

Imágenes bajo licencia Creative Commons (Wikimedia Commons) [refinería](#) , [árboles](#) .

## 1. La contaminación atmosférica, tipos y origen

### Investigación Inicial



Ciencias de la Tierra y Medioambientales 2º Bachillerato

Los proyectos que se van a desarrollar en Villanueva de Gothan pueden originar una serie de impactos sobre la atmósfera.

Ángel ha realizado una simulación sobre los posibles peligros que pueden desencadenar. En concreto: smog, lluvia ácida o intervenir en el calentamiento del planeta.

¿Sabes, a grandes rasgos, en qué consisten estos efectos? Observa las fotografías que aparecen en el mapa interactivo de la zona de estudio, son imágenes relacionadas con dichos efectos.

Clasifica las imágenes e indica cuáles muestran los efectos del smog, lluvia ácida y calentamiento global, y cuáles corresponden con las fuentes que las originan. Consulta Internet para obtener más información y ayudarte en esta investigación.

Imágenes bajo licencia Creative Commons (Wikimedia Commons) [Fondo chimeneas](#) , [árboles](#) , [refinería](#) , [ciudad](#) . Fuente imagen coches, suelo: Banco de imágenes del [IFSTIC](#)

Existen distintas **definiciones** de la contaminación del aire, según se haga referencia a su origen, causa o efectos.

Según la Ley 38/1972, de Protección del Ambiente Atmosférico: *es la presencia en el aire de materias o formas de energía que impliquen riesgo, daño o molestia grave para las personas y bienes de cualquier naturaleza.*

La Organización Mundial de la Salud establece que *existe contaminación del aire cuando en su composición aparecen una o varias sustancias extrañas, en tales cantidades y durante tales períodos de tiempo, que pueden resultar nocivas para el hombre, los animales, las plantas o las tierras, y así como perturbar el bienestar o el uso de los bienes.*

**En función de su origen** hay dos grandes fuentes de contaminación:

**a) Fuentes naturales:** producidas por la dinámica terrestre, biológica o geológica: Emisiones volcánicas, incendios naturales, impactos meteóricos, actividad biológica.

**b) Fuentes artificiales:** ocasionadas por las actividades humanas: combustibles fósiles (automóviles, industrias), procesos químicos, bioquímicos y físicos o calefacciones domésticas.

El origen de la contaminación es muy variado. Cualquier actividad que produzca gases o partículas en suspensión constituye un foco potencial de contaminación.

Podemos distinguir dos tipos de contaminantes **en función de sus características físicas:** aerosoles (sólido-líquido en suspensión) y gaseosos.

#### **a) Aerosoles**

Los aerosoles forman una mezcla heterogénea de partículas sólidas y/o líquidas en suspensión en el aire atmosférico de la troposfera. Algunas de estas partículas tienen tamaños microscópicos, otras alcanzan tamaños más grandes y pueden verse formando un **hollín o humo**.

Al respirar aire contaminado con aerosoles suelen producirse problemas respiratorios e irritaciones de nariz, garganta y pulmones.

#### **b) Contaminantes gaseosos**

La principal fuente de este tipo de contaminantes es la quema de combustibles fósiles, y los gases contaminantes más comunes son el dióxido de carbono, el monóxido de carbono, los hidrocarburos, los óxidos de nitrógeno, los óxidos de azufre y el ozono.

Dentro de los contaminantes gaseosos podemos distinguir entre:

##### **• Contaminantes primarios**

Son los que se expulsan directamente a la atmósfera desde las fuentes emisoras. Son muchos los gases contaminantes primarios, pero los más comunes son el monóxido de carbono (CO), los óxidos de azufre y nitrógeno ( $\text{SO}_x$  y  $\text{NO}_x$ ). Estos gases dañan directamente la vegetación y son irritantes para los pulmones.

##### **• Contaminantes secundarios**

Son aquellos que se forman mediante procesos químicos atmosféricos a partir de los anteriores y gracias a la radiación solar. Algunos de estos contaminantes secundarios son el ácido sulfúrico ( $\text{SO}_4\text{H}_2$ ), formado por la oxidación del  $\text{SO}_2$ , el dióxido de nitrógeno ( $\text{NO}_2$ ), formado al oxidarse el contaminante primario NO y el ozono ( $\text{O}_3$ ), que se forma a partir del oxígeno ( $\text{O}_2$ ).

En todos los países existen unos límites impuestos a determinados contaminantes que pueden incidir sobre la salud de la población y su bienestar.

## Curiosidad

Uno de los contaminantes naturales es la emisión de productos de un volcán. En esta página puedes ver los daños que puede causar la ceniza volcánica en un avión. [Pincha aquí](#)

Aunque en esta tema nos vamos a referir a la contaminación atmosférica, principalmente por emisiones de gases, estamos generando otras formas de contaminación del medio, como la **contaminación lumínica**, que además de impedir la contemplación de las estrellas, interfiere en la investigación astronómica, daña ecosistemas nocturnos, e implica un malgasto de energía, y su consiguiente emisión de CO<sub>2</sub>.

La otra gran agresión, de efectos graves hacia nuestra salud, es el exceso de ruido:

Hablamos de **Contaminación acústica**, ya que, del mismo modo que la emisión de productos tóxicos, un exceso de ruido ambiental es una agresión al medio que daña la salud de las personas. Además, en muchos casos, ambos tipos de contaminación proceden de las mismas fuentes: industrias, alta densidad de tráfico, construcciones, grandes infraestructuras...

La exposición a altos niveles de ruido puede ocasionar graves problemas, no sólo por causar pérdida auditiva, sino también a nivel psicológico, ya que la falta de sueño por el ruido ocasiona estrés, falta de atención y problemas de irritabilidad. A nivel fisiológico, aumenta la frecuencia cardíaca y respiratoria, y la presión arterial.

España, detrás de Japón, es el segundo país con más índice de población expuesta a altos niveles de ruido. Un informe de la Organización Mundial de la Salud (OMS), considera los 50 decibelios (dB) como el límite máximo aconsejable. Según la Mutua de Accidentes de Trabajo y Enfermedades Profesionales (FREMAP), 4 millones de españoles trabajan con niveles de ruido superiores a los 85 dB.

Índices de ruido:

Muy bajo: entre 10 y 30 dB (En un aula silenciosa o biblioteca).

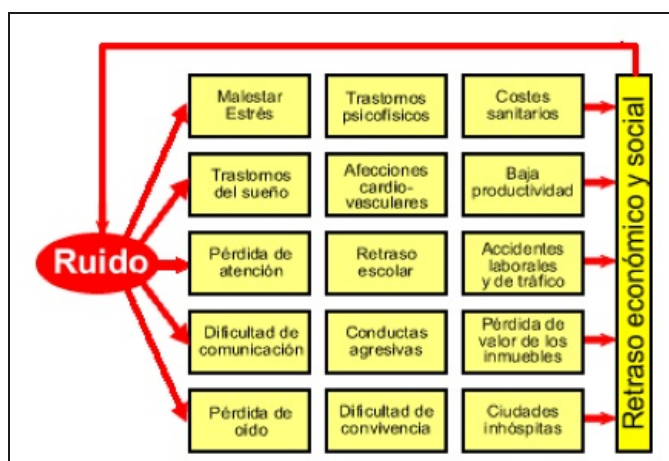
Bajo: entre 30 y 55 dB. Se considera un ruido aceptable.

Ruidoso: a partir de 55 dB y hasta los 75 dB, el nivel se considera ruidoso, un televisor con volumen alto o un aspirador alcanza unos 65 dB, niveles superiores son considerados muy nocivos para la salud.

Pájaros trinando	10 db	Claxon automóvil	90 db
Rumor de hojas de árboles	20 db	Claxon autobús	100 db
Zonas residenciales	40 db	Interior discotecas	110 db
Conversación normal	50 db	Motocicletas sin silenciador	115 db
Ambiente oficina	70 db	Taladradores	120 db
Interior fábrica	80 db	Avión sobre la ciudad	130 db
Tráfico rodado	85 db	Umbral de dolor	140 db

<http://www.juntadeandalucia.es/averroes/~29701428/salud/contacu.htm>

En la siguiente tabla puedes ver los efectos que puede llegar a causar el ruido sobre la salud, y también a nivel social:



Paisaje sonoro

## Para saber más

En la siguiente página podrás ampliar información sobre este tema. [Paisaje sonoro](#)

## Comprueba lo aprendido

Indica si los siguientes enunciados son verdaderos o falsos:

- a) Existe contaminación atmosférica cuando hay en el aire alguna sustancia que resulte nociva únicamente para los seres humanos.

[Sugerencia](#)

☐ Verdadero ☐ Falso

- b) La quema de combustible fósiles es una fuente de contaminación natural.

[Sugerencia](#)

☐ Verdadero ☐ Falso

- c) La actividad biológica es una fuente de contaminación natural.

[Sugerencia](#)

☐ Verdadero ☐ Falso

- d) Los procesos bioquímicos y físicos son una fuente de contaminación artificial.

[Sugerencia](#)

☐ Verdadero ☐ Falso

- e) Los aerosoles son un tipo de contaminantes líquido en suspensión.

[Sugerencia](#)

☐ Verdadero ☐ Falso

- f) Cuando las partículas de aerosoles alcanzan tamaños muy grandes se denominan hollín o humo.

[Sugerencia](#)

☐ Verdadero ☐ Falso

- g) La diferencia entre contaminantes primarios y secundarios es si son emitidos directamente a la atmósfera desde la fuente de contaminación o si evolucionan a otros compuestos mediante procesos químicos.

[Sugerencia](#)

☐ Verdadero ☐ Falso

## 2. Gases contaminantes de la atmósfera



### Investigación Inicial



Ciencias de la Tierra y Medioambientales 2º Bachillerato

Si observáramos en detalle los gases que expulsan las fábricas veríamos toda una serie de moléculas nocivas tanto para el medio ambiente como para la salud humana. En este apartado estudiaremos las más frecuentes y peligrosas (se desarrollan en forma de fichas al final de la página).

Por desgracia, no hace falta ir hasta la industria para encontrar estas moléculas. Muchas de las actividades cotidianas que hacemos las pueden generar. Un ejemplo sería el transporte en coche.

¿Sabes que tipo de gases expulsan los coches?. Busca en internet y averígualo. Cuando termines de estudiar este apartado comprueba tu respuesta y descubre qué efectos negativos pueden generar.

Imágenes bajo licencia de Creativ Commons (Wikipedia Commons) [atmósfera contaminada](#)  
Fuente imagen coches: Banco de imágenes del [IFSTIC](#)

Clorofluorocarbonos (CFCs)
<i>Tipo de contaminante:</i> Primario
<b>Fuentes antrópicas:</b>
Sprays, industria del frío.
<b>Características y efectos medioambientales y para la salud:</b>
Desde los años 1960, se ha demostrado que los CFCs, también llamados "freones", tienen efectos potencialmente negativos: contribuyen de manera muy importante a la destrucción de la capa de ozono en la estratosfera, así como a incrementar el efecto invernadero. El protocolo de Montreal (1987) puso fin a la producción de la gran mayoría de estos productos.

Monóxido de carbono (CO)
<i>Tipo de contaminante:</i> Primario.
<b>Fuentes naturales:</b>
Oxidación del CH <sub>4</sub> atmosférico.
<b>Fuentes antrópicas:</b>
Combustiones incompletas de gasolinas y gasóleo, refinerías de petróleo y plantas de tratamiento de combustibles fósiles.
<b>Características y efectos medioambientales y para la salud:</b>
Es peligroso para las personas y los animales, puesto que se fija en la hemoglobina de la sangre, impidiendo el transporte de oxígeno en el organismo. Además, es inodoro, y a la hora de sentir un ligero dolor de cabeza ya es demasiado tarde. Se diluye muy fácilmente en el aire ambiental, pero en un medio cerrado, su concentración lo hace muy tóxico, incluso mortal. Es responsable de la muerte de muchas personas en minas de carbón, incendios y lugares cerrados (garajes, habitaciones con braseros, etc.)

Dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> )
<i>Tipo de contaminante: Primario.</i>
<b>Fuentes naturales:</b>
Respiración.
<b>Fuentes antrópicas:</b>
Quema de combustibles fósiles.
<b>Características y efectos medioambientales y para la salud:</b>
La concentración de CO <sub>2</sub> en la atmósfera está aumentando de forma constante siendo éste el responsable del incremento de la temperatura de la Tierra por el efecto invernadero artificial.

Monóxido y dióxido de nitrógeno (NO y NO <sub>2</sub> )
<i>Tipo de contaminante: Primario (NO) y secundario (NO<sub>2</sub>).</i>
<b>Fuentes naturales:</b>
Erupciones volcánicas, tormentas y desnitrificación bacteriana.
<b>Fuentes antrópicas:</b>
Combustiones realizadas a altas temperaturas de combustibles fósiles en el transporte y la industria.
<b>Características y efectos medioambientales y para la salud:</b>
El NO es un gas incoloro y poco soluble en agua. Se oxida muy rápidamente convirtiéndose en dióxido de nitrógeno, NO <sub>2</sub> , gas pardo-rojizo, tóxico y muy oxidante, y posteriormente en ácido nítrico, HNO <sub>3</sub> , produciendo así lluvia ácida.

Dióxido de azufre (SO <sub>2</sub> )
<i>Tipo de contaminante: Primario.</i>
<b>Fuentes naturales:</b>
Actividad volcánica.
<b>Fuentes antrópicas:</b>
Combustión de carburantes con un cierto contenido en azufre como carbón, fuel y gasóleos, principalmente en procesos industriales, centrales térmicas, tráfico y calefacciones de carbón y fuel.
<b>Características y efectos medioambientales y para la salud:</b>
El SO <sub>2</sub> resultante de la combustión del azufre se oxida y forma ácido sulfúrico (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ) un componente de la llamada lluvia ácida que es nocivo para las plantas, provocando manchas allí donde las gotitas del ácido han contactado con las hojas.
Este ácido también ataca a los materiales de construcción que suelen estar formados por minerales carbonatados, como la piedra caliza o el mármol, formando sustancias solubles en el agua y afectando a la integridad y la vida de los edificios o esculturas.

Metano (CH <sub>4</sub> )
<i>Tipo de contaminante: Primario.</i>
<b>Fuentes naturales:</b>
Actividad volcánica y descomposición de materia orgánica en condiciones en que hay escasez de oxígeno; esto es lo que ocurre en las ciénagas, en los pantanos y en los arrozales de los países húmedos tropicales. También se produce en los procesos de la digestión y defecación de los animales herbívoros.
<b>Fuentes antrópicas:</b>
Reacciones anaerobias de actividades agrícolas, ganaderas, del tratamiento de residuos, y tratamiento y distribución de combustibles fósiles.
<b>Características y efectos medioambientales y para la salud:</b>
El metano es un gas de efecto invernadero que contribuye al calentamiento global del planeta Tierra ya que aumenta la capacidad de retención del calor por la atmósfera. Reacciona con los radicales OH formando ozono.

Ozono (O <sub>3</sub> )
<i>Tipo de contaminante: Secundario.</i>
<b>Fuentes antrópicas:</b>
Se sintetiza en la troposfera a partir de óxidos de nitrógeno y de compuestos orgánicos volátiles procedentes principalmente del tráfico, en reacciones fotoquímicas (con la radiación solar).
<b>Características y efectos medioambientales y para la salud:</b>
El ozono O <sub>3</sub> es un constituyente natural de la atmósfera, pero cuando su concentración es superior a la normal se considera como un gas contaminante. Las plantas pueden ser afectadas en su desarrollo por concentraciones pequeñas de ozono. El hombre también resulta afectado por el ozono a concentraciones entre 0,05 y 0,1 mg kg <sup>-1</sup> , causándole irritación de las fosas nasales y garganta, así como sequedad de las mucosas de las vías respiratorias superiores.

Metales pesados: plomo (Pb), cadmio (Cd), mercurio (Hg).
<i>Tipo de contaminante: Primarios.</i>
<b>Fuentes naturales:</b>
Erupciones volcánicas, incendios forestales, procesos de erosión y oleaje.
<b>Fuentes antrópicas</b>
El Pb en gases de escape en vehículos que emplean gasolinas con plomo como antidetonante (hoy en día prohibidas). El Cd en industrias metalúrgicas de extracción de metales. El Hg en minería de carbón y en actividades agrícolas. Combustiones industriales y domésticas e incineración de residuos.
<b>Características y efectos medioambientales y para la salud:</b>
Son elementos de alta densidad y extremadamente peligrosos ya que no se degradan ni química ni biológicamente, por lo que resultan muy tóxicos incluso en pequeñas cantidades. No pueden ser metabolizados ni degradados por los seres vivos.
Suelen depositarse como partículas mediante deposición seca, de manera que se integran en el suelo y por medio del agua se acumulan en las cadenas tróficas.

## Actividad de lectura

En este texto, extraído de [Waste Magazine](#) puedes comprobar la variedad de gases contaminantes emitidos por los vehículos :

### Humos negros

Están formados principalmente por partículas de carbón y de hidrocarburos no quemados; son característicos de los gases que emiten los motores Diesel y se hacen muy evidentes al observar el escape de un motor mal reglado.

### Monóxido de carbono

El monóxido de carbono se genera por la combustión incompleta del carburante producida por la falta de oxígeno. Se trata de un gas tóxico, inodoro e incoloro, cuya presencia en los embotellamientos de tráfico puede llegar a niveles elevados.

### Hidrocarburos

Productos orgánicos que se generan por una combustión incompleta de carburantes. Los motores de los vehículos, en nuestro país, son responsables de la emisión del 41% de los hidrocarburos. Estos compuestos, en combinación con los óxidos de nitrógeno y en presencia de la luz solar, forman oxidantes fotoquímicos que son componentes de la niebla fotoquímica.

### Plomo

Metal pesado tóxico aún presente en la gasolina llamada "super", necesario para asegurar un funcionamiento sin problemas de los motores antiguos. Actualmente, el nivel máximo de plomo presente en esta gasolina está establecido a 0,15 gr de plomo por litro de gasolina. Óxidos de azufre Gases que provienen de la combustión de ciertos combustibles líquidos que contienen azufre.

### Óxidos de nitrógeno

Gases resultantes de la reacción del oxígeno y el nitrógeno del aire en las combustiones por efecto de la temperatura y de la presión.

**Pulse aquí**



## Para saber más



Imagen en Wikimedia Commons de [KoS](#) bajo [Dominio Público](#)

Hay varios factores que contribuyen a convertir el uso del automóvil privado en una de las principales fuentes de contaminación ambiental:

La producción mundial de vehículos se estima en unos **60 millones de unidades anuales**, muchos de ellos son usados a diario. En muchas ocasiones se abusa del transporte privado, haciendo un uso individual, para trayectos cortos, con un gran gasto energético.

La fabricación y distribución de este enorme volumen, por tanto, también ocasiona **residuos industriales** en sus lugares de producción.

Los coches, además de los gases contaminantes, generan residuos como el aceite, muy peligroso, o los neumáticos y demás piezas de desgaste, con una **corta vida útil**, y de difícil reciclaje en la mayoría de los casos.

En lugares de tráfico intenso, producen alta **contaminación sonora**.

En cuanto a sus emisiones de gases contaminantes, la Unión Europea estima en 300.000 las muertes anuales de adultos de más de 35 años en ciudades europeas por exposición continuada (en plazos largos) a contaminantes procedentes del tráfico. Además, a lo largo de este tema vas a comprobar como los vehículos están implicados en los problemas ambientales a los que nos vamos a referir.

Por cada litro de gasolina consumido se emiten principalmente monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, hidrocarburos y compuestos de plomo, y unos 2.35 Kg de  $\text{CO}_2$  a la atmósfera.

Por cada litro de gasóleo se emiten más partículas sólidas que forman humos negros, hidrocarburos no quemados, óxidos de nitrógeno y anhídrido sulfuroso procedente del azufre contenido en el combustible, y unos 2.60 Kg de  $\text{CO}_2$ .

Las emisiones de  $\text{CO}_2$  son directamente responsables del **calentamiento global**, como verás a continuación.

La presencia simultánea de hidrocarburos y óxidos de nitrógeno con los rayos ultravioleta conduce a la formación del **smog**.

Estos óxidos de nitrógeno, junto con los compuestos de azufre, en determinadas condiciones climáticas, producen la **lluvia ácida**.

Actualmente se ha limitado el uso de gasolina con plomo; además los catalizadores permiten reducir las emisiones de óxidos de nitrógeno, CO e hidrocarburos no quemados. Se exploran nuevas tecnologías como el uso de biocombustibles y los motores eléctricos, aunque hay que insistir en la correcta utilización de los vehículos, para, al menos minimizar las emisiones.

## Comprueba lo aprendido

Indica si los siguientes enunciados son verdaderos o falsos:

a) Todos los gases contaminantes estudiados en este apartado son de origen primario menos el Ozono y el metano.

[Sugerencia](#)

☐ Verdadero ☐ Falso

b) Los CFCs contribuyen notablemente en la destrucción de la capa de ozono.

[Sugerencia](#)



☐ Verdadero ☐ Falso

c) Los óxidos de carbonos provienen principalmente de la quema de combustible fósiles.

[Sugerencia](#)

☐ Verdadero ☐ Falso

d) El  $\text{CO}_2$  contribuye en la destrucción de la capa de ozono.

[Sugerencia](#)

☐ Verdadero ☐ Falso

e) La lluvia ácida la produce directamente el dióxido de nitrógeno.

[Sugerencia](#)

☐ Verdadero ☐ Falso

f) El ácido derivado del  $\text{SO}_2$  ataca a los materiales de construcción formados por carbonatos, dañando los edificios.

[Sugerencia](#)

☐ Verdadero ☐ Falso

g) Los metales pesados son muy tóxicos para los seres vivos.

[Sugerencia](#)

☐ Verdadero ☐ Falso

### 3. Dispersión de los contaminantes



## Investigación Inicial



Ciencias de la Tierra y Medioambientales 2º Bachillerato

Muchos de los gases que se liberan a la atmósfera vuelven a la Tierra de una u otra forma (deposición). Pueden hacerlo con la misma composición molecular que en el momento de emisión (contaminantes primarios), o bien, haber sufrido una transformación química (contaminantes secundarios).

Observa la animación y propón distintos mecanismos de deposición de contaminantes.

La mayor parte de los contaminantes se difunden en la parte baja de la troposfera, donde interactúan entre sí y con los demás compuestos presentes, antes de su deposición. Otros ascienden a alturas considerables y son transportados hasta lugares muy alejados del foco emisor. Un tercer grupo, más reducido, puede llegar a traspasar la tropopausa e introducirse en la estratosfera.

Los contaminantes que se difunden en la parte baja de la troposfera presentan un ciclo de emisión-deposición que se puede resumir en tres etapas:

**1. Mezcla de contaminantes.** Una vez emitidos los compuestos químicos (contaminantes primarios), se mezclan en los primeros kilómetros de la troposfera, donde se desplazan libremente, se incorporan a las masas circulantes de aire y se distribuyen de forma homogénea, lo que favorece las transformaciones químicas.

**2. Procesos químicos y fotoquímicos.** En estos procesos participan los contaminantes que pueden generar nuevos compuestos (contaminantes secundarios), cuyas propiedades son, por lo general, muy diferentes de las de sus precursores.

**3. Deposición.** Los contaminantes, transformados o no, retornan a la superficie terrestre, donde se incorporan a los océanos y al suelo.

En general, se considera que en las áreas continentales se encuentran los focos emisores, mientras que los océanos, por su extensión, son los principales depósitos de retorno. Este retorno sucede por **deposición húmeda** (los contaminantes retornan a través de la lluvia, la nieve, la niebla o el rocío) o, en menor medida, por **deposición seca** (debida a fenómenos gravitacionales y de adsorción).

El ciclo de emisión-deposición puede estar influido por diversas circunstancias como:

#### a) Las características de las emisiones

- Tipo de contaminante. Los gases se dispersan con mayor facilidad que las partículas sólidas.
- La temperatura de la emisión. Si la temperatura de la emisión es mayor que la del medio se dispersa con más facilidad.
- Altura. A mayor altura de la fuente emisora mejor dispersión.

#### b) Condiciones atmosféricas

- Los anticiclones son zonas de estabilidad que dificultan la dispersión de los contaminantes. Las borrascas son zonas de inestabilidad que favorecen la dispersión.
- Los vientos favorecen la dispersión.
- La precipitación arrastra contaminantes al suelo (efecto lavado).
- Insolación. Aumenta la concentración de contaminantes secundarios.

#### c) Características geográficas y topográficas

- **Zonas costeras.** Se producen brisas marinas y continentales, que, debido a las diferencias de temperatura entre el mar y la tierra firme, durante el día soplan de mar a tierra y durante la noche en sentido contrario.
- **Valles.** También se forman vientos locales debidos al gradiente de temperatura que se establece entre las laderas, más soleadas, y el fondo umbrío. En general, las cadenas montañosas son siempre un obstáculo para el movimiento del aire.
- En las **ciudades** existe un microclima muy peculiar que genera movimientos locales del aire. Esto ha llevado a definir las urbes como **islas térmicas**, debido a que las temperaturas son más elevadas que en las zonas rurales circundantes. Este hecho provoca la formación de células convectivas que incorporan aire de las zonas circundantes al aire urbano, lo cual es preocupante, dada la existencia de cinturones industriales en el entorno de las medianas y grandes ciudades, ya que los gases emitidos por estas industrias se incorporan a la atmósfera urbana.

Realiza la investigación que te proponemos más abajo y recuerda de paso conceptos ya estudiados en la unidad 1 (inversión térmica).

## Investigación



[Imagen](#) de animación bajo licencia Creative Commons (Wikimedia Commons)

El efecto más conocido de las islas térmicas urbanas es la formación de una **capa de inversión**, que, combinada con la propia emisión de contaminantes, incluidos los que emiten las industrias del entorno, constituye un serio problema, ya que el aire contaminado que asciende, al no poder difundirse, desciende y se reincorpora a la circulación del aire urbano.

La formación de estas capas de inversión es alarmante en situaciones anticiclónicas o de calma, debido a que las partículas suspendidas en altura absorben la radiación solar. Esa capa superior se calienta fuertemente, de manera que la inversión puede mantenerse durante varios días, y provoca la presencia sobre la ciudad de la cúpula o boina de contaminantes, también llamada smog fotoquímico. Esta situación se mantiene hasta que el viento o la lluvia destruyen la capa de inversión térmica.

#### d) Presencia de vegetación

- Disminuye la contaminación al frenar la velocidad del viento y facilita la deposición de partículas al quedar retenidas por las hojas.
- Actúan de sumideros de  $\text{CO}_2$ .

### Comprueba lo aprendido

Indica si los siguientes enunciados son verdaderos o falsos:

a) Todos los contaminantes se difunden en las partes bajas de la troposfera, donde interactúan entre sí y con otros contaminantes.

[Sugerencia](#)

☐ Verdadero ☐ Falso

b) Estos contaminantes siguen el siguiente ciclo de emisión-deposición: mezcla de contaminantes, procesos químicos y fotoquímicos y deposición.

[Sugerencia](#)

☐ Verdadero ☐ Falso

c) En los procesos químicos y fotoquímicos es donde se transforman los contaminantes primarios en secundarios.

[Sugerencia](#)

☐ Verdadero ☐ Falso

d) La deposición puede ser húmeda, la más cercana a la fuente contaminante, o seca, la que se deposita más lejos del foco emisor.

[Sugerencia](#)

☐ Verdadero ☐ Falso

e) Si la temperatura de la emisión es menor que la del medio los contaminantes se dispersan con más facilidad.

[Sugerencia](#)

☐ Verdadero ☐ Falso

f) Los anticiclones favorecen la dispersión de los contaminantes.

#### Sugerencia

☐ Verdadero ☐ Falso

g) La insolación aumenta la concentración de contaminantes secundarios.

#### Sugerencia

☐ Verdadero ☐ Falso

h) En las ciudades industrializadas se produce el proceso denominado urbes térmicas, que consiste en la formación de una capa de inversión que no permite que se dispersen con normalidad los contaminantes.

#### Sugerencia

☐ Verdadero ☐ Falso

## 4. Efectos de la contaminación



Los diversos procesos que originan contaminación atmosférica pueden afectar a distintas escalas, dependiendo del grado de dispersión y permanencia de los contaminantes en la atmósfera.

Podemos distinguir tres niveles: contaminación local, regional y global.

Como efectos más importantes en cada caso estudiaremos:

- El **smog** , como efecto a nivel local.
- La **lluvia ácida** , como efecto a nivel regional.
- El **efecto invernadero** o la **destrucción de la capa de ozono** , como efecto a nivel global.

### 4.1. A nivel local: smogs



Imagen de ciudad -de Bobak-, bajo licencia cc en Wikipedia

Imagen de fábrica -de Sinosplise-, y de calle -de Michaelhenley- bajo licencia cc en Flickr

En grandes ciudades industriales, y bajo determinadas circunstancias climáticas, se produce un fenómeno de contaminación local, el smog, que consiste en una niebla "sucia" debida a las reacciones entre ciertos contaminantes.

El **smog fotoquímico** se produce por la mezcla de contaminantes primarios, como óxidos de nitrógeno y compuestos orgánicos volátiles, con otros contaminantes secundarios, que reaccionan estimulados por la radiación solar, formando ozono y nitrato de peroxiacilo.

En condiciones climáticas anticiclonicas, al haber poca dispersión de estos contaminantes, se propicia la formación de esta niebla.

Este fenómeno es más acusado en verano, y sobre todo cuando se producen inversiones térmicas, que retienen estos gases en las capas más bajas, aumentando su concentración.

La principal fuente de emisión de estos contaminantes es la combustión de combustibles fósiles en automóviles, siendo un

fenómeno común en ciudades con alta densidad de tráfico y climas cálidos como Santiago de Chile o Ciudad de México.

El smog puede causar grandes daños en plantas y representa una grave riesgo para la salud de las personas, ya que es irritante para los ojos y las mucosas del aparato respiratorio, causando alergias.

### *Para saber más*

Este vídeo explica el origen del smog, su formación y sus consecuencias sobre la salud:



### *Comprueba lo aprendido*

Tras leer el texto y ver el vídeo sobre el smog, trata de contestar si las siguientes afirmaciones son ciertas:

El smog es como se define a un grave fenómeno de contaminación global.

[Sugerencia](#)

☐ Verdadero ☐ Falso

El smog suele ser más frecuente en verano.

[Sugerencia](#)

☐ Verdadero ☐ Falso

Se produce por la interacción de diversos contaminantes provenientes principalmente de los automóviles.

[Sugerencia](#)

☐ Verdadero ☐ Falso

Se trata de un fenómeno reciente.

[Sugerencia](#)

☐ Verdadero ☐ Falso

El smog tiene graves consecuencias para la salud de las personas.

[Sugerencia](#)

☐ Verdadero ☐ Falso

# Investigación

## Inicial



Ciencias de la Tierra y Medioambientales 2º Bachillerato

En la animación inferior se muestra cómo se origina la lluvia ácida. Como consecuencia, se puede producir la muerte de árboles y acabar con la fauna y flora de lagos. ¿Qué hecho concreto crees que causa estos efectos? ¿Consideras esta contaminación de tipo primario o secundario?.

Pulsa la tecla "Activar" para simular el proceso.

En condiciones normales, el agua de la lluvia presenta una cierta acidez, ya que al formarse y caer se mezcla con algunas sustancias que hacen que su pH sea inferior a 7, valor considerado como neutro.

Cuando la lluvia cae sobre lugares donde se producen grandes cantidades de contaminantes, como en ciudades industrializadas, y con tráfico denso donde se emiten gases como óxidos de nitrógeno y dióxido de azufre, éstos se combinan en la atmósfera con el vapor de agua, produciendo ácido sulfúrico y ácidos nítrico y clorhídrico, arrastra a estas partículas contaminantes cayendo sobre la superficie terrestre con una acidez que puede bajar a valores en torno a 3, bastante ácido.



[Imagen árboles](#) de Nipik bajo licencia CC en Wikipedia,

[imagen de monumento](#) de justified sinner y [de industria](#) de Bob August bajo licencia CC en Flickr

La lluvia ácida es un fenómeno especialmente grave en países como Alemania, y en general, en países del norte de Europa, ya que se trata de una contaminación regional, puesto que se deposita cerca del foco de emisión debido al clima lluvioso, que evita que se dispersen los contaminantes.

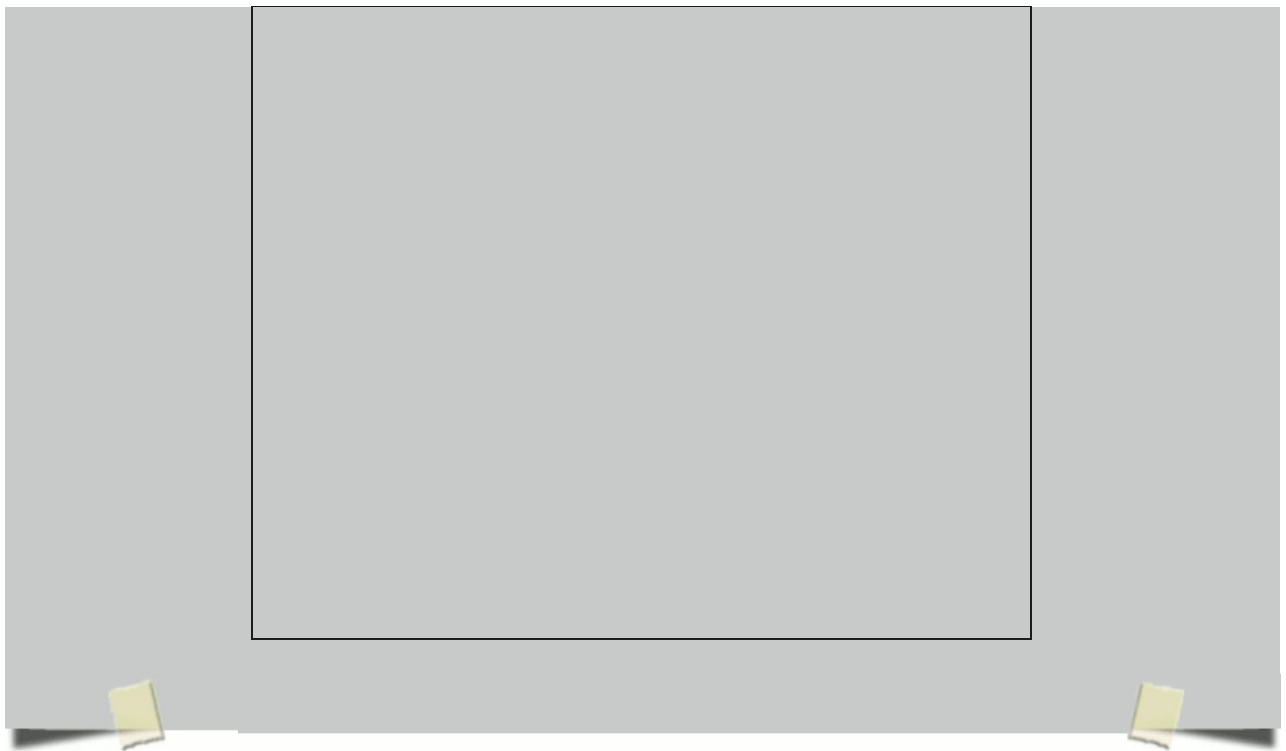
Afecta a la vegetación, no sólo en las hojas sino también acidificando el suelo, e impidiendo el crecimiento de ciertas especies.

Además es especialmente grave en los lagos, al acidificar su pH afecta a todos los seres vivos que los habitan, bastante sensibles a este tipo de cambios.

En las ciudades causa el llamado **"mal de la piedra"**, produciendo corrosión en monumentos históricos, pues el ácido reacciona con la caliza, convirtiéndola en yeso.

*Para saber más*

Observa el siguiente vídeo sobre este fenómeno:



### Comprueba lo aprendido

Lee el siguiente texto y trata de rellenar los espacios que faltan:

La lluvia ácida es un fenómeno de contaminación  debido a la combinación de ciertos contaminantes como óxidos de  y azufre, que dan lugar a ácidos, como el .

La deposición seca es la caída directa de algunos contaminantes que no se mezclan con la lluvia y afecta a todos los ecosistemas.

La lluvia ácida viene ocurriendo desde la  , aunque se ha incrementado en los últimos años.

Una de sus consecuencias, sobre las construcciones, es la  de la caliza, por el llamado mal de la piedra.

**Enviar**

### 4.3. A nivel global: efecto invernadero y cambio climático



Como ya sabes, a lo largo de la historia de nuestro planeta, se han sucedido toda clase de cambios, en la composición de la atmósfera, en la distribución de los continentes y océanos... Y también se han sucedido importantes cambios climáticos, alternándose periodos cálidos con intensas glaciaciones que cubrieron de hielo casi toda la superficie del planeta.

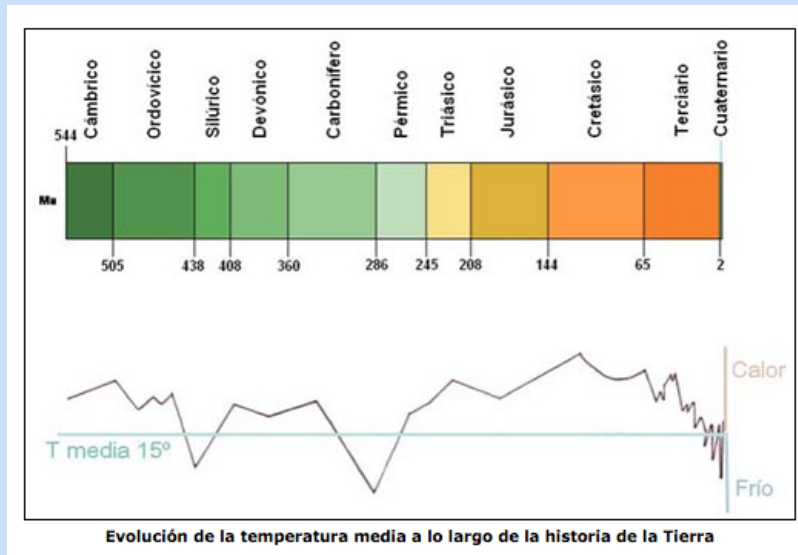
Estos cambios parecen estar afectados por diversas variables, como la intensidad de la radiación solar, pero también, el clima del planeta, como ya sabes, depende del efecto invernadero de nuestra atmósfera. Y el incremento de gases que absorben calor, está teniendo como consecuencia directa el aumento de la temperatura media, además de causar otra serie de consecuencias indirectas.

#### Importante

Esta gráfica muestra las variaciones de temperatura que ha experimentado nuestro planeta a lo largo de su historia, observa las fluctuaciones que se han dado alrededor de la temperatura media de 15 °C, como puedes ver, ha habido



tres grandes glaciaciones, pero también se ha alternado con periodos cálidos. Éste es uno de los argumentos de los escépticos ante el cambio climático, que afirman que en grandes periodos históricos el clima ha sufrido fluctuaciones periódicas.



UNESCO

Puedes obtener mucha más información sobre los cambios climáticos a lo largo de la historia de la Tierra consultando el siguiente enlace: [Historia de la Tierra. UNESCO](#).

Actualmente estamos sufriendo un aumento global de la temperatura del planeta, además los científicos advierten de una serie de efectos sobre el clima a medio plazo que se relacionan directamente con el aumento del efecto invernadero causado sobre todo, por el incremento de las concentraciones en la atmósfera de dióxido de carbono y algunos otros gases contaminantes.

Aunque algunos científicos son escépticos respecto al cambio climático, ya que afirman que el clima a largo plazo sufre fluctuaciones, la mayoría admite que las emisiones de contaminantes al aire en las últimas décadas ha incrementado el efecto invernadero causando estos desequilibrios en el clima.

Las consecuencias son muy graves, ya que afectarán a todo el planeta, siendo notables ya algunas de ellas:

- Deshielo de los glaciares
- Aumento global de las temperaturas
- Inundaciones y desertificaciones
- Extinción de numerosas especies
- Graves consecuencias en los cultivos y en los caladeros pesqueros

## Curiosidad

Este marcador mantiene los datos actualizados de las mediciones de dióxido de Carbono atmosférico, observa la comparación con el mismo mes en los últimos años, y la gráfica que muestra el aumento experimentado desde 1958.

El Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático establece en 350 ppm el valor al que deberíamos limitar las emisiones.

[CO2now.org](https://www.CO2now.org)

### *Para saber más*

No dejes de ver la infografía de EITB sobre cambio climático.

[Infografía cambio climático](#)

### *Comprueba lo aprendido*

Decide si los siguientes enunciados son verdaderos o falsos:

Nuestro planeta se está enfrentando al mayor cambio climático de su historia.

[Sugerencia](#)

☐ Verdadero ☐ Falso

El aumento de las temperaturas provocará la extinción de numerosas especies.

[Sugerencia](#)

☐ Verdadero ☐ Falso

La cantidad de CO<sub>2</sub> en la atmósfera se mide en partes por millón.

[Sugerencia](#)

☐ Verdadero ☐ Falso

Los científicos afirman que un nivel seguro estaría en 300 ppm.

[Sugerencia](#)

☐ Verdadero ☐ Falso

## 4.4. A nivel global: destrucción de la capa de ozono



Al estudiar la atmósfera, hemos visto que una de sus capas más externas es la ozonósfera. Esta capa está formada en su mayoría por Ozono, una molécula resultante de la combinación de moléculas de oxígeno molecular gaseoso al incidir sobre ellas la radiación solar en determinadas circunstancias de presión y temperatura.

Esta capa absorbe la mayor parte de las radiaciones de alta energía que llegan a la Tierra, actuando como un escudo protector.

Sin embargo, este escudo es muy frágil, ya que al ser el oxígeno una molécula muy reactiva, la formación y destrucción del ozono por procesos naturales se produce en un equilibrio dinámico de modo que su concentración se mantenga constante.

De forma estacional, en primavera en las regiones polares se producen importantes reducciones en esta capa, aunque luego regenera en parte durante el verano.

Esta reducción se debe al incremento en la atmósfera de cloro y bromo, presentes en un grupo de compuestos, los clorofluorocarbonados (CFC), utilizados como refrigerantes. La interacción de estas sustancias destruye las moléculas de ozono, permitiendo el paso de radiaciones UV de alta energía, y muy peligrosas para los seres vivos, ya que inducen mutaciones, pudiendo causar cáncer de piel.

Desde 1976 se han aportado evidencias de la disminución de la capa de Ozono. En 1987 se firmó el Protocolo de Montreal, en el que 43 países se comprometieron a limitar y reducir sus emisiones de CFC, aunque el efecto de esta reducción sobre el Ozono no es todavía significativo.

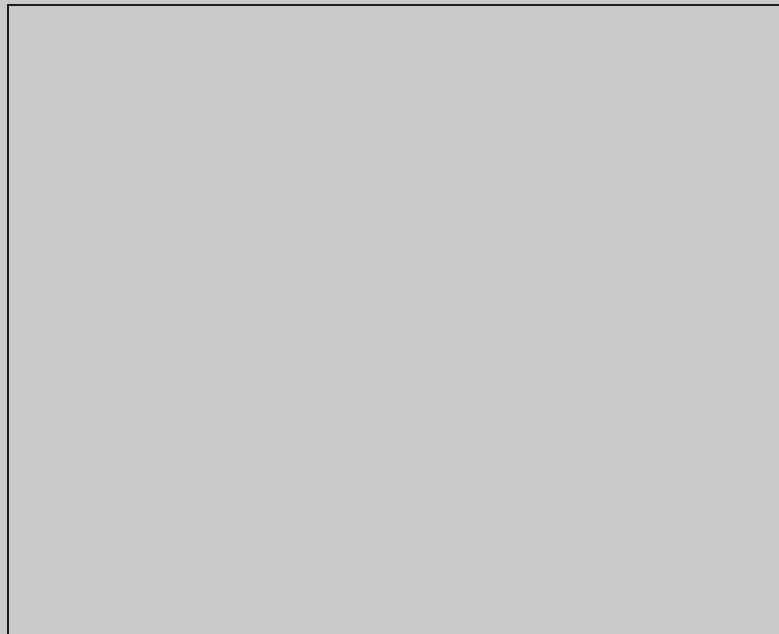
## Curiosidad

Uno de los más graves efectos de la disminución de la capa de Ozono ocurre en los océanos, las radiaciones están afectando al plancton, que es la base de la cadena alimentaria en el mar, las consecuencias pueden ser catastróficas.

[Los océanos se quedan sin plancton.](#)

## Para saber más

Puedes ver este vídeo que muestra imágenes de la NASA con la evolución sufrida por el agujero de la capa de ozono desde 1979 hasta 2008:



## Comprueba lo aprendido

Determina si las siguientes afirmaciones son ciertas o no.

La capa de ozono actúa como un escudo protector frente a todas las radiaciones solares.

[Sugerencia](#)

☐ Verdadero ☐ Falso

El ozono se está destruyendo debido al aumento de las temperaturas.

[Sugerencia](#)

☐ Verdadero ☐ Falso

El agujero de la capa de ozono está creciendo más cada año.

[Sugerencia](#)

☐ Verdadero ☐ Falso

La principal consecuencia del agujero en la capa de ozono es el daño de las radiciones en los humanos.

[Sugerencia](#)

☐ Verdadero ☐ Falso

## 5. Lucha contra los contaminantes



**Acciones preventivas.** Encaminadas a evitar la aparición del problema, como son:

- \* La planificación de usos del suelo, que mediante los planes de ordenación del territorio contemplen los lugares idóneos para establecer industrias.
- \* Las evaluaciones de impacto ambiental, que son estudios previos de las alteraciones que sobre el medio ambiente en general y sobre la atmósfera provocan determinadas acciones.
- \* El empleo de tecnologías de baja o nula emisión de residuos.
- \* Programas de I+D relativos a la búsqueda y aplicación de fuentes de energía alternativas menos contaminantes.
- \* Mejora de la calidad y el tipo de combustibles o carburantes, que no generen contaminantes (el empleo de gasolinas sin plomo) o que emitan menos (como el gas natural con contenido en azufre).
- \* Medidas sociales de educación ambiental, para lograr del ciudadano un uso racional y eficiente de la energía (ahorro, empleo de transporte público...).
- \* Medidas legislativas con el establecimiento de normativas sobre calidad de aire por parte de las administraciones locales, regionales, nacionales e internacionales. La UE ha fijado una Directiva Marco de calidad del aire que establece las bases para lograr mejoras en la calidad del aire y en ella han de basarse las normativas de control de calidad de los países miembros.

**Acciones correctoras.**

Como la depuración del aire contaminado y las estrategias de dispersión. Se recurre a ellas para evitar la descarga masiva de contaminantes a la atmósfera. Entre ellas podemos mencionar:

- \* La concentración y retención de partículas con equipos adecuados como los separadores de gravedad, basados en la acción de la gravedad; los filtros de tejido, en los que la corriente de aire con las partículas pasa a través de un tejido filtrante, etc.
- \* Los sistemas de depuración de gases que emplean mecanismos de absorción basados en la circulación de líquidos capaces de disolver el contaminante gaseoso, métodos de adsorción que emplean sólidos que retienen selectivamente los contaminantes, etc.
- \* La expulsión de los contaminantes por medio de chimeneas adecuadas, de forma que se diluyan lo suficiente, evitando concentraciones a nivel del suelo. En este caso se reduce la contaminación local, pero se pueden provocar problemas en lugares alejados de las fuentes de emisión.

### *Para saber más*

#### AHORRA ENERGÍA

A lo largo de estos temas estamos conociendo las características de las capas de nuestro planeta, y algunas de las agresiones que les ocasionamos, también estudiamos posibles medidas para paliarlas, pero a estas alturas, te habrás dado cuenta de que lo primero que tenemos que hacer es reducir nuestro consumo. Esta página de consumo responsable te muestra como ahorrar energía en el hogar.

[Consejos para el ahorro de energía](#)

## Comprueba lo aprendido

Indica si los siguientes enunciados son verdaderos o falsos:

a) Para luchar contra los contaminantes atmosféricos tenemos dos tipos de medidas, las preventivas y las correctoras.

[Sugerencia](#)

☐ Verdadero ☐ Falso

b) Las acciones preventivas se encaminan a evitar que la emisión incontrolada de gases contaminantes.

[Sugerencia](#)

☐ Verdadero ☐ Falso

c) Una de las acciones preventivas consiste en depurar los gases emitidos por las industrias.

[Sugerencia](#)

☐ Verdadero ☐ Falso

d) Para concienciar a los ciudadanos sobre la prevención de la emisión de gases atmosféricos se realizan medidas sociales de educación ambiental.

[Sugerencia](#)

☐ Verdadero ☐ Falso

e) Para corregir las emisiones de contaminantes se retienen y se concentran las partículas con equipos adecuados como los separadores por gravedad.

[Sugerencia](#)

☐ Verdadero ☐ Falso

f) Las chimeneas de las industrias tienen que tener una altura elevada para evitar que los gases se concentren a nivel del suelo y se diluyan con facilidad.

[Sugerencia](#)

☐ Verdadero ☐ Falso