

## CARACTERÍSTICAS DE LOS CONTAMINANTES PRIMARIOS

Contaminante	Características	Origen	Evolución en la atmósfera
<b>Partículas</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Polvo</li> <li>• Aerosoles</li> <li>• Nieblas</li> <li>• Humos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sustancias sólidas o líquidas.</li> <li>• Tamaño: 0,1 a 1 000 <math>\mu</math>.</li> <li>• Composición química variada.</li> <li>• Se clasifican por su tamaño: finas, medias y sedimentables o gruesas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aerosoles marinos.</li> <li>• Erosión eólica.</li> <li>• Incendios forestales.</li> <li>• Pólenes de vegetales.</li> <li>• Combustiones industriales y domésticas.</li> <li>• Actividades extractivas (canteras y minas).</li> <li>• Incineración de residuos agrícolas, ganaderos y urbanos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Depósito en el suelo por sedimentación (deposición seca), o por arrastre por la lluvia (deposición húmeda).</li> <li>• Constituyen núcleos de condensación en la formación de gotas de lluvia.</li> <li>• Tiempo de residencia: días, meses o años, según su tamaño.</li> </ul>
<b>Compuestos de azufre</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Óxidos de azufre (<math>\text{SO}_2</math> y <math>\text{SO}_3</math>)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gases incoloros.</li> <li>• El <math>\text{SO}_2</math>, olor picante y con alto poder corrosivo y muy estable.</li> <li>• El <math>\text{SO}_3</math> es muy reactivo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El <math>\text{SO}_2</math> se forma por oxidación del <math>\text{H}_2\text{S}</math>.</li> <li>• Erupciones volcánicas.</li> <li>• Oxidación del S en combustión de combustibles fósiles en centrales térmicas, calefacciones y vehículos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El <math>\text{SO}_2</math>, tiempo de residencia de 12 horas a 6 días.</li> <li>• Puede fotooxidarse a <math>\text{SO}_3</math>.</li> <li>• Reacciona con el agua de lluvia pasando a ácido sulfúrico.</li> <li>• Depósito sobre la vegetación o el suelo.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sulfuro de hidrógeno (<math>\text{H}_2\text{S}</math>)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gas incoloro con fuerte olor desagradable.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El <math>\text{H}_2\text{S}</math> en la degradación anaeróbica de la materia orgánica en pantanos y océanos.</li> <li>• Escapes de refinerías de petróleo.</li> <li>• Erupciones volcánicas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Oxidación fotoquímica a <math>\text{SO}_2</math>.</li> </ul>
<b>Óxidos de nitrógeno</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>\text{N}_2\text{O}</math></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gas incoloro con fuerte olor y sabor dulce, soluble en agua, benceno y alcohol.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Procesos de desnitrificación del suelo.</li> <li>• Empleo de abonos nitrogenados.</li> <li>• Oxidación fotoquímica.</li> <li>• Combustiones en vehículos automóviles.</li> <li>• Descargas eléctricas en tormentas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Oxidación formando nitritos y nitratos que son arrastados por la lluvia.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>\text{NO}_2</math> y <math>\text{NO}</math></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>\text{NO}_2</math>: gas pardorrojizo, tóxico, olor asfixiante.</li> <li>• <math>\text{NO}</math>: gas incoloro, tóxico.</li> <li>• Abundantes en zonas urbanas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Erupciones volcánicas.</li> <li>• Oxidación de <math>\text{N}_2</math> atmosférico en combustiones a elevadas temperaturas en vehículos, centrales térmicas y calefacciones.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Oxidación fotoquímica (<i>smog</i> fotoquímico).</li> </ul>
<b>Óxidos de carbono</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>\text{CO}</math></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gas incoloro, inodoro, insípido. Tóxico, inflamable.</li> <li>• Muy abundante en atmósfera urbana.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proviene de la oxidación del <math>\text{CH}_4</math> atmosférico.</li> <li>• Disociación de <math>\text{CO}_2</math> a altas temperaturas.</li> <li>• Emisiones oceánicas.</li> <li>• Combustiones incompletas de gasolinas, gasóleo en vehículos.</li> <li>• Refinerías de petróleo y plantas de tratamiento de combustibles fósiles.</li> <li>• Transporte por carretera.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se oxida al reaccionar con radicales hidroxilo (<math>-\text{OH}</math>) y con el <math>\text{O}_2</math>, sobre todo en la estratosfera.</li> <li>• Incorporación al suelo por la acción de ciertos hongos y plantas superiores.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>\text{CO}_2</math></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gas incoloro e inodoro. No tóxico.</li> <li>• Nutriente esencial de los vegetales.</li> <li>• Regulador de la temperatura terrestre.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Por oxidación del <math>\text{CO}</math>.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se acumula en la atmósfera, incrementando el efecto invernadero.</li> </ul>

Tabla 10.2. Características de los contaminantes primarios. (Continúa.)

Contaminante	Características	Origen	Evolución en la atmósfera
<b>Compuestos orgánicos</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Hidrocarburos o compuestos orgánicos volátiles (COV) &gt; de 5 átomos de carbono.</li> <li>Metano (CH<sub>4</sub>)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Abundantes en ciudades y zonas industriales.</li> <li>Son gases a temperatura ambiente.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Refinerías de petróleo.</li> <li>Combustiones en motores de gasolina.</li> <li>Empleo de disolventes.</li> <li>Incendios forestales.</li> <li>El CH<sub>4</sub> de zonas pantanosas, arrozales, pozos petrolíferos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Transformación en oxidantes fotoquímicos, al reaccionar con radicales libres.</li> <li>Tiempo de residencia, años (los de bajo peso molecular), días o meses (los de alto peso molecular).</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Policlorobifenilos (PCB)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Líquidos inertes, insolubles en agua.</li> <li>Muy estables.</li> <li>Aislantes eléctricos.</li> <li>Tóxicos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tratamiento de productos químicos clorados.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tiempo de residencia, años.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Dioxinas y furanos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Poco solubles en agua.</li> <li>No volátiles.</li> <li>Se descomponen por la acción de la luz y en presencia de hidrógeno.</li> <li>Tóxicos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Incineración de residuos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Depósito en el suelo y agua.</li> <li>Bioacumulación a través de las cadenas tróficas.</li> </ul>
<b>Compuestos halogenados</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Cl<sub>2</sub></li> <li>HCl</li> <li>HF</li> <li>CFC (freones y halones)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>El Cl<sub>2</sub> gas o formando partículas. Tóxico. Irritante.</li> <li>El HF corrosivo.</li> <li>CFC compuestos sintéticos. Gases estables, no tóxicos e inflamables.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>El Cl<sub>2</sub> de gases de automóviles.</li> <li>Erupciones volcánicas.</li> <li>El HCl industrias del aluminio.</li> <li>El HF de industrias del vidrio y cerámica.</li> <li>CFC fluidos refrigerantes. propelentes de aerosoles y agentes espumantes en espumas aislantes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>El Cl<sub>2</sub> interviene en reacciones fotoquímicas de destrucción del ozono.</li> <li>El HCl retiene el Cl impidiendo su reacción con el ozono.</li> <li>Los CFC permanecen cerca de un siglo en la atmósfera.</li> <li>Liberan átomos de Cl que destruyen la capa de ozono.</li> </ul>
<b>Metales pesados</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Plomo (Pb)</li> <li>Cadmio (Cd)</li> <li>Mercurio (Hg)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Densidad alta.</li> <li>Son muy tóxicos.</li> <li>Presentes en cantidades muy pequeñas.</li> <li>No son metabolizados ni degradados por los seres vivos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>El Pb en gases de escape en vehículos que emplean gasolina con plomo como antidetonante. (En la actualidad prohibidas.)</li> <li>El Cd en industrias metalúrgicas, extracción de metales.</li> <li>Incineración de residuos.</li> <li>El Hg en minería del carbón y actividades agrícolas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Deposición seca por sedimentación como partículas al suelo en atmósferas urbanas.</li> <li>Se integran en el suelo, agua y se acumulan en las cadenas tróficas.</li> </ul>
<b>Olores</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Estímulos captados por el olfato y que producen malestar físico.</li> <li>Partículas de distintas sustancias.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Erupciones volcánicas.</li> <li>Vertederos.</li> <li>Aguas y suelos contaminados.</li> <li>Industrias alimenticias.</li> <li>Industrias de papel.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Difusión por la atmósfera.</li> </ul>

Tabla 10.2. Características de los contaminantes primarios. (Continuación.)

## CARACTERÍSTICAS CONTAMINANTES SECUNDARIOS

Contaminante	Características	Origen	Evolución en la atmósfera
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Trióxido de azufre (SO<sub>3</sub>).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gas incoloro, se condensa fácilmente.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se forma a partir de SO<sub>2</sub>.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reacciona con el ión hidroxilo y pasa a ácido sulfúrico.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Trióxido de nitrógeno (NO<sub>3</sub>).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gas fácilmente oxidable.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Oxidación por el ozono a partir de NO<sub>2</sub>.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Interviene en reacciones fotoquímicas de formación de <i>smog</i>.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>).</li> <li>• Ácido nítrico (HNO<sub>3</sub>).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Son sustancias con un elevado poder corrosivo.</li> <li>• Son agentes oxidantes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Productos finales de la oxidación de compuestos atmosféricos que contienen azufre o nitrógeno.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Precipitan como lluvia ácida.</li> </ul>
<b>Oxidantes fotoquímicos</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ozono troposférico (O<sub>3</sub>).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gas de color azul pálido, irritante y picante.</li> <li>• Elevado poder oxidante.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Intrusiones estratosféricas.</li> <li>• Erupciones volcánicas.</li> <li>• Descargas eléctricas en tormentas.</li> <li>• Fermentaciones.</li> <li>• Reacciones fotoquímicas a partir de óxidos de nitrógeno y COV generados por el tráfico urbano.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reacciona con otros contaminantes.</li> <li>• Componente del <i>smog</i> fotoquímico.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nitratos de peroxiacetilo (PAN)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sustancias de gran poder oxidante.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reacciones fotoquímicas a partir de COV.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Componentes del <i>smog</i> fotoquímico.</li> </ul>

Tabla 10.3. Características de los contaminantes secundarios.