



LEARNING TOXICOLOGY  
THROUGH OPEN EDUCATIONAL  
RESOURCES

# TRANSPORTE DE CONTAMINANTES GASEOSOS EN ATMÓSFERA URBANA

Dana PERNIU, Ileana MANCIULEA

Transilvania University of Brasov

[d.perniu@unitbv.ro](mailto:d.perniu@unitbv.ro), [i.manciulea@unitbv.ro](mailto:i.manciulea@unitbv.ro)



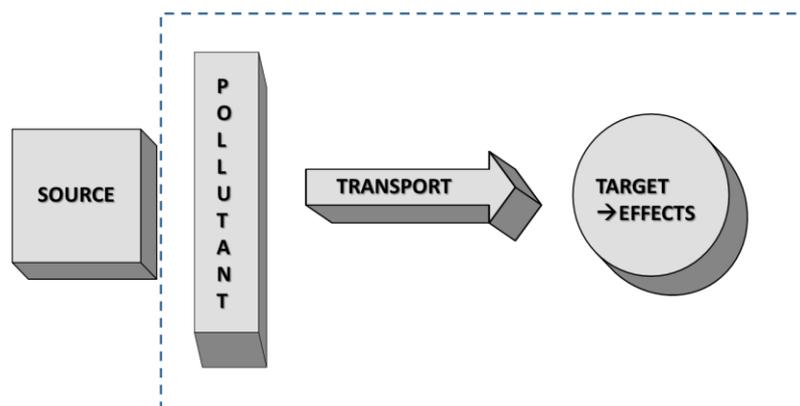
Erasmus+

This work is licensed under a Creative  
commons attribution – non commercial 4.0  
international license



## 1. TRANSPORTE DE CONTAMINANTES GASEOSOS EN LA ATMÓSFERA OBSERVACIONES GENERALES

Como se presentó en las secciones anteriores, la comprensión del concepto de contaminación se aborda de manera integrada, teniendo en cuenta la fuente de contaminación, el contaminante liberado, su transporte y los efectos en la salud humana, el medio ambiente natural y construido. El objetivo de esta unidad es presentar el transporte de contaminantes en el medio ambiente, sobre la base de los procesos físicos y químicos en los que están involucrados los contaminantes atmosféricos. Directamente ligado al transporte, nos enfrentamos con la pregunta "¿dónde llegan los contaminantes?" Esto se traduce por el análisis de los efectos de los contaminantes en la salud humana y en el entorno natural y/o edificado.

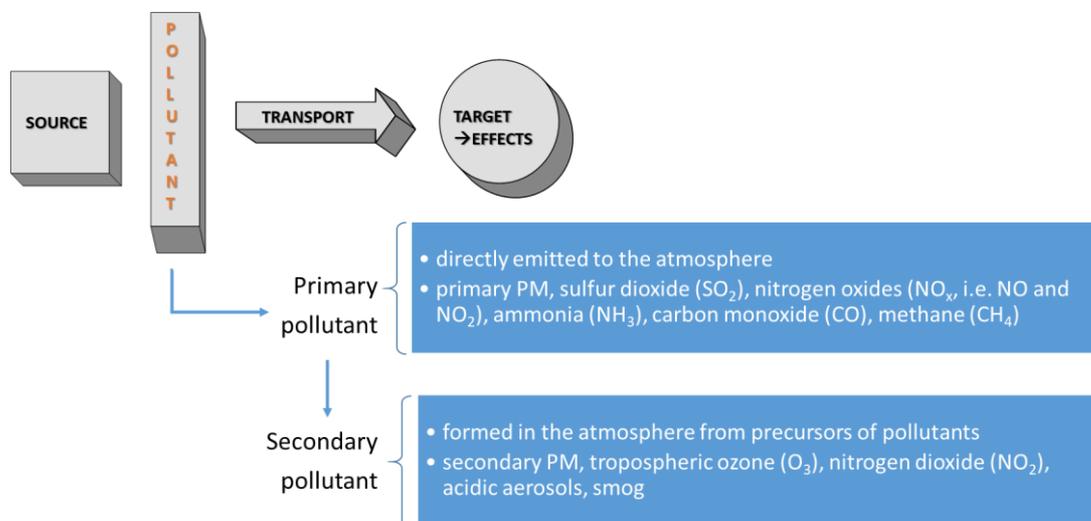


Los *contaminantes atmosféricos* se pueden emitir directamente en la atmósfera, o se forman como resultado de reacciones entre los componentes atmosféricos.

Los contaminantes primarios se emiten directamente en la atmósfera, como las partículas primarias, el dióxido de azufre, el amoníaco, el monóxido de carbono y el metano.

Los contaminantes secundarios son aquellos formados por reacciones químicas entre sustancias precursoras que pueden ser contaminantes. Entre los contaminantes secundarios, mencionamos: partículas secundarias, ozono troposférico, dióxido de nitrógeno, aerosoles ácidos y el smog.

En los documentos de la Unión Europea, los principales contaminantes atmosféricos son los que producen los efectos más nocivos para la salud humana, y son: material particulado, dióxido de nitrógeno y ozono troposférico. En las siguientes secciones de la unidad se describirán estos contaminantes, junto con el dióxido de azufre como principal contaminante atmosférico.



El *transporte de contaminantes* gaseosos a nivel atmosférico es por dispersión, causada por movimientos de masas de aire. Los procesos atmosféricos se distinguen en procesos físicos y químicos, y ambos tipos pueden estar operando simultáneamente en formas complicadas e interdependientes. Los procesos físicos de transporte por los vientos atmosféricos y la formación de nubes y precipitación influyen fuertemente en los patrones y las tasas de deposición ácida, mientras que las recaídas químicas gobiernan las formas de los compuestos formados.

Considerando la estabilidad de las especies químicas, estas pueden ser transportadas a varias distancias de la fuente, generando contaminación local/regional o global. La transferencia de sustancia en el aire a las superficies, incluyendo el suelo, la vegetación, el agua superficial o las superficies interiores, realizada mediante procesos secos o húmedos, se denomina *deposición atmosférica*. La deposición seca involucra sustancias químicas no acuosas, generalmente con moléculas no polares. La deposición húmeda es el proceso que abarca la transferencia de contaminantes a la superficie de la Tierra por la lluvia, la nieve o la niebla, mediante una solución acuosa. Si la atmósfera está contaminada con contaminantes ácidos (óxidos de azufre, sulfatos, óxidos de nitrógeno, nitratos, compuestos de amonio), la deposición se llama deposición ácida y puede ser húmeda (el contaminante se encuentra disuelto en el agua atmosférica y se produce la precipitación ácida) o seco (los contaminantes ácidos se adsorben a las partículas y se depositan en forma de nonaqueos).

En la atmósfera, ocurre una gran cantidad de reacciones químicas. Varios ejemplos son:

- *procesos fotoquímicos*, que son reacciones químicas provocadas por la energía lumínica del sol; como ejemplo, la reacción de óxidos de nitrógeno con hidrocarburos en presencia de la luz solar

para formar ozono; el ozono troposférico, el smog fotoquímico son ejemplos relevantes de contaminantes secundarios formados por este tipo de reacciones;

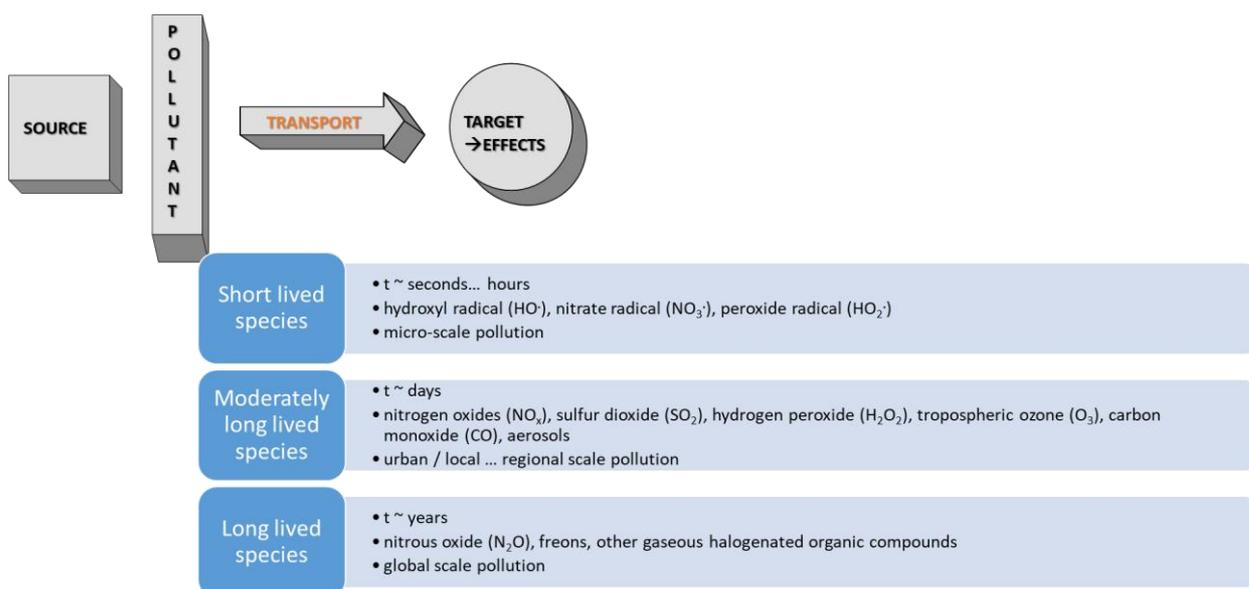
- *reacciones ácido-base* que se producen en presencia de agua, entre especies ácidas (como  $\text{CO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ , etc.) y especies básicas (principalmente  $\text{NH}_3$ ); la precipitación ácida, los aerosoles de sulfato son relevantes para este tipo de procesos;

- *reacciones redox* ocurren entre especies que tienen caracteres opuestos. Las especies como el  $\text{O}_2$ , el peróxido de hidrógeno, el radical hidroxilo, el ozono actúan como oxidantes, el dióxido de azufre, el monóxido de nitrógeno y el monóxido de carbono se oxidan en la atmósfera generando contaminantes secundarios.

Bajo la radiación de la luz solar en la atmósfera se generan especies agresivas, con alta reactividad, con una vida útil muy corta, en el rango de segundos a varias horas. Estas especies causan contaminación a nivel microambiental, involucrándose en reacciones que generan contaminantes secundarios. Por ejemplo, el radical hidroxilo que participa en numerosos procesos químicos y fotoquímicos con compuestos orgánicos o inorgánicos, se denomina "el detergente atmosférico".

Las especies de vida moderadamente larga, en el rango de días, son contaminantes primarios o secundarios, causan contaminación a nivel local, urbano o rural.

Las especies más estables (con muy baja reactividad), aquellas con una larga vida en el rango de años, pueden ser transportadas a largas distancias a nivel de la troposfera o a gran altitud, produciendo contaminación a nivel global. El ejemplo incluye óxido nítrico y dióxido de carbono que son gases de efecto invernadero con una contribución significativa al cambio climático.



Los **efectos de la contaminación del aire** pueden alcanzar diferentes objetivos/receptores. En términos generales, a nivel de la salud humana, la contaminación del aire causa un mayor riesgo de enfermedades respiratorias y cardiovasculares, y también puede afectar las funciones del sistema nervioso central. La exposición humana se define como el evento cuando una persona entra en contacto con un contaminante de cierta concentración durante un cierto período de tiempo. La exposición ocurre cuando las personas pasan su tiempo en el ambiente contaminado. Depende del nivel de contaminación del aire en el ambiente donde las personas pasan el tiempo, de la cantidad de tiempo que pasan en el ambiente contaminado y también de la actividad personal.

La Organización Mundial de la Salud menciona los siguientes efectos como resultado de síntomas específicos:

> Después de la **exposición de corta duración** (durante algunos años o días) - relacionada con efectos agudos (como sibilancias, tos, producción de flemas, infecciones respiratorias, cambios fisiológicos en las funciones pulmonares): mortalidad diaria, ingresos hospitalarios respiratorios y cardiovasculares, enfermedades respiratorias y visitas al departamento de emergencia cardiovascular, visitas de atención primaria respiratoria y cardiovascular, uso de medicamentos respiratorios y cardiovasculares, días de actividad restringida, ausentismo laboral, ausentismo escolar;

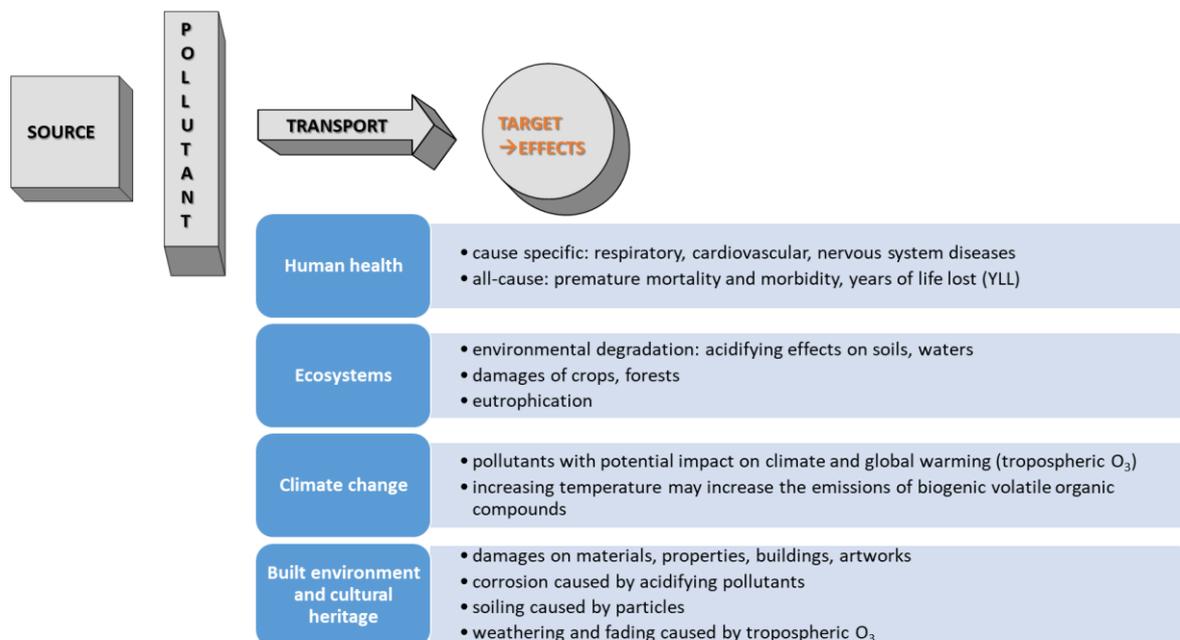
> Después de una **exposición prolongada** (durante meses o años) - relacionada con enfermedades crónicas: mortalidad debido a enfermedades cardiovasculares y respiratorias, enfermedad respiratoria crónica, incidencia y prevalencia de enfermedades respiratorias crónicas, como asma, cambios crónicos en funciones fisiológicas, cáncer de pulmón, enfermedades crónicas enfermedad cardiovascular, restricción intrauterina.

La evaluación global del impacto de la mala calidad del aire en la salud humana se cuantifica mediante indicadores, como mortalidad, morbilidad, muertes prematuras, años de vida perdidos.

La *mortalidad* refleja la reducción en el tiempo de vida debido a muertes prematuras como resultado de la exposición a la contaminación del aire. La *morbilidad* se relaciona con la aparición de la enfermedad y los años vividos con una enfermedad y discapacidad, que van desde efectos subclínicos y síntomas como tos hasta afecciones crónicas que requieren hospitalización. La *esperanza de vida* es la cantidad de años que una persona puede esperar vivir en promedio, basado en la estimación de datos sobre las tasas de mortalidad de la población.

Las *muertes prematuras* son muertes que ocurren antes de que una persona alcance la edad esperada. Esta edad esperada suele ser la edad de la esperanza de vida estándar para un país o género. Las muertes prematuras se consideran prevenibles si se puede eliminar su causa.

Los años de vida perdidos (AVP) se definen como la cantidad de años de vida potencial perdida debido a una pérdida prematura. Es una estimación de la cantidad promedio de años que una persona habría vivido si no hubiera muerto prematuramente.



A nivel de los países miembros de la Unión Europea, se estimó el impacto de los contaminantes atmosféricos clave PM<sub>2.5</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> utilizando parámetros de salud específicos: muertes prematuras y años de vida perdidos.

Para los contaminantes, se estimó el porcentaje de la población urbana expuesta en el período 2013-2015 a contaminantes en concentración por encima de los límites impuestos por la Unión Europea y la Organización Mundial de la Salud. En la tabla a continuación se presenta la estimación de los valores de los años de vida perdidos para 100 000 personas en los países de la UE-28 en el período 2013-2015, como resultado de la exposición a un contaminante. Los datos se toman de la "Calidad del aire en Europa - Informe 2017". El informe concluyó evidencia de la correlación directa entre el indicador y la concentración de contaminantes en el aire.

<p>Exposure to PM<sub>2.5</sub> 2013 – 2015</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• EU reference concentration:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• 25 µg/m<sup>3</sup> (year)</li> </ul> </li> <li>• % urban population:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• 7 – 8%</li> </ul> </li> </ul>	<p>Exposure to PM<sub>2.5</sub> 2013 – 2015</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• WHO reference concentration:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• 10 µg/m<sup>3</sup> (year)</li> </ul> </li> <li>• % urban population:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• 82– 85%</li> </ul> </li> </ul>	<p>Years of life lost – PM<sub>2.5</sub> (2014)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 708 years of life lost / 100 00 inhabitants</li> </ul>
<p>Exposure to NO<sub>2</sub> 2013 – 2015</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• EU reference concentration:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• 40 µg/m<sup>3</sup> (year)</li> </ul> </li> <li>• % urban population:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• 7 – 9 %</li> </ul> </li> </ul>	<p>Exposure to NO<sub>2</sub> 2013 – 2015</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• WHO reference concentration:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• 40 µg/m<sup>3</sup> (year)</li> </ul> </li> <li>• % urban population:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• 7 – 9 %</li> </ul> </li> </ul>	<p>Years of life lost – NO<sub>2</sub> (2014)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 486 years of life lost / 100 00 inhabitants</li> </ul>
<p>Exposure to O<sub>3</sub> 2013 – 2015</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• EU reference concentration:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• 120 µg/m<sup>3</sup> (8 - hour)</li> </ul> </li> <li>• % urban population:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• 7 – 30 %</li> </ul> </li> </ul>	<p>Exposure to O<sub>3</sub> 2013 – 2015</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• WHO reference concentration:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• 100 µg/m<sup>3</sup> (8 - hour)</li> </ul> </li> <li>• % urban population:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• 95 – 98 %</li> </ul> </li> </ul>	<p>Years of life lost – O<sub>3</sub> (2014)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 29 years of life lost / 100 00 inhabitants</li> </ul>

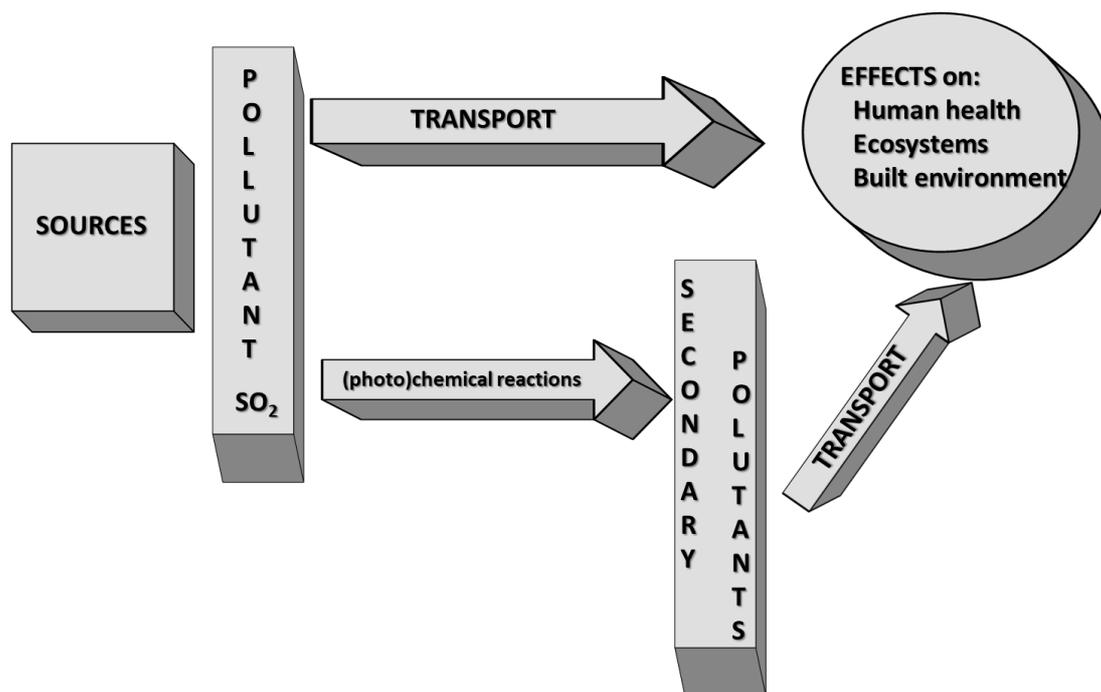
El impacto de la contaminación atmosférica en los ecosistemas se manifiesta por la degradación de la calidad de los factores ambientales, como la acidificación del suelo, del agua dulce o de los lagos, los daños de los cultivos, los bosques o la eutrofización.

Los componentes de la atmósfera contaminada tienen un impacto en los cambios climáticos, lo que influye en el aumento de la temperatura global media.

La contaminación atmosférica también afecta el entorno construido, el patrimonio cultural por daños de los materiales de construcción, la corrosión de los materiales metálicos, la suciedad de las superficies, la intemperie y/o el descoloramiento.

## 2. DIOXIDO DE AZUFRE

El dióxido de azufre es un contaminante primario de la atmósfera, siendo emitido directamente por fuentes de contaminación. En la atmósfera, puede ser transportado por las masas de aire, o puede participar en procesos físicos, químicos o de fotooxidación, generando contaminantes secundarios con altos efectos adversos sobre la salud humana y el medio ambiente natural y con construcciones.



## 2.1. Fuentes de las emisiones de SO<sub>2</sub>

El dióxido de azufre puede ser emitido por fuentes naturales o antrópicas.

Por erupción volcánica, como fuente de contaminación natural localizada, en la atmósfera se liberan enormes cantidades de dióxido de azufre. Como ejemplo, durante la erupción del volcán Pinatubo en Filipinas, en junio de 1991, en la atmósfera se liberaron 20 mega toneladas de dióxido de azufre. Otra fuente natural de emisión de dióxido de azufre es la descomposición biológica de la materia orgánica que contiene azufre a partir de las proteínas. El producto de la descomposición es el sulfuro de hidrógeno, que se oxida a dióxido de azufre.

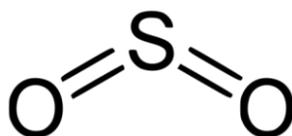
De las fuentes antrópicas, la más importante es la combustión de combustibles fósiles. Tanto el carbón como el petróleo crudo contienen azufre, que por combustión genera dióxido de azufre junto con otros contaminantes primarios y / o secundarios. Al refinar los procesos, se reduce el contenido de azufre en la gasolina, por lo que las emisiones de SO<sub>2</sub> debidas al transporte por carretera no son muy altas. Las emisiones del sector del transporte no vial tienen una contribución ligeramente mayor, ya que para el transporte de petróleo crudo (con mayor contenido de azufre) se quema favoreciendo la liberación de SO<sub>2</sub>. La mayor contribución de las emisiones como resultado de la combustión de combustibles fósiles pertenece a la quema de carbón, ya que este portador de energía tiene un alto contenido de azufre. Debe notarse que en las últimas décadas la emisión de SO<sub>2</sub> disminuye, principalmente debido a los avances tecnológicos en la eliminación de azufre del combustible y/o de los gases de escape.

Una fuente importante de dióxido de azufre es la industria de fundición no ferrosa. En este caso, el proceso de tostar los minerales de sulfuro genera el dióxido de azufre.

volcanic eruption	<ul style="list-style-type: none"> <li>Localized natural source</li> <li>e.g. Mt. Pinatubo, Philippines, June 1991</li> </ul>	
biogenic emissions	<ul style="list-style-type: none"> <li>Oxidation of sulfur gases (e.g. H<sub>2</sub>S) produced by decomposition of plants</li> </ul>	
	coal combustion	<ul style="list-style-type: none"> <li>Depending on geographic area from which is mined, coal contains 1...9% S</li> <li>Coal burning for energy production is the major source for SO<sub>2</sub> atmospheric emissions</li> </ul>
	oil combustion	<ul style="list-style-type: none"> <li>Shipping burns residual fuel oil, thus non-road transportation like maritime transportation is source for SO<sub>2</sub> atmospheric emission</li> </ul>
	non ferrous smelting industry	<ul style="list-style-type: none"> <li>During conversion of Copper, Nickel, Zinc sulfide ores, large quantities of SO<sub>2</sub> are emitted in atmosphere</li> </ul>

## 2.2. Propiedades de SO<sub>2</sub>

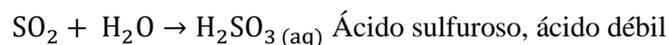
El dióxido de azufre es un compuesto gaseoso incoloro con un olor específico. Tiene una molécula no polar, lo que permite la deposición en seco. También es soluble en agua, permitiendo también la deposición húmeda, por precipitación. Reacciona con el agua, el resultado es el ácido sulfuroso, un ácido débil que genera dos tipos de aniones: bisulfito y sulfito.



Olor incoloro, agudo y acre

Molécula no polar SO<sub>2</sub> → deposición seca

Altamente soluble en agua → Deposición húmeda



### 2.3. Límites de concentración atmosférica de SO<sub>2</sub>

En una atmósfera no contaminada, el dióxido de azufre debe tener una concentración en volúmen de una parte por millón. Debido a las emisiones antrópicas, su concentración aumenta. Los límites impuestos por la Directiva de calidad del aire y los recomendados por la Organización Mundial de la Salud se establecen para proteger la salud humana.

Norma de calidad del aire de la Comisión Europea (EU-AQD):

350 µg/m<sup>3</sup> de media por 1 hora

125 µg/m<sup>3</sup> de media por 24 horas

Directriz de calidad del aire de la OMS (WHO-AGQ):

20 µg/m<sup>3</sup> de media por 24 horas

500 µg/m<sup>3</sup> de media por 10 minutos

Según el informe EU - Air Quality Report, en 2015, el 30% de todas las estaciones de SO<sub>2</sub> registraron concentraciones superiores a las directrices diarias de la OMS; el 38% de la población urbana de la UE-28 estuvo expuesta a niveles de SO<sub>2</sub> superiores al límite de protección sanitaria. Cabe mencionar que se registró una disminución significativa, ya que en 2000, el 80% de la población total de la UE estaba expuesta a niveles excesivos de SO<sub>2</sub>.

### 2.4. Transporte atmosférico de SO<sub>2</sub>

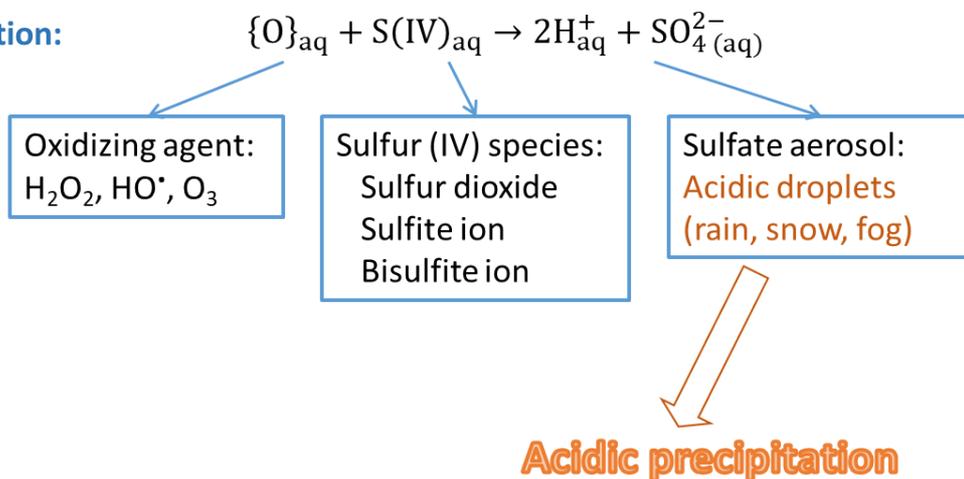
Desde la atmósfera, el dióxido de azufre puede ser transportado por deposición seca, al ser adherido a material particulado. En presencia de agua atmosférica y especies oxidativas, como el peróxido de hidrógeno, el radical hidroxilo, el ozono, el azufre tetravalente del anhídrido sulfuroso o aniones sulfito, se oxida a azufre hexavalente, a aniones sulfato. El proceso de oxidación ocurre durante un período de horas o días. En los procesos oxidativos, también se forma el ion hidrógeno, por lo que el producto de reacción es el ácido sulfúrico disuelto en agua atmosférica. Por lo tanto, los aerosoles ácidos se generan y se depositan por precipitaciones ácidas como lluvia, nieve, niebla, etc. Se llama precipitación ácida, la que tiene un valor de pH inferior a 5. Naturalmente, en la atmósfera no contaminada, la lluvia tiene el pH valor de 5.6.

El ácido puede experimentar una reacción ácido-base con amoníaco, lo que resulta en sal de sulfato de amonio. Inicialmente generado en gotas acuosas, puede ocurrir la evaporación del agua y se forman partículas sólidas de sulfato de amonio. Los aerosoles dominados por compuestos de azufre oxidados a menudo se denominan aerosoles de sulfato.

**Deposición Seca:**  $\text{SO}_2(\text{g}) + \text{PM}_{(\text{s})} \rightarrow \text{PM}_{(\text{s})}$

**Deposición Húmeda:**  $\{\text{O}\}_{\text{aq}} + \text{S}(\text{IV})_{\text{aq}} \rightarrow 2\text{H}_{\text{aq}}^+ + \text{SO}_4^{2-}(\text{aq})$

**Wet deposition:**



La atmósfera urbana puede contaminarse con dióxido de azufre y también con partículas, como ceniza u hollín. Estos contaminantes se emiten especialmente como resultado de actividades donde el carbón se utiliza como fuente de energía. Este tipo de contaminación se llama smog industrial.

La palabra smog se forma al combinar dos palabras en inglés: humo (smoke) y niebla (fog). El smog industrial se produce en centros industrializados, donde la energía se produce quemando carbón, generalmente en invierno, en clima húmedo y frío.

### Smog Industrial

Una mezcla de cenizas volantes, hollín,  $\text{SO}_2$  y algunos compuestos orgánicos volátiles

SMOG = HUMO + NIEBLA

Producido en centros industriales, generalmente en invierno, bajo clima húmedo y frío

## 2.5. Efectos del $\text{SO}_2$ en la salud humana

La exposición de la población al dióxido de azufre es solo por inhalación. Los grupos más vulnerables a la acción del dióxido de azufre son los niños, los ancianos y aquellos que ya tienen afecciones pulmonares. Entre los efectos adversos del dióxido de azufre en la salud humana, ejemplificamos las irritaciones oculares, los problemas respiratorios, el aumento del riesgo de ataque cardíaco.

Durante la primera mitad o el siglo XX, se reportan episodios agudos de contaminación causados por la contaminación industrial (como 1930 en Meuse Valley, 1939 Saint Louis, 1948 Donora, etc.). Es bien conocido el caso del smog industrial en Londres (London smog), en diciembre de 1952, cuando 4.000 de muertes se registraron debido a la enfermedad respiratoria y cardiovascular como resultado de la exposición al smog que contiene principalmente dióxido de azufre y material particulado.



**London smog**

## 2.6. Efectos del SO<sub>2</sub> en los ecosistemas

Una vez en contacto con la superficie del suelo o del agua (lagos y ríos), el dióxido de azufre produce su acidificación. Es dañino para los árboles y las plantas, al dañar el follaje e influir en su crecimiento. Además, favorece la pérdida de biodiversidad.



## 2.7. Efectos de SO<sub>2</sub> en el entorno construido

El dióxido de azufre tiene un impacto negativo en el entorno construido, por la degradación de los monumentos históricos, debido a las reacciones de carbonato de calcio y magnesio con aerosoles ácidos.

Los aerosoles ácidos dañan los materiales de construcción como piedra caliza, dolomita, mármol de edificios comunes, pero también de sitios culturales e históricos.



### 3. Óxidos de nitrógeno - NO<sub>x</sub>

Un número significativo de compuestos de nitrógeno están presentes en la atmósfera. Mencionamos los óxidos como:

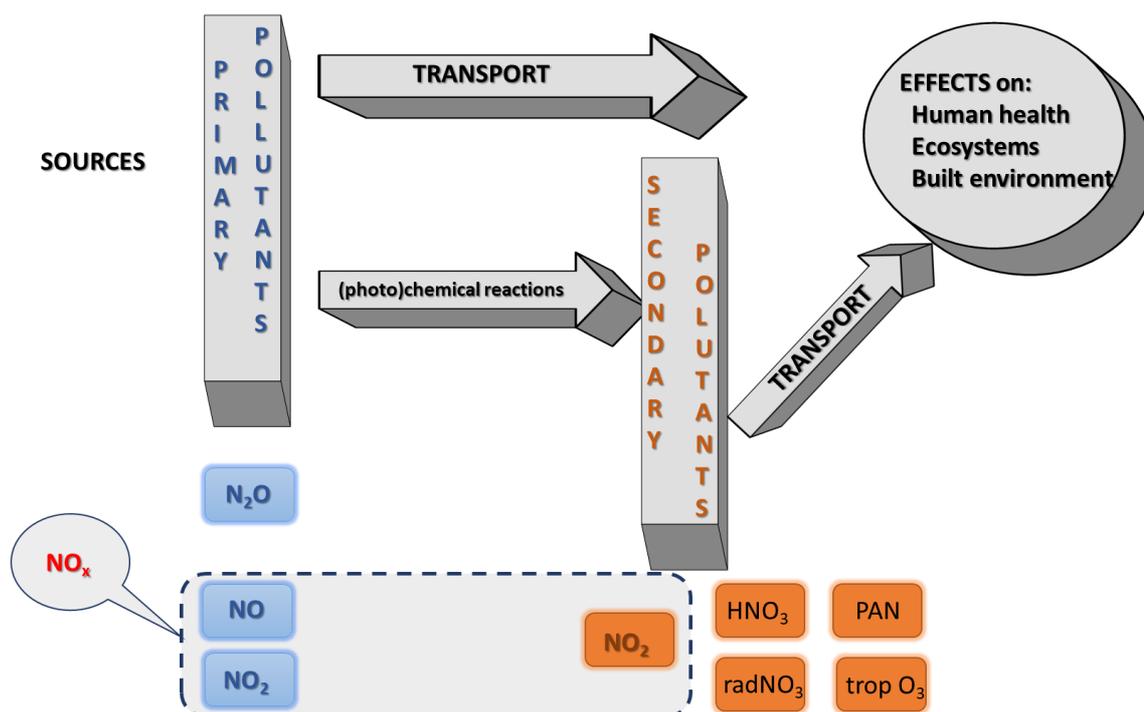
- óxido nitroso, conocido como "gas de la risa" (debido a sus efectos eufóricos por inhalación, utilizado como medicina segura y como oxidante en los propulsores de cohetes, en carreras de automóviles, etc.), un contaminante primario de la atmósfera;

- óxido de nitrógeno y dióxido de nitrógeno, principales contaminantes de la atmósfera, denominados colectivamente como NO<sub>x</sub>.

Prácticamente, el óxido de nitrógeno una vez liberado en la atmósfera se oxida rápidamente a dióxido de nitrógeno. Por lo tanto, el óxido de nitrógeno es un contaminante primario y el dióxido de nitrógeno es secundario. Muy bajas cantidades de dióxido de nitrógeno se liberan directamente en la atmósfera.

Los óxidos de nitrógeno participan en procesos químicos y fotoquímicos, generando contaminantes secundarios como: ácido nítrico, radicales de nitrato, nitrato de peroxiacetilo y ozono troposférico.

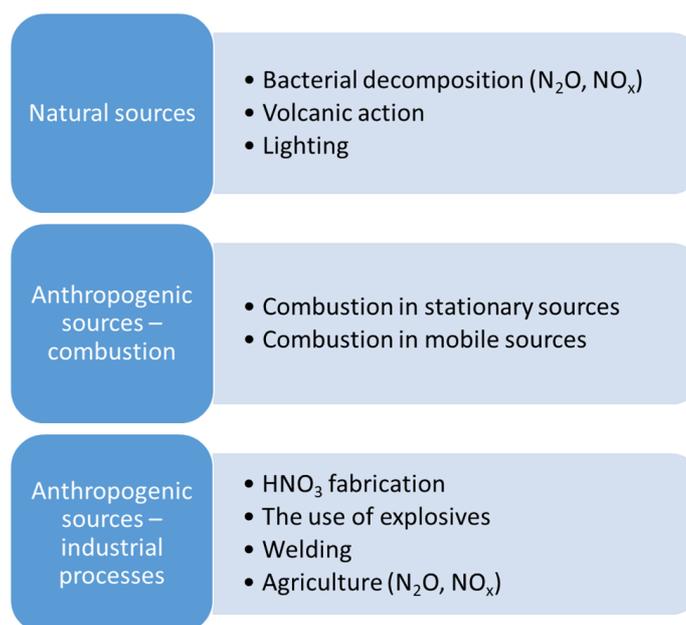
Los contaminantes primarios o secundarios que contienen nitrógeno son conocidos por generar efectos adversos en la salud humana, el medio ambiente natural o construido.



### 3.1. Fuentes de emisiones de $\text{NO}_x$

Las fuentes naturales de la emisión de óxidos de nitrógeno tienen una importante contribución a su presencia en la troposfera. Como resultado de los procesos naturales, la concentración de fondo del dióxido de nitrógeno es 0.02 ppmv. La descomposición bioquímica de la materia orgánica es una de las fuentes naturales para la formación de óxidos de nitrógeno (como  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}_x$ ). La erupción volcánica y los relámpagos durante las tormentas liberan óxidos de nitrógeno en la troposfera.

Entre las fuentes antrópicas, la importante contribución pertenece a la producción de energía mediante la combustión de combustibles fósiles, tanto en fuentes fijas como móviles. Los procesos industriales como la producción de ácido nítrico, el uso de explosivos, la soldadura, son también fuentes de emisiones de óxidos de nitrógeno. Debe mencionarse el sector agrícola, ya que el uso de fertilizantes sintéticos nitrogenados durante la desnitrificación libera una cantidad importante de nitrógeno en la troposfera.



Los documentos oficiales emitidos por la Unión Europea y por la Organización Mundial de la Salud imponen los límites de la concentración atmosférica de dióxido de nitrógeno a  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  como media anual, y  $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$  como media horaria.

### 3.2. Propiedades de $NO_2$

Entre los óxidos, el contaminante más agresivo es el dióxido de nitrógeno. A una temperatura inferior a  $-11.2 \text{ }^\circ\text{C}$ , es un sólido incoloro, formado por moléculas dimeras. En el rango de temperatura de  $-11.2 \text{ }^\circ\text{C}$  a  $21.2 \text{ }^\circ\text{C}$ , es un líquido de color marrón amarillento, y por encima de  $21.2 \text{ }^\circ\text{C}$  es un líquido de color marrón rojizo. Tanto en forma líquida como gaseosa tiene una estructura radical, porque en el electrón debilita el átomo de nitrógeno. Esto le da al dióxido de nitrógeno una alta reactividad.

El dióxido de nitrógeno tiene un olor característico y penetrante, su presencia puede percibirse en atmósfera de alta concentración debido a la visibilidad reducida como turbidez marrón rojiza.

Con el agua atmosférica forma una mezcla de ácidos nítricos y nitrosos que pueden ser neutralizados por el amoníaco, si está presente.

El dióxido de nitrógeno tiene propiedades oxidantes, puede reaccionar con el hidroxilo, formando especies ácidas.

Es un precursor del ozono troposférico y juega un papel importante en la formación de smog fotoquímico.

<b>Temperatura (°C)</b>	..... -11.2 °C	-11.2 °C.....21.2 °C	21.2 °C.....
<b>Estado</b>	<b>solido</b>	<b>liquido</b>	<b>gas</b>
<b>Forma</b>	<b>tetróxido de dinitrógeno N<sub>2</sub>O<sub>4</sub> (dímero)</b>	<b>Dióxido de nitrógeno NO<sub>2</sub> (radical libre)</b>	<b>Dióxido de nitrógeno NO<sub>2</sub> (radical libre)</b>
<b>Color</b>	<b>incoloro</b>	<b>marrón amarillento</b>	<b>marrón rojizo</b>

- Olor picante característico
- Absorbe la radiación solar visible → contribuye a disminuir la visibilidad atmosférica
- Reacciona con agua → ácido nítrico + ácido nitroso
- En presencia de amoníaco → nitrato de amonio
- Regulador de la capacidad oxidante de la troposfera → reacciona con radicales hidroxilo
- Juega un papel crítico en la formación/eliminación de ozono en la troposfera → smog fotoquímico

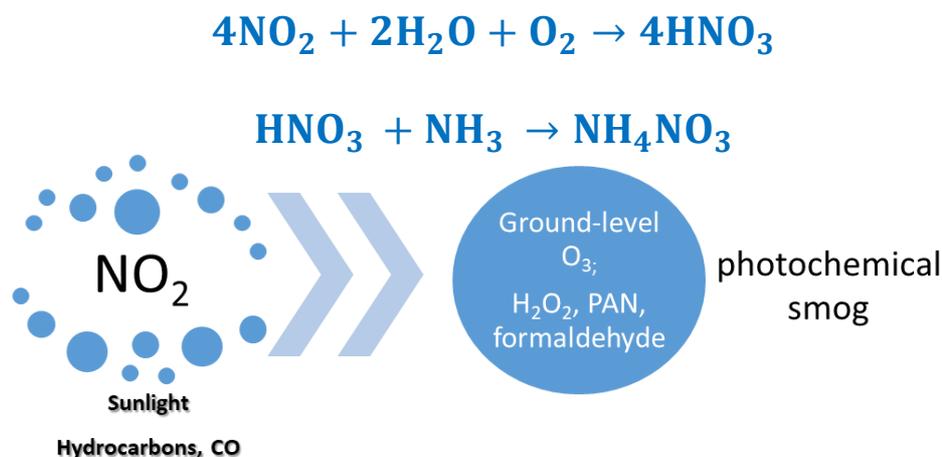
### 3.3. NO<sub>2</sub> - precursor clave de una gama de contaminantes secundarios

Como resultado de su reactividad, el dióxido de nitrógeno es responsable de al menos dos problemas principales de la contaminación atmosférica:

- Aerosol ácido
- Humo fotoquímico.

El smog fotoquímico se forma bajo radiación solar, en regiones con intenso tráfico de carretera y actividad industrial. Los precursores del smog fotoquímico son dióxido de nitrógeno, compuestos orgánicos volátiles, hidrocarburos, que bajo la luz del sol sufren una serie de reacciones fotoquímicas para formar contaminantes secundarios como ozono troposférico, nitrato de peroxiacetilo, formaldehído. Por lo tanto, el smog fotoquímico es una combinación compleja de contaminantes desarrollada como una neblina marrón amarillenta en ciudades cálidas y soleadas donde el tráfico de automóviles está congestionado (también se lo conoce como smog de Los Ángeles).





### 3.4. Efectos del $\text{NO}_2$

El dióxido de nitrógeno ejerce una serie de efectos adversos sobre la salud humana debido a la reducción de las funciones respiratorias y pulmonares cuando la población está expuesta a la inhalación.

Cuando se deposita en la atmósfera, el dióxido de nitrógeno pero también el óxido nitroso contribuye a un desequilibrio en los nutrientes de nitrógeno en los ecosistemas acuáticos, lo que lleva a la eutrofización.

Una vez depositado en el suelo y/o en el agua superficial, los óxidos de nitrógeno generan acidificación.

En contacto con componentes del entorno construido, debido a la acidez, los contaminantes gaseosos a base de nitrógeno también conducen a daños.

Es importante mencionar que el óxido nitroso no tiene efectos adversos directos sobre la salud humana, pero es un gas de efecto invernadero y tiene una contribución al cambio climático.

Human health	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Effects on respiratory system</li> <li>• Reducing pulmonary function</li> </ul>
Ecosystems	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aquatic ecosystems: eutrophication</li> <li>• Soil, lakes, rivers: acidification</li> <li>• Reduce atmospheric visibility</li> </ul>
Built environment	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Damages on construction materials, due to acid precipitation</li> </ul>

$N_2O$  is a green-house gas, contributing to climate change

## 4. OZONO A NIVEL DE SUELO

### 4.1. Ozono en la atmósfera

En la atmósfera de la Tierra, el ozono está presente de forma natural en la estratosfera, a unos 25 kilómetros de altitud. Está formado por fotooxidación de oxígeno bimolecular, bajo la radiación UV-solar. Por lo tanto, el ozono estratosférico es beneficioso para la Tierra, ya que absorbe la dañina radiación solar UV.

En la *troposfera*, a nivel del suelo, el ozono es un contaminante gaseoso con efectos adversos para la salud humana y el medio ambiente natural y construido. Es conocido como el contaminante más representativo y tóxico de la clase de oxidantes ambientales. El ozono troposférico es un contaminante secundario, no es emitido directamente por una fuente:

- *estratosfera*

> capa de ozono

> (+) absorbe la dañina radiación solar UV

- *troposfera*

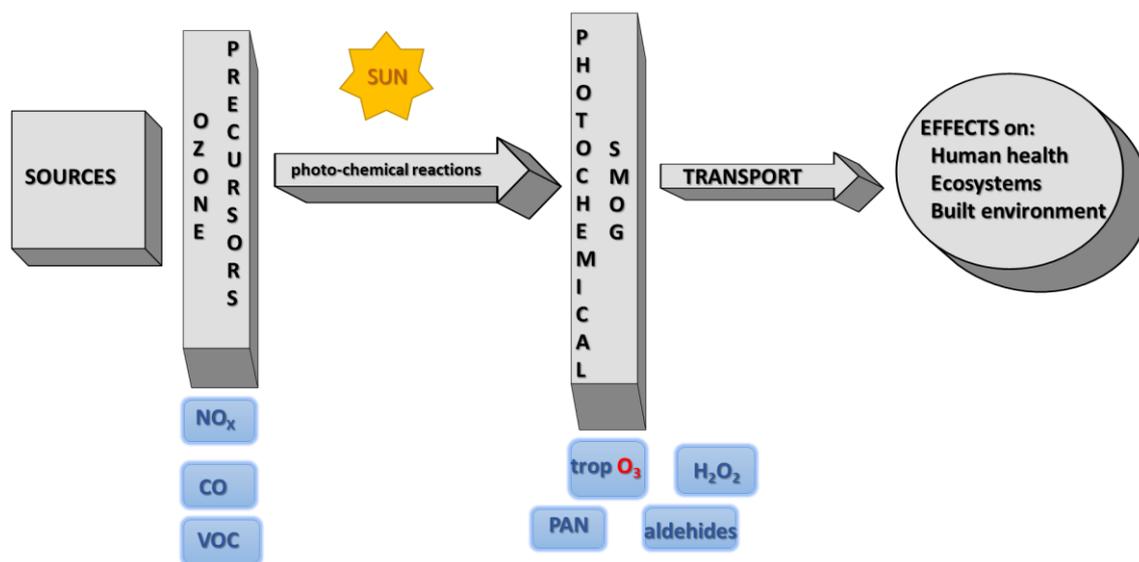
> Ozono a nivel de suelo (ozono troposférico)

> (-) contaminante peligroso

Aplicando el modelo de contaminación, se puede explicar que el ozono troposférico es un contaminante secundario. Los precursores del ozono, los contaminantes emitidos por sus fuentes específicas, bajo la radiación solar, producen el *smog fotoquímico*. A nivel local tiene efectos adversos en la salud humana, en el entorno natural y construido. El smog fotoquímico se define

como la combinación de niebla y sustancias químicas derivadas del transporte por carretera y de fuentes industriales, que reaccionan ante la presencia de radiación solar.

En el smog fotoquímico, el dióxido de nitrógeno, en presencia de radiación solar y algunos hidrocarburos (de la familia de compuestos orgánicos volátiles), forma monóxido de nitrógeno y oxígeno atómico. El oxígeno atómico reacciona con otros contaminantes liberados por los automóviles, como el monóxido de carbono, formando una gran variedad de productos, entre los que se encuentra el ozono. También se debe mencionar el peróxido de hidrógeno, compuestos orgánicos como nitratos de peroxiacetilo, aldehídos, como el formaldehído.



#### 4.2. Ozono a nivel del suelo: fuentes para precursores

Las fuentes de producción de los precursores del ozono troposférico pueden ser naturales -las plantas que emiten sustancias de la categoría terpenos o de tipo antropógeno como el tráfico urbano, pero también algunas actividades específicas en el sector agrícola.

##### Fuentes naturales

- > Emisiones biogénicas de precursores
- p. Ej. Emisiones de COVs por vegetación

##### Fuentes antropogénicas

- > Reacciones fotoquímicas de precursores emitidos por fuentes propias
- p. Ej. tráfico urbano, agricultura

### 4.3. Ozono a nivel del suelo: propiedades

El ozono es una forma triatómica de oxígeno, es un gas inestable, incoloro, con olor penetrante, altamente reactivo y un fuerte agente oxidante.

La concentración límite para la protección de la salud humana se ha establecido en 100 microgramos por metro cúbico como media de 8 horas.

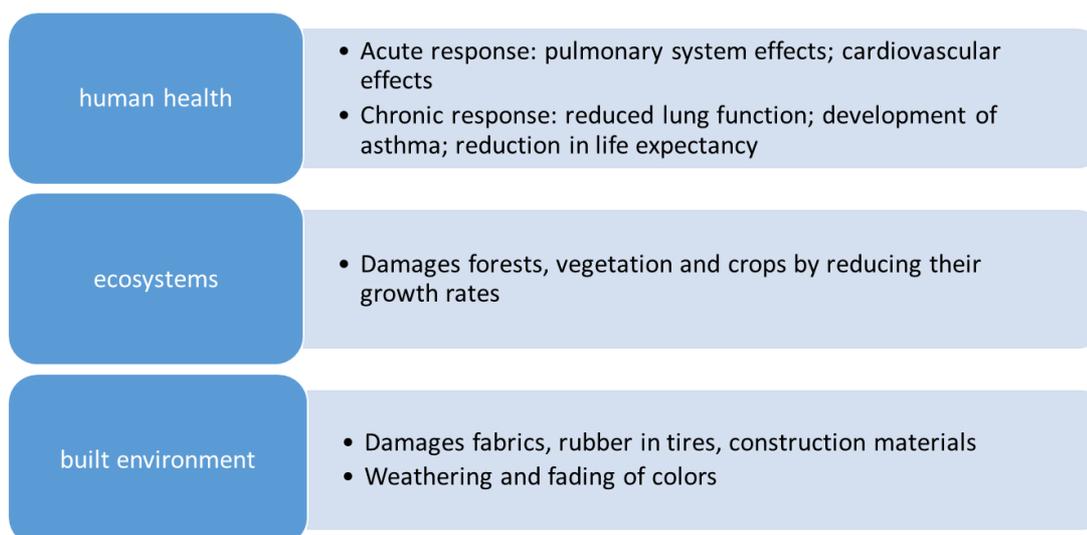
### 4.4. Ozono a nivel del suelo: efectos

Entre los efectos sobre la salud humana como resultado de la exposición a la atmósfera contaminada con ozono, mencionamos los agudos, a nivel de los sistemas respiratorio y cardiovascular. Entre las enfermedades crónicas se informa la disminución de la funcionalidad pulmonar, el desarrollo de asma, la reducción de la esperanza de vida.

Los ecosistemas también están influenciados negativamente, por los daños en la vegetación y la reducción de la tasa de crecimiento. El ozono a nivel del suelo se considera más perjudicial para la vegetación y los cultivos que la exposición a cualquier otro contaminante.

La presencia de ozono troposférico conduce a la degradación de las fibras, el caucho y los materiales de construcción. También produce el riego y la decoloración de las superficies y materiales de construcción.

El ozono troposférico es un gas de efecto invernadero que contribuye al cambio climático.



Ground-level ozone is a green-house gas, contributing to climate change

## 5. MATERIAL PARTICULADO

La atmósfera, naturalmente o como resultado de actividades antrópicas se caracteriza por la presencia de partículas, de fuentes naturales y artificiales, con dimensiones, entre 0,5 mm para las partículas de polvo, arena o niebla, y las dimensiones moleculares para las liberadas de antrópicas ocupaciones.

### 5.1. Símbolos del material particulado

Definimos el material particulado (símbolo PM) la mezcla de partículas sólidas y/o líquidas dispersas en el aire. La materia particulada consiste en una mezcla de partículas sólidas y líquidas finas suspendidas en el aire. Al evaluar el impacto de las partículas en el medio ambiente y la salud humana, la cuestión más importante es su dimensión.

#### PM<sub>diámetro aerodinámico</sub>

Al acrónimo PM se asocia como subíndice el número que denota la fracción de tamaño o el diámetro aerodinámico. En base a esta característica, las partículas se clasifican en:

*Total de partículas suspendidas* (un nombre bastante antiguo) que denota todas las partículas que tienen una dimensión inferior a 100 micrómetros; estas partículas se pueden ver a simple vista, sabiendo que el límite de visibilidad es de alrededor de 50 micrómetros;

La fracción de *partículas gruesas* contiene aquellas con el rango de diámetro entre 2.5 y 10 micrómetros,

La fracción de *partículas finas* contiene aquellas con diámetro de hasta 2.5 micrómetros

La fracción de *partículas ultrafinas*, o partículas nanométricas, son aquellas con un diámetro inferior a 0,1 micrómetros.

Todas las partículas que tienen dimensiones inferiores a 10 micrómetros no se pueden ver a simple vista, son visibles con microscopios.

Para describir el material particulado, o simplemente partículas, hay términos usados como:

*Aerosoles*, definidos por el sistema de sólidos y líquidos dispersos en el aire;

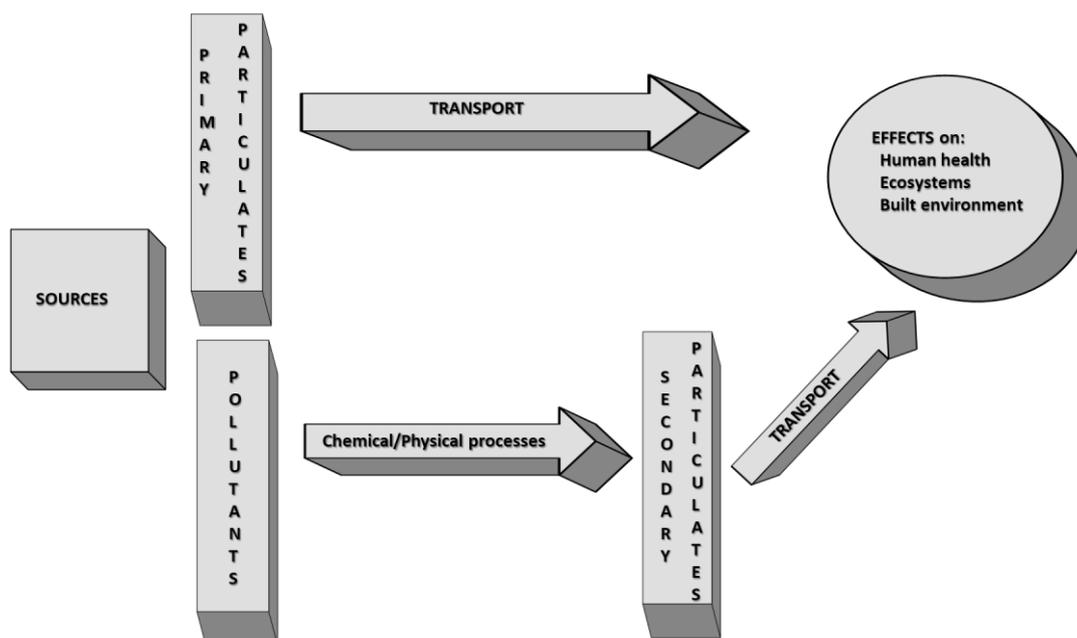
*Polvo, hollín*: para partículas sólidas dispersas en el aire

*Neblina, niebla* - para las partículas líquidas dispersas en el aire.

Fracción	Rango del diámetro aerodinámico	Símbolo	Notas
Total de partículas suspendidas	$\leq 100\mu m$	TSP	Se pueden ver a simple vista
Partículas gruesas	$d \leq 10\mu m$ $2.5\mu m \leq d \leq 10\mu m$	PM <sub>10</sub> PM <sub>2.5-10</sub>	Solo se pueden detectar con microscopios
Partículas finas	$d < 2.5\mu m$	PM <sub>2.5</sub> PM <sub>1</sub>	
Partículas ultrafinas	$d < 0.1\mu m$	UFP	

Considerando la emisión de partículas, se puede distinguir entre *material particulado primaria*, partículas emitidas directamente y *material particulado secundario*, aquellas formadas en la atmósfera como resultado de procesos físicos y químicos entre contaminantes gaseosos como dióxido de azufre, óxidos de nitrógeno, que son liberados por fuentes específicas.

Una vez ingresados en la atmósfera, las partículas son transportadas por movimientos de masas de aire o se depositan. Como función de sus dimensiones, existen variaciones en la vida atmosférica de las partículas y, en consecuencia, su distancia de transporte. La composición de las partículas, dependiendo de la fuente de emisión, determina su dimensión, transporte y también el efecto que tienen sobre la salud humana, el entorno natural y/o construido.



## 5.2. Fuentes de emisiones de PM

Las partículas son emitidas por una gran cantidad de fuentes, tanto naturales como antrópicas. Naturalmente, las partículas existen como resultado de la erosión del suelo, polvo transportado por las masas de aire.

Los aerosoles marinos, conocidos como aerosol marino, son ricos en sales y materia orgánica.

La materia particulada también tiene un origen biológico, como el polen, el moho.

Una cantidad importante de partículas se emite durante la erupción volcánica.

La fuente más importante para la emisión de materia particulada es la combustión de combustibles fósiles, incluso si se trata de carbón, petróleo, productos derivados del petróleo o biomasa.

Entre las fuentes industriales mencionamos el sector de la construcción, minería, cemento, fabricación de materiales cerámicos, industria de fundición. Una fuente importante de partículas es la erosión de la carretera por el tráfico, y al menos no las actividades en la agricultura.

Los precursores de partículas secundarias son contaminantes gaseosos de la atmósfera como dióxido de azufre, óxidos de nitrógeno, amoníaco, que generan sustancias con baja volatilidad, como ácido sulfúrico, sulfato de amonio, nitrato de amonio que condensan, generan aerosoles coagulantes. Se transportan como partículas inorgánicas, o se depositan como corteza en partículas carbonosas.

Los contaminantes gaseosos pueden ser orgánicos, liberados por fuentes naturales, como terpenos, o por fuentes antrópicas, como hidrocarburos aromáticos policíclicos. Pueden generar aerosoles orgánicos secundarios (SOA), por reacciones de oxidación. En comparación con las partículas primarias, los procesos químicos implicados en la formación de los secundarios son relativamente lentos y su persistencia en la atmósfera es prolongada.

### Fuentes naturales

- > Suelo y polvo transportado por el viento
- > Generación de aerosoles marinos (rocío de mar)
- > Polen, esporas de moho, partes de plantas
- > Ceniza volcánica

### Emisión antropogénica de PM primarios

- > Combustión de combustibles fósiles (carbón, petróleo, gasolina, biomasa)
- > Sitios de construcción,
- > Construcción, minería, fabricación de cemento, cerámica
- > Industria de la fundición

> Carreteras sin pavimentar, erosión del pavimento por tráfico rodado

#### Formación de PM secundarios

> Formado en el aire a través de reacciones de contaminantes gaseosos → sustancias de baja volatilidad que se condensan en fase sólida/líquida → PM

> Fuentes de contaminantes inorgánicos gaseosos primarios (SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>) o compuestos orgánicos (emitidos naturalmente - monoterpenos, o como resultado de actividades antrópicas - hidrocarburos aromáticos)

### 5.3. Composición de PM

Teniendo en cuenta su mecanismo de formación, la materia particulada tiene una composición diferente y, en consecuencia, diferentes dimensiones. Las partículas finas generalmente contienen especies inorgánicas, agua y un núcleo de carbono elemental, hidrocarburos aromáticos policíclicos, aerosoles orgánicos secundarios y también sustancias orgánicas biológicas. Por lo general, estas partículas contienen hollín o aerosoles de sulfato/nitrato, y su carácter es predominantemente ácido.

Las partículas gruesas contienen principalmente polvo, cenizas, óxidos metálicos, cloruro de sodio de aerosoles marinos y componentes biológicos. En términos generales, estas partículas contienen principalmente hollín o compuestos inorgánicos similares a los del suelo, por lo que tienen un carácter predominantemente alcalino.

#### PM<sub>2,5</sub>

- Especies inorgánicas:
  - Aniones: sulfatos, nitratos, cloruro
  - Cationes: amonio, hidrógeno, sodio, potasio, calcio, magnesio
  - Metales de transición (cadmio, cobre, níquel, zinc)
- Agua particulada
- Carbono orgánico, carbono elemental (CE)
- Hidrocarburos aromáticos policíclicos
- Aerosoles orgánicos secundarios
- Biogeneración orgánica
- Predominantemente: aerosoles de hollín o sulfato/nitrato
- Usualmente ácido (ácidos no neutralizados)

#### PM<sub>10</sub>

- polvo resuspendido, polvo del suelo, polvo de la calle,

- Cenizas volantes de carbón y petróleo,
- Óxidos de Si, Al, Mg, Fe; CaCO<sub>3</sub>; NaCl
- Sal marina
- Componentes biológicos: polen, esporas de moho
- Predominantemente: hollín o inorgánico - suelo sucio
- Usualmente básico (contenido de suelo)

## 5.4. Transporte PM

El transporte de material particulado por el movimiento de las masas de aire depende de la dimensión de las partículas. Las partículas finas y ultrafinas tienen una vida atmosférica bastante larga, y se transportan a largas distancias, cientos de kilómetros, por lo que su impacto se percibe a nivel regional.

Las partículas gruesas tienen una vida atmosférica más baja, en el intervalo de minutos a varias horas, por lo que tienen una tasa de sedimentación más alta. Su transporte por masas de aire tiene lugar en distancias cortas, por debajo de 10 kilómetros, por lo que el impacto se manifiesta a nivel local.

PM finas y ultrafinas	PM gruesas
Vida útil: días y semanas	Vida útil: minutos a horas
Distancia de viaje de 100 - 1000 km	Distancia de viaje de 1 - 10 km
Afecta área regional y más amplia	Afecta a escala local

## 5.5. Concentración de aire de PM para la protección de la salud humana

Las concentraciones atmosféricas establecidas por la Directiva de calidad del aire a nivel de la Unión Europea son de 25 microgramos por metro cúbico, como el promedio anual de partículas con un diámetro aerodinámico de hasta 2,5 micrómetros. Para material particulado con un diámetro aerodinámico de hasta 10 micrómetros, los límites son 40 microgramos por metro cúbico de media anual y 50 microgramos por metro cúbico, media anual.

Los límites propuestos por la Organización Mundial de la Salud son más estrictos, los valores están por debajo de los recomendados por la Unión Europea.

	PM <sub>2,5</sub>	PM <sub>10</sub>
Límite de la UE (AQD):	25 µg/m <sup>3</sup> -año	40 µg/m <sup>3</sup> -año 50 µg/m <sup>3</sup> - 24 horas
Límite de la OMS (directrices WGO):	10 µg/m <sup>3</sup> - año	20 µg/m <sup>3</sup> -año 20 µg/m <sup>3</sup> - 24 horas

## 5.6. Efectos de PM en la salud humana

Los efectos de las partículas en la salud humana dependen de sus dimensiones.

Incluso en Europa, las emisiones de material particulado disminuyeron durante el período 2000-2015, todavía existe un porcentaje significativo de población expuesta a partículas (a nivel PM<sub>2,5</sub>, a nivel PM<sub>10</sub>), en concentraciones que exceden los límites impuestos por la UE o recomendados por la organización mundial de salud.

Teniendo en cuenta la penetración en el cuerpo humano, por inhalación, las partículas gruesas se consideran partículas inhalables o torácicas, que penetran en el sistema respiratorio y se filtran por la nariz y la garganta.

Las partículas finas, las partículas respirables, penetran profundamente en el pulmón, en alvéolos y bronquiolos.

En el caso de las partículas gruesas, que tienen una tasa de sedimentación más alta, la exposición prolongada por inhalación se reduce, pero la exposición de corta duración causa una enfermedad respiratoria.

Hay una gran cantidad de estudios que demuestran el hecho de que las partículas finas son responsables de la enfermedad de los sistemas respiratorio, cardiovascular y también a nivel del sistema nervioso central.

### PM<sub>2,5</sub>

**Población expuesta de la de la UE-28 a los niveles de PM<sub>2,5</sub> (2015):**

**por encima del límite de la UE (25 µg/m<sup>3</sup>-año): 7%**

**límite superior de la OMS (10 µg/m<sup>3</sup> - año): 82%**

- Partículas respirables: generalmente viajan a los pulmones, en las partes profundas de intercambio de gases (alvéolos y bronquiolos terminales) y pueden ser absorbidas por las superficies de las células
- Morbilidad respiratoria y cardiovascular (agravamiento del asma, síntomas respiratorios)
- Mortalidad por enfermedades cardiovasculares y respiratorias, cáncer de pulmón

- Consistentemente implicado en procesos neurológicos adversos, relacionado con enfermedades del sistema nervioso central

### PM<sub>10</sub>

**Población expuesta de la UE-28 a los niveles de PM<sub>10</sub> (2015):**

**por encima del límite de la UE (50 µg/m<sup>3</sup>-día): 20%**

**por encima del límite de la OMS (20 µg/m<sup>3</sup> - año): 62%**

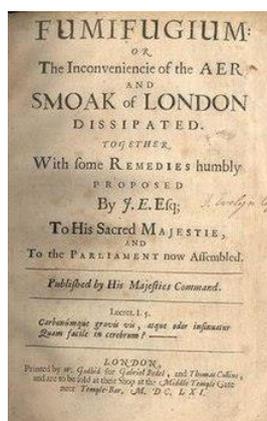
- Partículas inhalables, partículas torácicas: cuando se inhalan, se filtran de manera eficiente por la nariz y la garganta,
- penetra solo en el sistema respiratorio inferior
- Sedimenta rápidamente: la exposición humana a largo plazo por inhalación se reduce
- Exposición a corto plazo: efectos sobre la salud respiratoria

## 5.7. Efectos de PM en el ambiente

Los efectos adversos del humo liberado por la quema de carbón se han mencionado desde el siglo XIII. A lo largo de los siglos, se registró un gran número de episodios de contaminación causados por material particulado. Con el desarrollo tecnológico, las partículas emitidas en la atmósfera tienen una composición más compleja, por lo que su efecto se manifiesta de formas más diversas. En la atmósfera, la presencia de partículas se percibe por una visibilidad reducida.

Como consecuencia de su dimensión y composición, las partículas se depositan en seco o en húmedo, por lo que a nivel del suelo o del agua se producen cambios en la superficie.

Humo de la quema de carbón conocido en el Reino Unido desde el siglo XIII



Reduce fuertemente la visibilidad



Después de la deposición (húmeda/seca) - acidificación del suelo/aguas superficiales

Cambio de equilibrio de nutrientes en aguas superficiales

Agota nutrientes en el suelo



## 5.8. Efectos de PM en el entorno construido

La presencia de material particulado en la atmósfera provoca daños en los materiales de construcción, la degradación de los objetos e incluso de los monumentos históricos. Las superficies que ensucian, humedecen y corroen los materiales metálicos son solo algunos ejemplos de los daños producidos por las partículas en el entorno construido.

Daños en los materiales de construcción, incluidos los objetos de importancia cultural por degradación y suciedad

Daños relacionados con la lluvia ácida - erosión, corrosión.



## 6. REFERENCIAS

<https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2017>

[http://www.euro.who.int/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0006/189051/Health-effects-of-](http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0006/189051/Health-effects-of-)

particulate-matter-final-Eng.pdf

<https://www.eea.europa.eu/help/glossary>

<https://en.wikipedia.org/wiki/Fumifugium>

<https://ca.news.yahoo.com/mystery-of-1952-great-smog-which-killed-12000-londoners-has-been-solved-093408147.html>

<https://www.thetimes.co.uk/article/most-children-in-britain-are-exposed-to-illegal-air-pollution-levels-d3l5rqlms>

<https://www.theguardian.com/commentisfree/2017/may/06/observer-view-on-curbing-air-pollution-diesel-car-scrappage-health>

<https://www.greenoptimistic.com/top-10-polluted-places-blacksmith-institute-20131107/#.WkOb8t-WZPY>

<https://saferenvironment.wordpress.com/2008/09/05/coal-fired-power-plants-and-pollution/>

<http://www.cruiselawnews.com/2016/12/articles/pollution-1/deliberate-dumping-coverup-and-lies-doj-fines-princess-cruises-40000000/>

<http://ec.europa.eu/environment/air/quality/standards.htm>

[http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/69477/1/WHO\\_SDE\\_PHE\\_OEH\\_06.02\\_eng.pdf](http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/69477/1/WHO_SDE_PHE_OEH_06.02_eng.pdf)

<http://www.history.com/news/the-killer-fog-that-blanketed-london-60-years-ago>

[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:-\\_Acid\\_rain\\_damaged\\_gargoyle\\_.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:-_Acid_rain_damaged_gargoyle_.jpg)

[http://www.euro.who.int/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0006/189051/Health-effects-of-particulate-matter-final-Eng.pdf](http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0006/189051/Health-effects-of-particulate-matter-final-Eng.pdf)

<https://ca.news.yahoo.com/mystery-of-1952-great-smog-which-killed-12000-londoners-has-been-solved-093408147.html>

<https://www.theguardian.com/commentisfree/2017/may/06/observer-view-on-curbing-air-pollution-diesel-car-scrappage-health>



**VNIVERSIDAD  
D SALAMANCA**

CAMPUS OF INTERNATIONAL EXCELLENCE



ALMA MATER STUDIORUM  
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA



South-Eastern Finland  
University of Applied Sciences

**U. PORTO**



**Universitatea  
TRANSILVANIA  
din Braşov**



**UNIVERZITA  
KARLOVA**



**ИКНТ**

<https://toxoeer.com>

Project coordinator: Ana I. Morales  
Headquarters office in Salamanca.  
Dept. Building, Campus Miguel de Unamuno, 37007.  
Contact Phone: +34 663 056 665