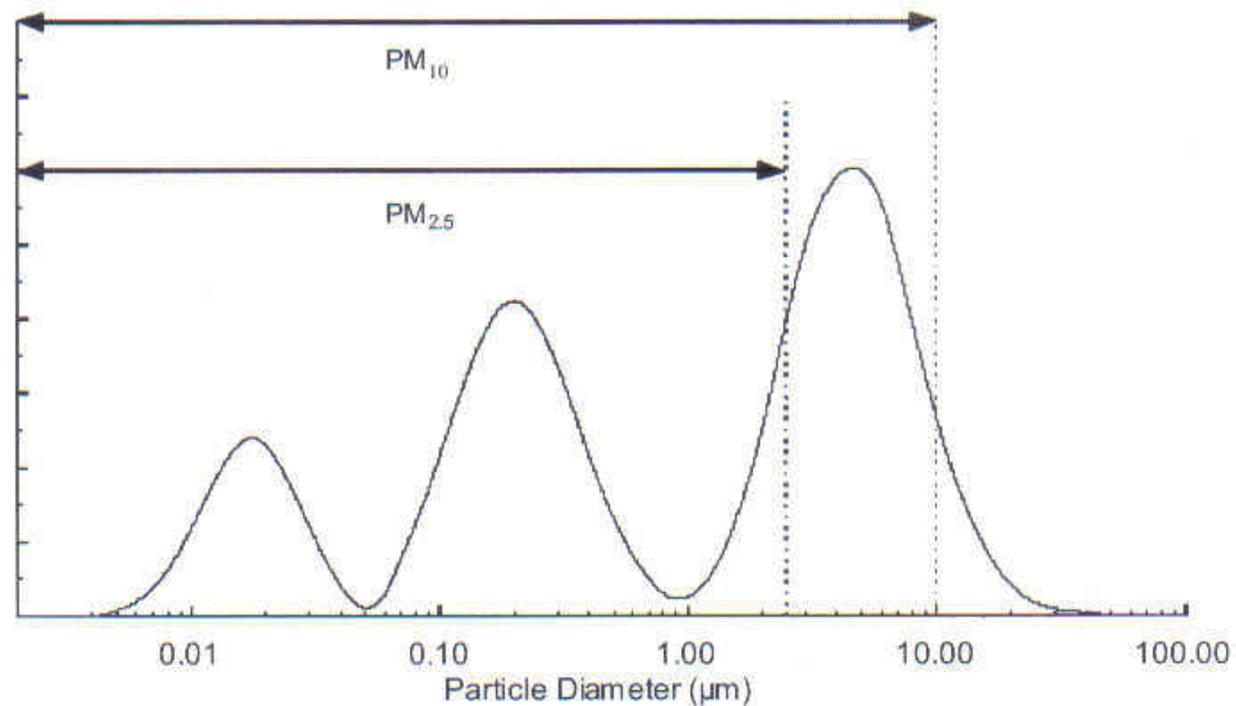


Tercera Clasificación de Material particulado, por tamaño:

- Partículas PM10
- Partículas PM2.5: fracción fina (combustión y condensación de vapores)
- Partículas PM10-PM2.5: fracción gruesa (ruptura de sólidos y líquidos)

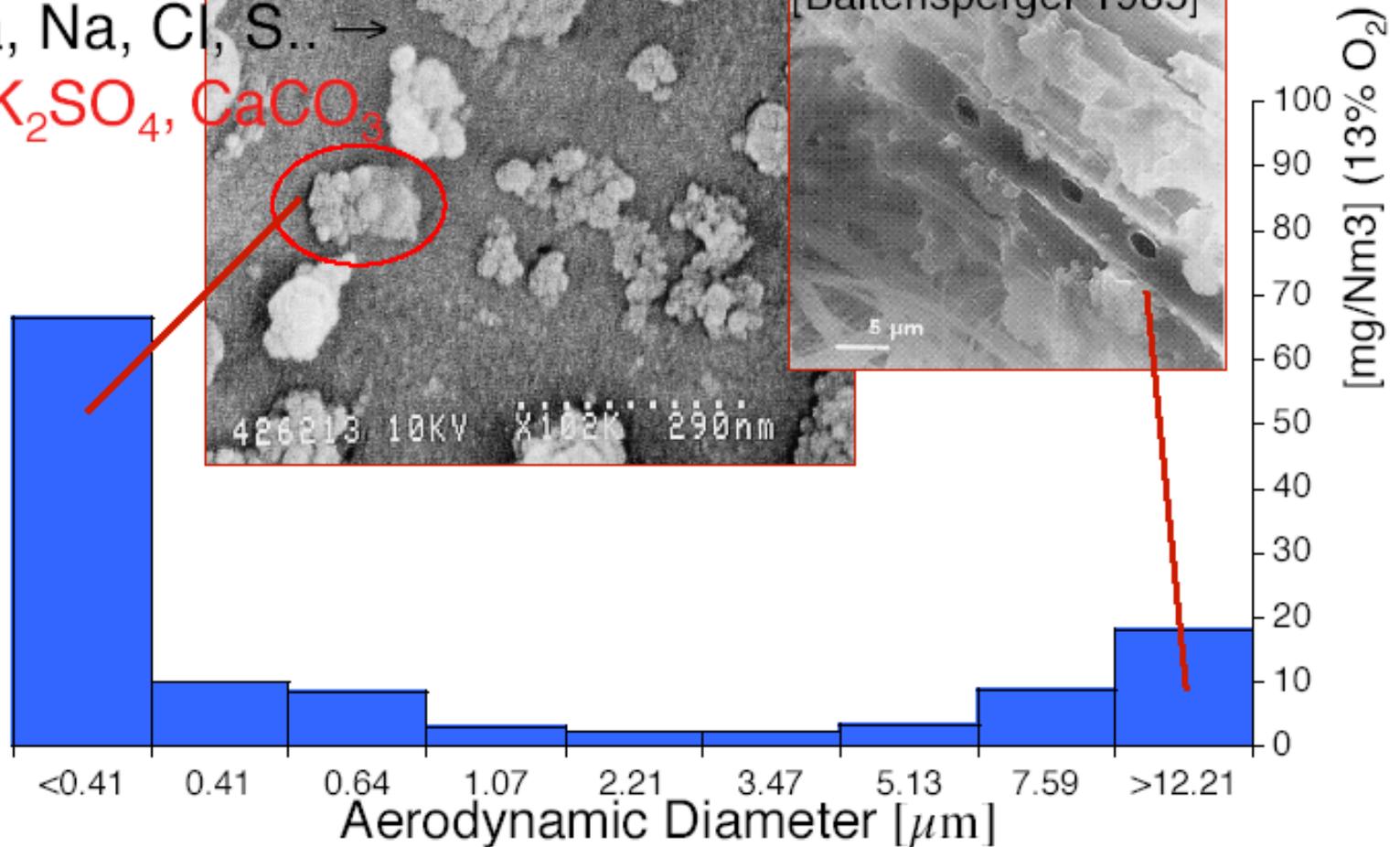
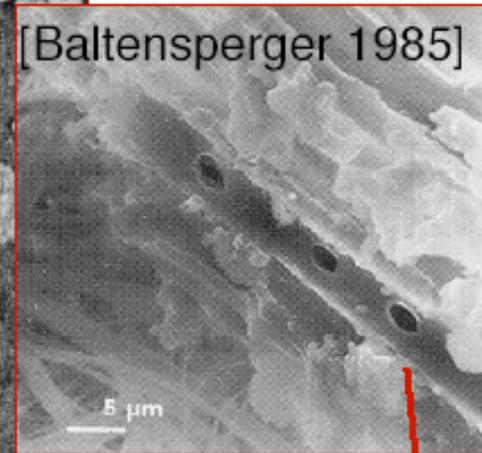
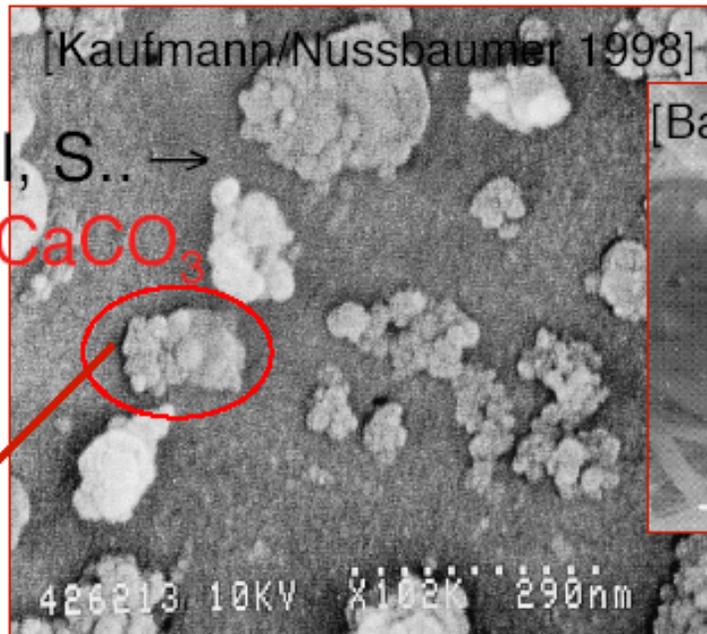
- Efectos en la salud diferenciados
- Modos de control diferenciados

Rango de tamaños en una muestra de material particulado.
Enfoque estadístico (distribución) para evaluar las partículas



Particle Size Distribution (Mass by Impactor)

K, Ca, Na, Cl, S.. →
KCl, K₂SO₄, CaCO₃



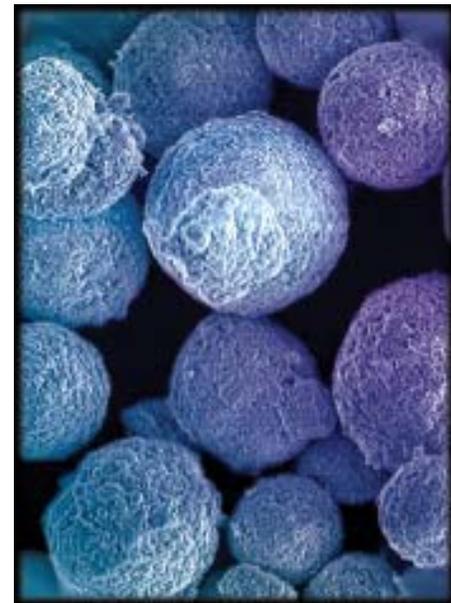
[Oser et al. 2000]

Verenum

Para considerar que las partículas tienen tamaño y formas diferentes:

Diámetro aerodinámico de las partículas

Definición:= el diámetro de una esfera de densidad 1g/cc con la misma velocidad de deposición debido a fuerzas gravitacionales en aire estable que la partícula real, bajo las mismas condiciones de presión, temperatura y humedad relativa.





Diferencias en composiciones relativas de distintas fracciones de Material Particulado.

Fraccion	Lugar	Sulfato	Nitrato	Suelo	Combustion
PM2,5	Washington	47	13	5	35
PM2,5	Phoenix	14	13	16	57
PM10	Washington	34	9	31	26
PM10	Phoenix	5	6	66	23



Sulfato:

Desde SO₂ transportado desde combustiones en fuentes locales y lejanas, reacciones con amonio.

Nitrato:

Desde NO_x transportado desde combustiones (vehículos) en fuentes locales y lejanas, reacciones con amonio.

Suelo:

Polvos fugitivos (calles pavimentadas, construcción).

Combustión:

Distintos cortes de combustibles, incineración, leña, incendios.



Toxicidad de las Partículas Atmosféricas

Si el MP varía tanto, como se sabe cual es el efecto?

Consistentes resultados de estudios en diversas condiciones;
Partículas de mayor tamaño, evidencia limitada de efectos.

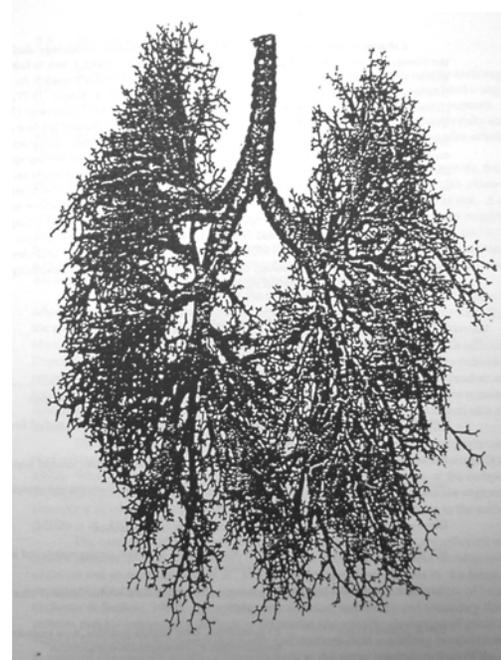
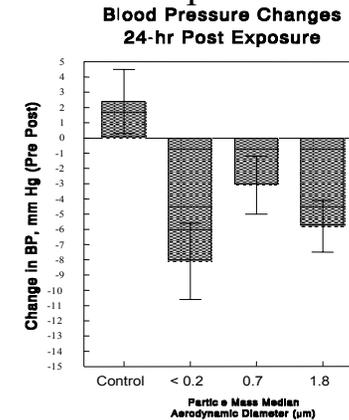
Estudios actuales usan el concepto de área de intercambio de las partículas

Otras hipótesis de origen de la acción del MP :
compuestos químicos constituyentes, propiedades físicas

Toxicidad de las Partículas Atmosféricas

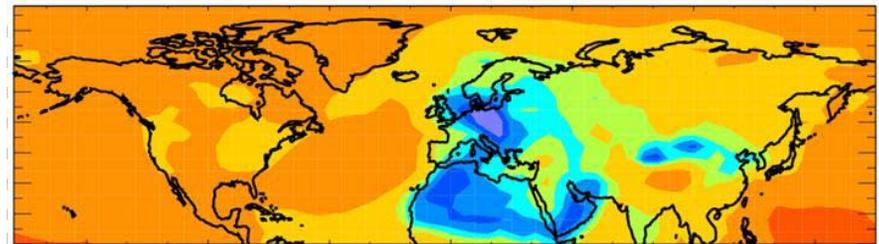
1. Por sí mismas
 - Materiales inertes: silica, granito, amianto
2. Transportar material tóxico
 - Material inorgánico: metales pesados
 - Material orgánico: HPAs
3. Perturbación de la respiración
 - Hollines

Hemodynamic Changes After Particle Exposures

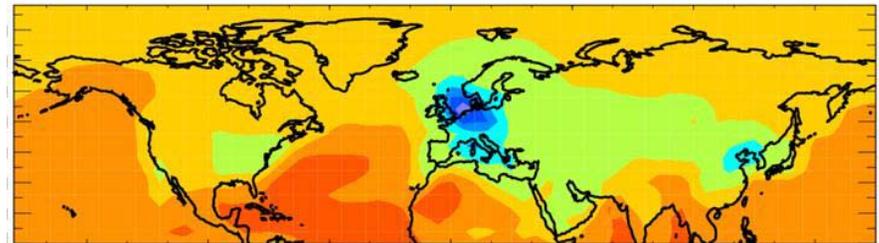


Aerosoles

Principales roles de los aerosoles:
Química atmosférica
Cambio climático
Riesgos directos a la salud



-55 -45 -40 -35 -30 -25 -15 -5 0 Δ OH (%)



-11 -9 -7 -5 -3 -1 0 1 3 Δ O₃ (ppbv)



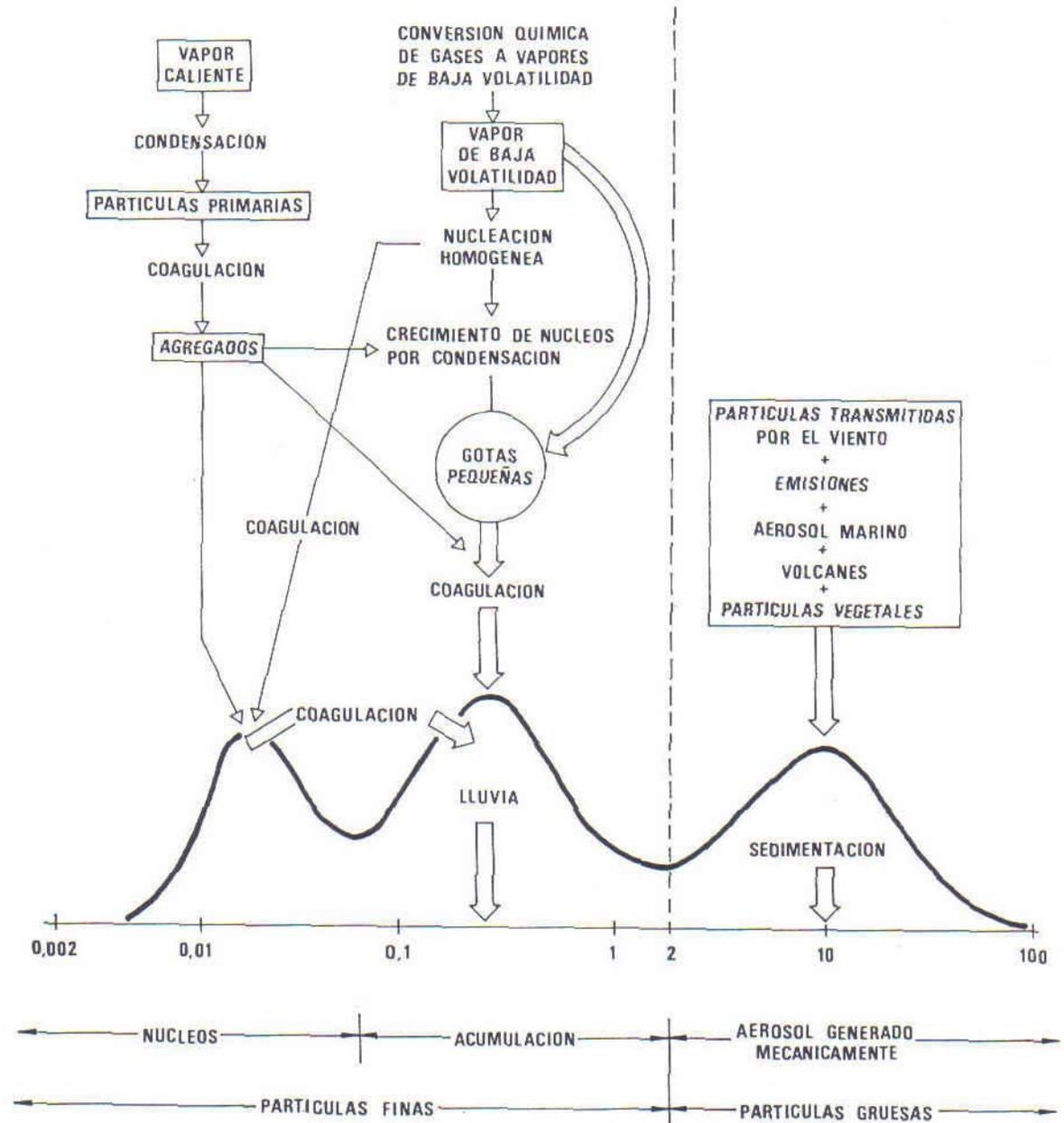
Tipos mas importantes de aerosoles:

- Sulfatos
- Partículas orgánicas
- Nitratos

También:

- Metales trata en varias formas químicas
- V, Mn, CU, Zn, As, Ni, Pb
- Carbón elemental
- Carbón orgánico

Aerosoles





II. Descripción de Gases Contaminantes

1. Óxidos de Azufre

1.1 Dióxido de azufre (SO₂)

1.2 Trióxido de azufre (SO₃)

2. Monóxido de carbono (CO)

3. Óxidos de nitrógeno

3.1 Óxidos de N con altos estados de oxidación (NO_x)

3.2 Óxido nitroso (N₂O)



4. Amoniaco (NH₃)

5. Ozono (O₃)

6. Hidrocarburos

6.1 Benceno

6.2 Metano

7. Dioxinas y furanos

8. Olores

1.1 Dióxido de azufre (SO₂)

Propiedades

Gas ácido, corrosivo, incoloro y no inflamable, olor fuerte e irritante

Vida media, de 2 a 4 días

Se deposita en superficies y también se convierte en iones sulfato,

Origen ambiental

Natural: actividad volcánica

Antropico: Combustión de combustibles azufrados (carbón, combustibles líquidos, fracciones pesadas del petróleo, gas natural como H₂S), procesos mineros con concentrados ricos en azufre, industria metalúrgica



Productos de la combustión del Azufre de los Combustibles. Emisiones

Azufre de combustible

SO₂



- Producto mayoritario

SH₂



- Producto generalmente despreciable
- Solo en condiciones de muy poco aire (estufas de carbón...)
- Detectable por su olor a muy bajas concentraciones

SO₃



- Se produce al enfriarse los gases (800-400 °C) con alto exceso de aire
- Se favorece con la presencia de partículas catalizadoras
- Con vapor de H₂O se forma SO₄H₂ (y corrosión)
- Proporción frente al SO₂: de <1% al 4%

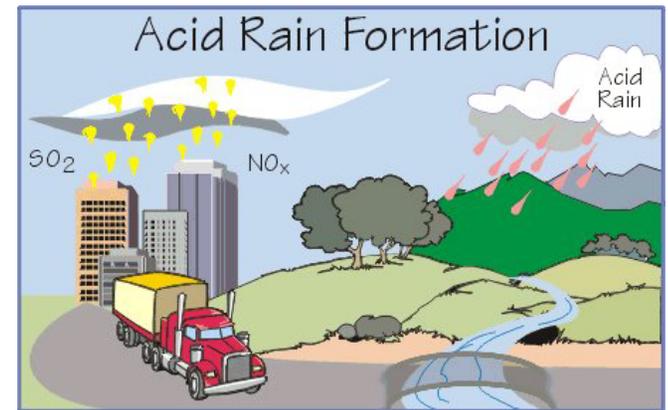
Azufre en cenizas

- Adsorción del SO₂/SO₃ en las cenizas
- Importante la alcalinidad de las cenizas
- Solo significativo en combustibles sólidos

Impacto

Localización: Cercano a fuentes de combustión, zonas urbanas y rurales (larga distancia)

Caracterización: Deposición seca y húmeda causa daño en salud y a vegetación, deterioro de suelos, materiales de construcción y cursos de agua





1.2 Trióxido de azufre (SO₃)

Propiedades: gas que reacciona fácilmente con agua en la atmósfera para formar ácido sulfúrico (lluvia ácida)

Origen ambiental

Natural: contaminante secundario de la oxidación atmosférica de SO₂

2. Monóxido de carbono (CO)

Propiedades: gas incoloro, inflamable, inodoro e insípido

Tiempo de vida media, entre 1-2 meses

Origen ambiental

Natural: procesos de combustión natural incompleta (quema de biomasa), oxidación de hidrocarburos (CH₄) en reacciones fotoquímicas

Antropico: procesos de combustión antropica incompleta (transporte)

Impacto

Localización: 90% es natural

Caracterización: daños en salud, intromisión en la cadena de intercambio de oxígeno en la sangre





3.1 Óxidos de N con altos estados de oxidación (Nox)

Propiedades: color rojizo, vida media corta (1 día), rápida oxidación a NO_3 como aerosol a NO_3 , deposición directa hacia el suelo o transferencia a gotas de agua (deposición ácida)

Origen ambiental

Natural: emitidos en la forma de NO principalmente, el que se oxida a NO_2 por reacciones fotoquímicas con oxidantes (O_3)

Antropico: procesos de combustión a altas temperaturas, fuentes móviles, centrales de generación de energía, calderas y procesos industriales

Industria de abonos nitrogenados, fabricación de ácido nítrico, fundiciones de acero

Origen ambiental

Natural: emitidos en la forma de NO principalmente, el que se oxida a NO₂ por reacciones fotoquímicas con oxidantes (O₃)

Antropico: procesos de combustión a altas temperaturas, fuentes móviles, centrales de generación de energía, calderas y procesos industriales

En mucha menor medida, Industria de abonos nitrogenados, fabricación de ácido nítrico, fundiciones de acero



Impacto

Localización: Relevante en smog fotoquímico, e influye en las reacciones de formación y destrucción del ozono, y lluvia ácida



Datos Relativos a emisiones de Óxidos de Nitrógeno en distintos procesos de combustión

Combustión

Proceso Industrial		Concentración Nox (mg/Nm ³)	Emisión (g/kg)	Emisión (mg/kwh)
Centrales Térmicas	Carbón pulverizado	700-1800	8-30	900-3600
	Lignito	600-1000	4-8	850-1400
Lecho Fluidizado	Estacionario	100-1000	1,2-11,6	140-1400
	Circulante	80-300	0,9-3,5	100-410
Hornos Industriales fuel		300-1100	3,5-13	300-1200
Hornos Industriales gas		100-800	0,4-3,4 (g/m ³)	85-700
Hornos Domésticos fuel		80-250	1-3	80-260
Hornos Domésticos gas		60-170	0,2-0,7 (g/m ³)	50-150
Vehículos	Gasolina	1000-8000	10-84	900-700
	Gasolina con catalizador	40-400	0,4-4	35-350
	Diesel	400-3000	12-40	1000-3500



Mecanismos de formación de NO_x:

a) Nox térmico:

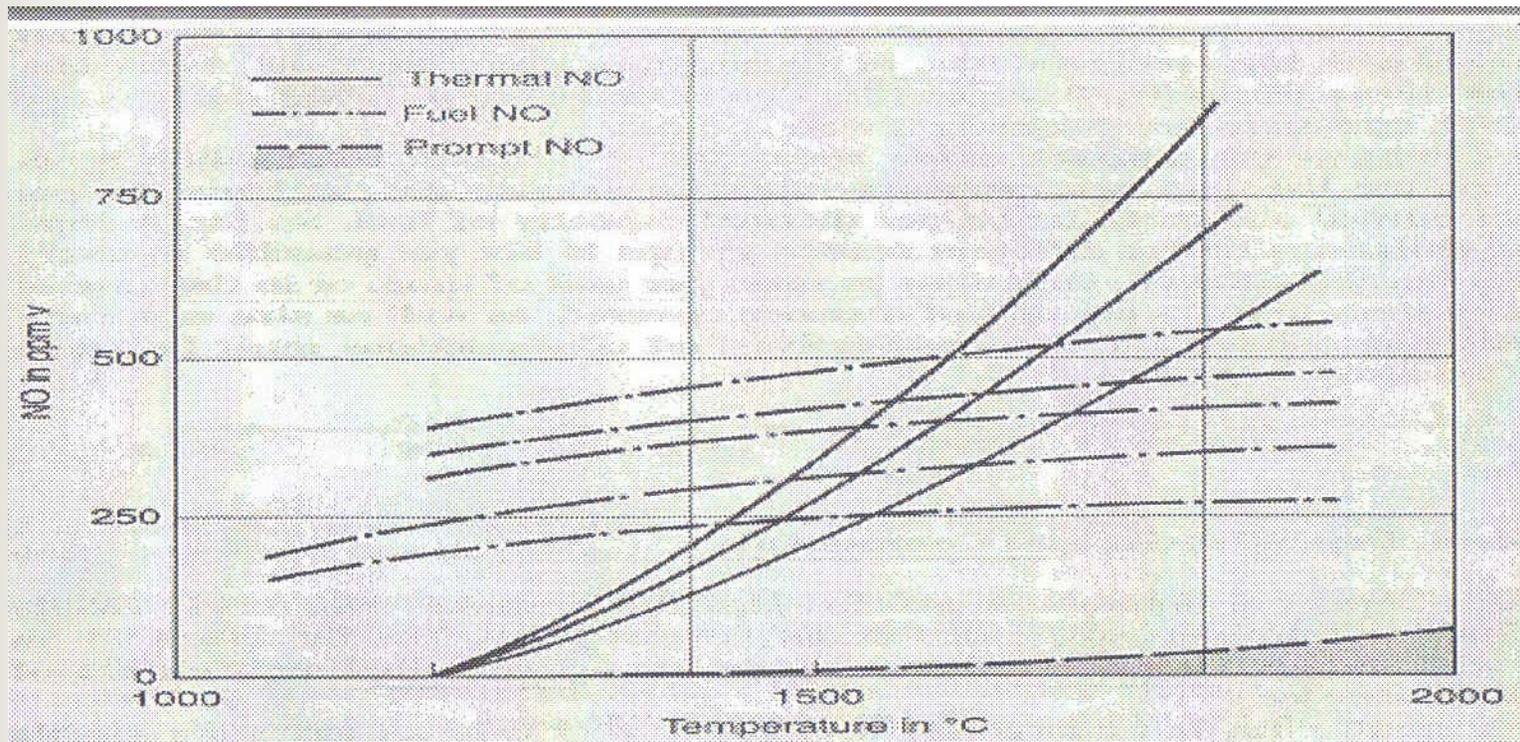
N₂ y O₂+T

b) Prompt Nox:

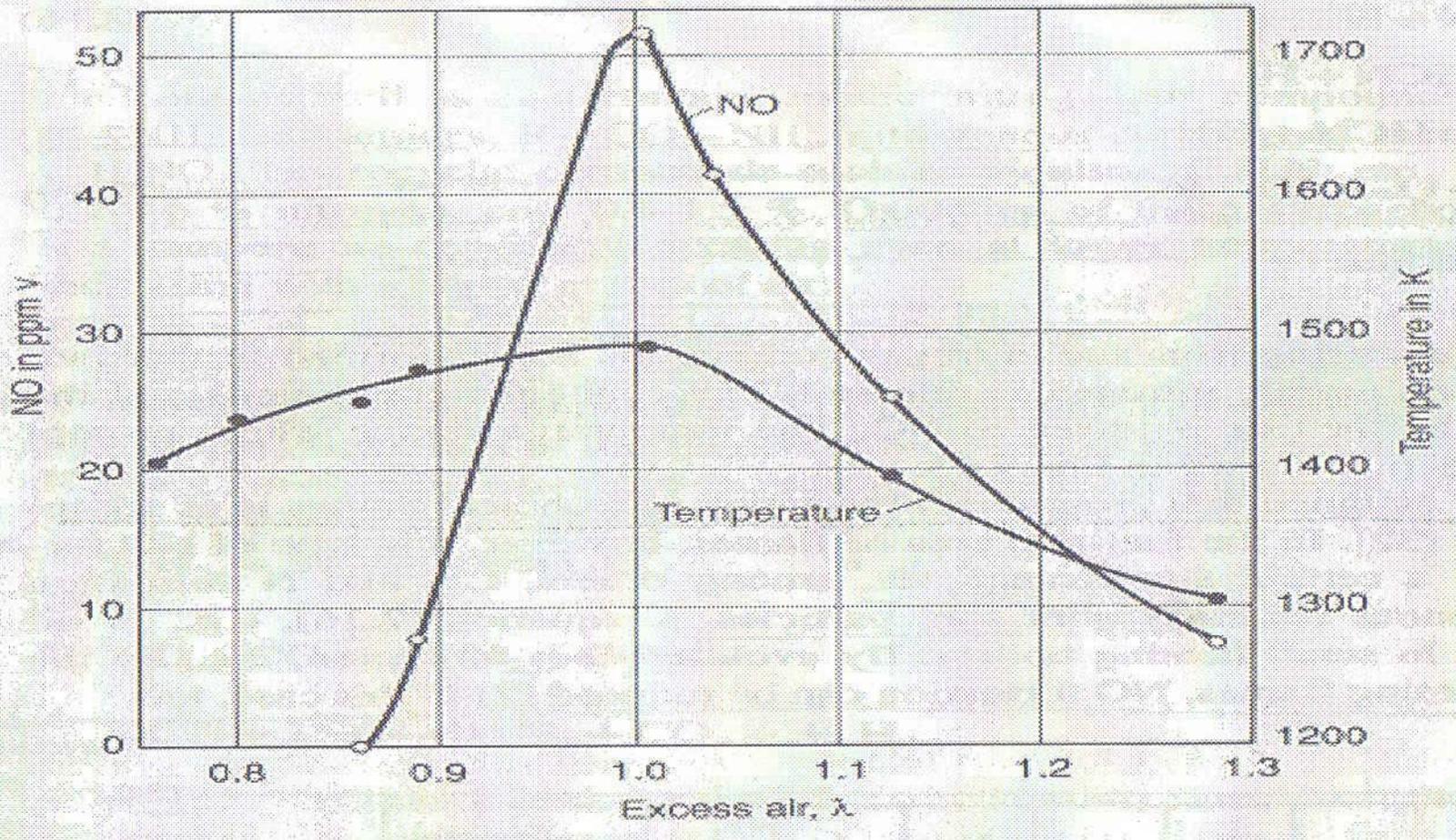
CH, C, N₂; HCN, CN; NO (poco significativo)

c) Nox del combustible,

N en combustibles como aminas RNH₂, amidas RCONH₂,
aromáticos/naftenicos

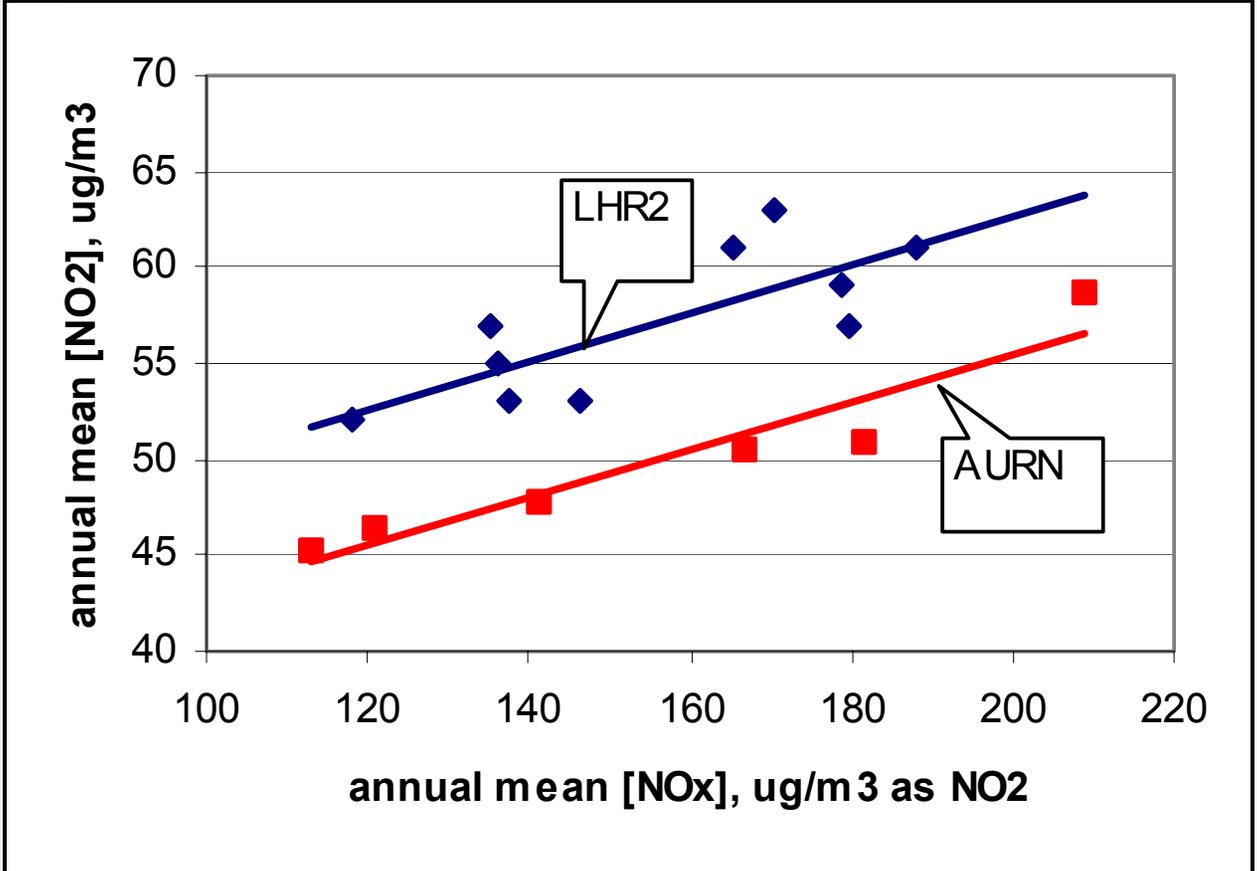


Formacion de NO en funcion de la Temperatura

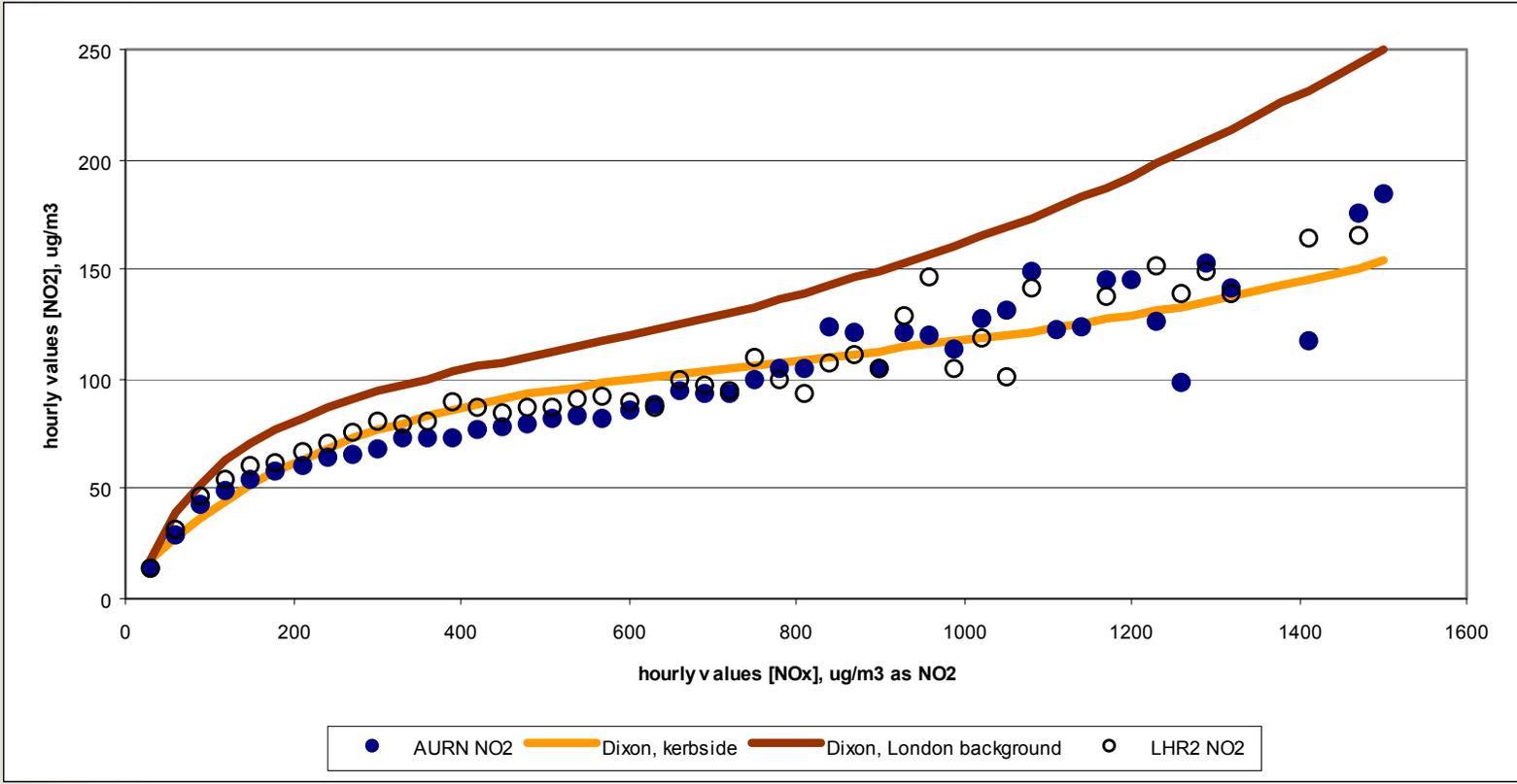


Formacion de NO en funcion del exceso de aire

Relaciones NO2:NOx (anuales)



Relaciones NO2:NOx (horarios)



3.2 Oxido nitroso (N₂O)

Propiedades: inerte en la troposfera, vida media de unos 170 años

Origen ambiental

Natural: mayoritario en procesos microbiológicos en el suelo y en los océanos. también en menor cantidad de actividades agrícolas y ganaderas

Impacto

Localización: En la estratosfera puede reducir las concentraciones de ozono estratosférico



4. Amoniaco (NH_3)

Propiedades: contaminante primario y precursor de material particulado fino

Tiempo de vida medio: 6 días

Origen ambiental

Fermentaciones anaerobias de compuestos nitrogenados del sector agrícola y ganadero y zonas urbanas del alcantarillado y vehículos con convertidor catalítico

Impacto

Caracterización: Conversión a NH_4^+ , que participa en procesos de deposición húmeda y seca





5. Ozono (O₃)

Propiedades: contaminante secundario

Se observan niveles altos durante días calurosos. La polución por ozono puede persistir durante varios días y ser transportado largas distancias

Origen ambiental

Natural: reacciones fotoquímicas entre Nox, HC y luz solar

Impacto

Localización: El NO₂ consume O₃ urbano, mayores valores en áreas rurales

Caracterización: muy activo, afecta materiales, superficies y tejidos. El O₃ puede removerse por deposición húmeda o seca

Contaminación Fotoquímica

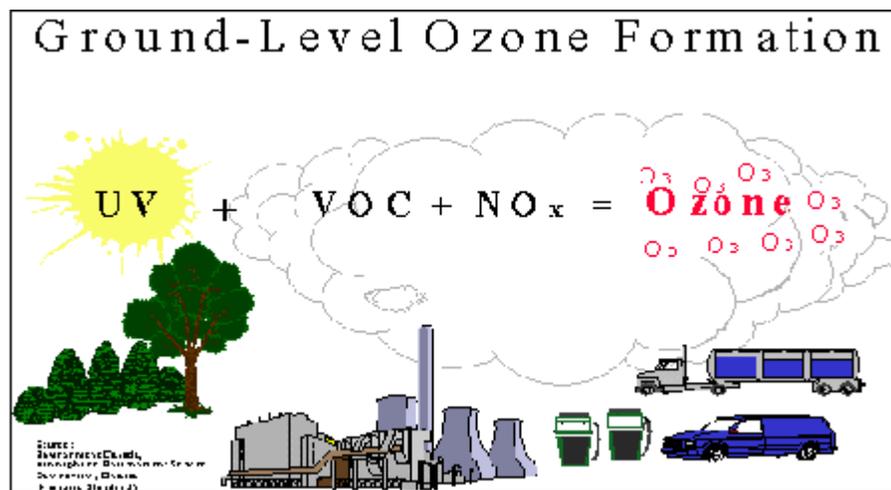
Reactantes:

NO_x, HC, O₂ (radiación UV)

Productos:

Oxidantes.

Más abundantes: O₃, PAN (nitrato de peroxiacetilo)



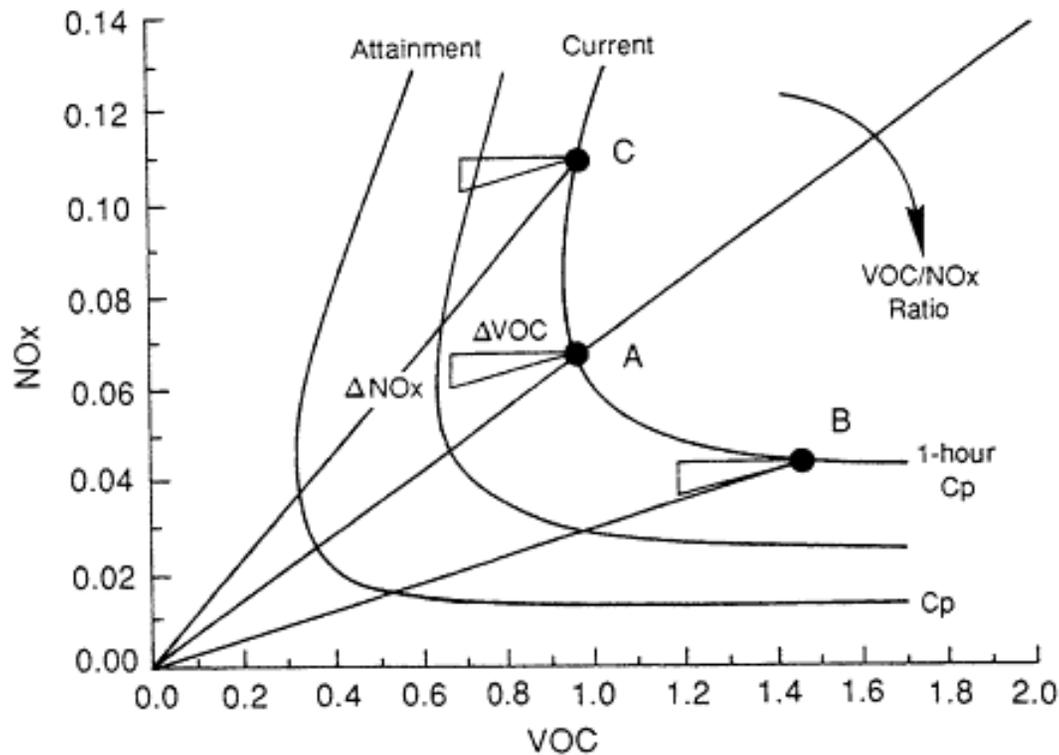


Condiciones Favorables:

- Anticiclónicas
- Fuerte insolación
- Vientos débiles

Procesos realizados:

- Formación de ozono por desplazamiento del ciclo fotolítico del NO_2
- Formación de radicales libres activos
- Formación de productos finales



Formacion de O3 en funcion de la presencia de Nox y COV

Puntos A, B, C: misma [O3]

6.1 Benceno

Propiedades: COV aromático,
constituyente menor de
gasolina

Origen ambiental

Antropico: distribución y
consumo de combustible,
también producto de
descomposición de otros
compuestos aromáticos

Impacto

Caracterización: Cancerígeno
comprobado (IARC)



6.2 Metano

Propiedades: HC más abundante e importante
Contaminante primario

Origen ambiental

Natural: diversas reacciones anaeróbicas del metabolismo. El ganado, las reacciones de putrefacción y la digestión de las termitas forman metano en grandes cantidades. también se desprende del gas natural, del que es un componente mayoritario y en algunas combustiones



Impacto

Caracterización: no produce daños en salud ni en seres vivos, pero influye de manera significativa en el efecto invernadero y las reacciones estratosféricas

7. Dioxinas

Policlorobenzodioxinas (PCDD)

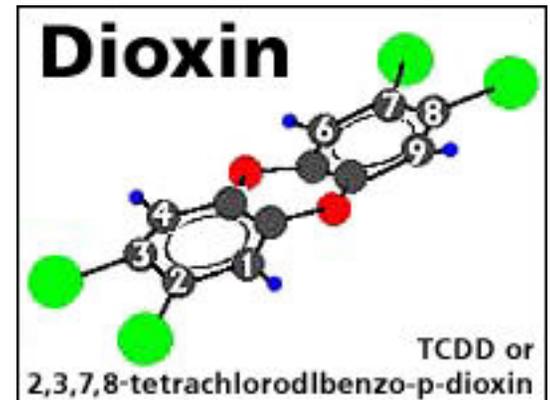
Policlorodibenzofuranos (PCDF)

Propiedades:

De la familia de los éteres aromáticos

8 familias de dioxinas, 75 en total

8 familias de furanos, 135 furanos identificados



Procesos que liberan PCDD/PCDF a la atmósfera

- Procesos de combustión, incluyendo incineraciones de residuos
- Operaciones de procesamiento de metales (sinterización, fundiciones metálicas)
- Operaciones de secado y cocción, ahumaderas
- Otros procesos térmicos industriales (pirolisis, reciclado de cenizas, cracking)





Cuatro circunstancias pueden dar lugar a la generación de PCDD/PCDF y su liberación a la atmósfera:

- Procesos de alta temperatura (mas de 200 °C) y/o combustión incompleta
- Carbono orgánico
- Cloro
- Productos que contienen PCDD/PCDF



Impacto

Caracterización: en experimentos con animales ha quedado demostrado el carácter tóxico y los efectos cancerígenos de las dioxinas. Del total de 210 compuestos, 17 efecto toxicológico.

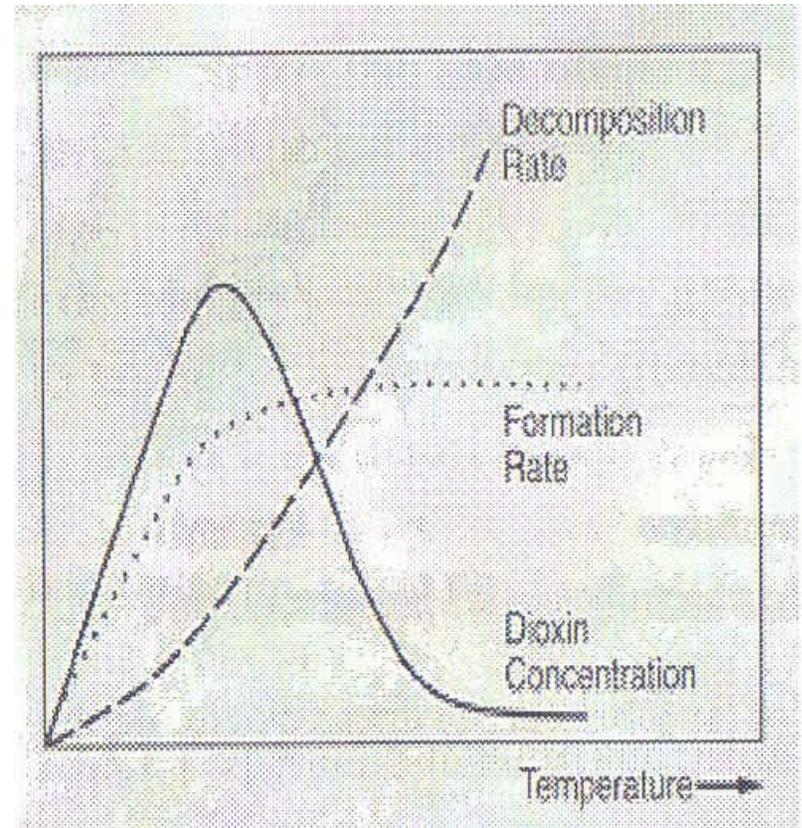
Más tóxico: 2,3,7,8-TCDD (tetraclorodibenzodioxina)

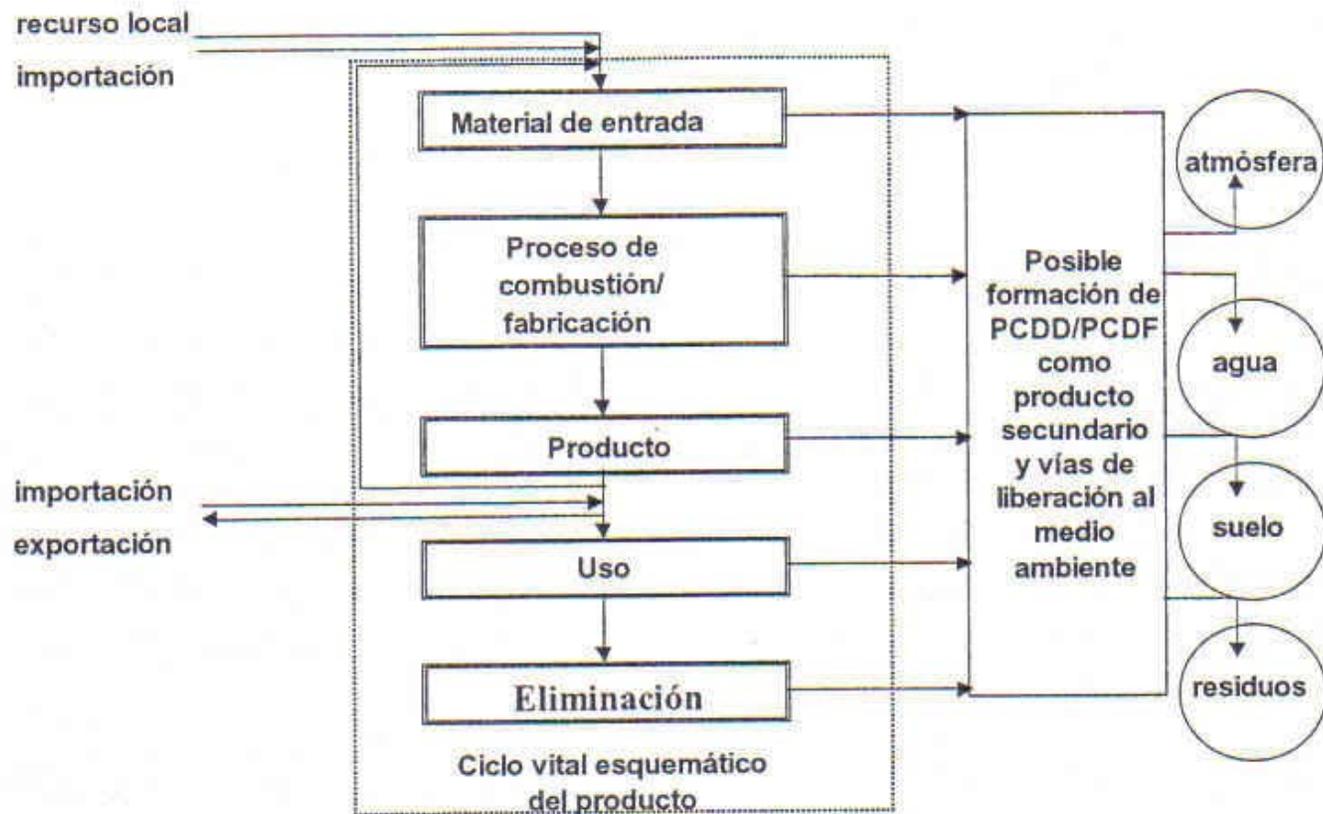
Procesos de combustión de compuestos clorados

- * a partir de compuestos precursores como benceno clorado, bifenilos clorados (predioxinas)
- * a partir de sustancias orgánicas no cloradas y Cl por combustión incompleta de dioxinas preexistentes

Mecanismos de generación de dioxinas

- No se generan en el propio proceso de combustión, sino posteriormente, rango de T entre 300C, 400C.
- A T mas altas las dioxinas se descomponen por diferentes vías (decoloración, oxidación, etc.)
- A T de 800 a 1000C y con tiempos de residencia de 2 min., la destrucción de las dioxinas es muy alta





Determinación de las posibles vías de liberación de PCDD/PCDF

8. Olores

Características de los olores y elementos para su definición

- Propiedad físico-química
- Bastan pequeñas cantidades de compuestos químicos para manifestar presencia de olor
- La nariz humana método de detección mas sensible
- 2% población hipersensible
96% población percibe olores adecuadamente
2% población anósmica



Características de los olores y elementos para su definición

El olor es caracterizable a través de 4 variables:

- Umbral de detección
- Intensidad
- Carácter
- Tono hedónico

También importa: Frecuencia y Persistencia





Antecedentes: características de los olores y elementos para su definición

- Olores son perturbadores de la salud humana:
- “Completo bienestar físico, mental y social y no solamente la ausencia de afecciones o enfermedades” (OMS, 1994)
- Manifestaciones recurrentes a concentraciones altas: síntomas respiratorios, gastrointestinales, irritación fisiológica, irritación ocular, interrupciones del sueño, falta de capacidad de concentración...

Olores molestos

- Problema recurrente a nivel mundial: efectos locales/comunitarios
- Solución global pendiente (fracasos regulatorios y de medición)
- Intereses comerciales del sector exportador, desarrollo de mercados



Fuentes emisoras de olores en Chile

Tabla N°1: Principales actividades que generan olores contaminantes por regiones

Actividad	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	RM
Agroindustria				X									
Crianza de animales					X	X	X						X
Faenadoras de animales y plantas relacionadas					X	X	X			X		X	X
Fundición				X	X								
Industria pesquera en general	X	X	X	X	X			X		X	X	X	
Industrias petroquímicas					X			X					
Industrias químicas en general					X								X
Plantas de elaboración de celulosa							X	X	X				
Plantas de tratamiento de aguas servidas			X		X	X					X		X
Vertederos urbanos e industriales										X	X		X

(PLUSGENER, 1999)

