

CUADERNOS DE MEDIO AMBIENTE

# el aire

EN CASTILLA Y LEÓN



**Junta de  
Castilla y León**

**EDITA**

Junta de Castilla y León  
Consejería de Medio Ambiente

**REALIZACIÓN**

Ambigés S.L.

**ILUSTRACIONES**

Ramón Luque Cortina

**TEXTO**

Mari Ángeles Rodríguez Braña

**DISEÑO**

Gráfico Gabinete de Comunicación S.L.

**IMPRIME**

Gráficas Varona

Depósito Legal: P-211/1996

Segunda edición: 2003

**E**l ser humano es supersticioso, en especial cuando se trata de las fuerzas de la naturaleza. Es lógico que muchos de sus dioses representasen el tiempo. Así Júpiter era el dios romano del rayo, del cielo y del tiempo; Ruano era el dios griego del cielo y padre de los gigantes Titanes que transportaban al mundo. Aún hoy, muchos de nosotros, a pesar del avance de la ciencia, nos sobresaltamos ante una fuerte tormenta e invocamos arcaicos conjuros tratando de protegernos de tal demostración de fuerza.

Pero no fue sólo el temor lo que hizo al hombre observar los elementos naturales, su supervivencia y forma de vida dependían de ellos. Si la lluvia no llegaba, la sequía destruía las plantas y la caza emigraba a pastos más frescos, obligando al hombre a convertirse en nómada.

Lo primero que aprendió sobre el tiempo fue la existencia de ciclos anuales, posteriormente observó que el aire podía estar contaminado como en la antigua Roma. No será hasta el Renacimiento cuando empezó a conocer la composición o características químicas de la atmósfera.

Simultáneamente con el incipiente conocimiento de la atmósfera, el hombre trata de conquistarla. Intenta hacer realidad el sueño de volar, hasta llegar a superar los propios límites de la atmósfera terrestre en nuestro siglo.

La evolución del conocimiento del aire en sus múltiples aspectos continua hoy día. Este cuaderno tratará de introducirte en él.

# ¿Qué es el aire?

La atmósfera de un planeta es la envoltura de gases y partículas que rodea a éste, manteniéndose unida a la superficie del mismo por la fuerza de la gravedad.

Entre las atmósferas de los distintos planetas existen grandes diferencias, tanto en la composición química como en la estructura física.

Hasta ahora Marte parecía que era un planeta demasiado frío para albergar la vida, Venus demasiado cálido y la Tierra no sólo es un lugar habitable sino casi ideal. Aunque no siempre fue así.

Los tres planetas pudieron en su historia inicial ser semejantes en muchos aspectos, poseían parecidos minerales en su superficie, en su atmósfera gases simila-

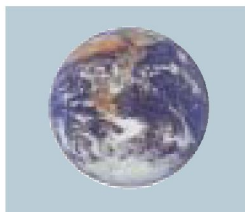
res y gozaban de un clima que les permitía conservar el agua líquida en su superficie, vital para el desarrollo de la vida. Pero la distancia de cada uno de ellos al Sol y sus diferentes capacidades para crear el ciclo del dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) entre la corteza y la atmósfera, parecen ser los responsables de la existencia de vida.

Nuestra primitiva atmósfera se cree que estaba formada por hidrógeno y helio procedentes de la nebulosa solar, aunque un fuerte viento solar arrastró los gases de esta atmósfera, quedando el planeta expuesto a múltiples impactos de meteoros y cometas. Uno de los resultados de estos impactos fue la formación de una nueva atmósfera compuesta de nitrógeno, dióxido de carbono, vapor de agua, amoníaco y metano.

## Características atmosféricas de planetas del Sistema Solar



Venus



Tierra



Marte

**Temperatura de superficie (°C)**

477°C

7°C

-33°C

**Presión en superficie (atmósferas)**

90

1

0,007

**Constitución de la atmósfera**

90%  $\text{CO}_2$

78%  $\text{N}_2$   
21%  $\text{O}_2$

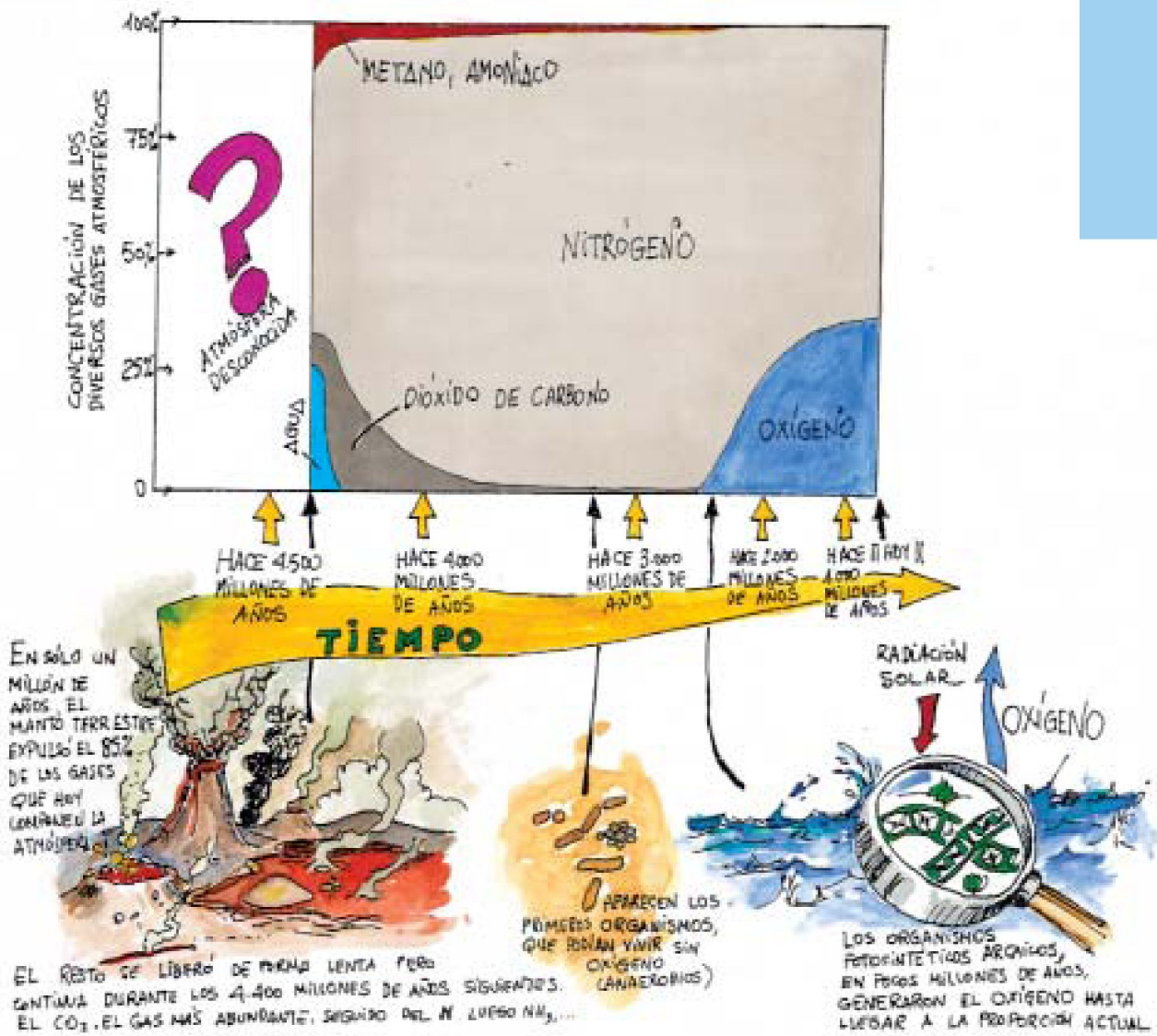
80%  $\text{CO}_2$

**Presencia de nubes**

Completamente cubierto. Nubes profundas.

50% cubierto de nubes de vapor de agua.

Nubes muy delgadas de vapor de agua.



En los primeros períodos de la Tierra ya existían abundantes moléculas orgánicas, y después de incontables intercambios se fusionaron una serie de ellas para formar una célula que contenía todos los ingredientes necesarios para la vida, esta forma de vida unicelular que no necesitaba oxígeno para vivir se reprodujo generando una gran población, de la que sólo sobrevivieron los individuos que fueron capaces de obtener energía de la luz solar a través de la **fotosíntesis**. Este proceso introdujo un nuevo elemento en la atmósfera: el **oxígeno**. Rápidamente

algunas células se adaptaron a él utilizándolo en el proceso de la respiración. Cuando el oxígeno alcanzó una cierta cantidad, se formó una fina capa de **ozono (O<sub>3</sub>)** en las capas altas de la atmósfera, esta capa proporcionó la protección contra los rayos solares, que los seres vivos necesitaban para colonizar la superficie terrestre. Estas células a su vez provocaron un aumento de oxígeno, y una variación sustancial del contenido de CO<sub>2</sub>, como muestran los análisis de fósiles y la evolución de las distintas especies sobre nuestro planeta.

## Composición del aire

Para entender el comportamiento de la atmósfera es preciso conocer su composición. Para lo cual se define el aire seco y húmedo. El primero es una mezcla de gases cuyas proporciones relativas se mantienen constantes hasta una altura aproximada de 25 Km.

Un componente atmosférico muy especial por su importancia para la vida es el agua, que coexiste en sus tres estados: sólido (hielo en la cima de ciertas nubes), líquido (gotas de lluvia) y vapor de agua. El vapor de agua, de concentración muy variable, mezclado con aire seco constituye el aire húmedo.

Suspendidas en el aire también se encuentran partículas sólidas o líquidas, de distinto origen y naturaleza química que no son perceptibles visualmente (aerosol atmosférico). Juegan un papel muy importante en la formación de nubes (llamándose entonces núcleos de condensación); absorben y dispersan la radiación solar, por lo que deben ser consideradas en los estudios de cambio de clima.

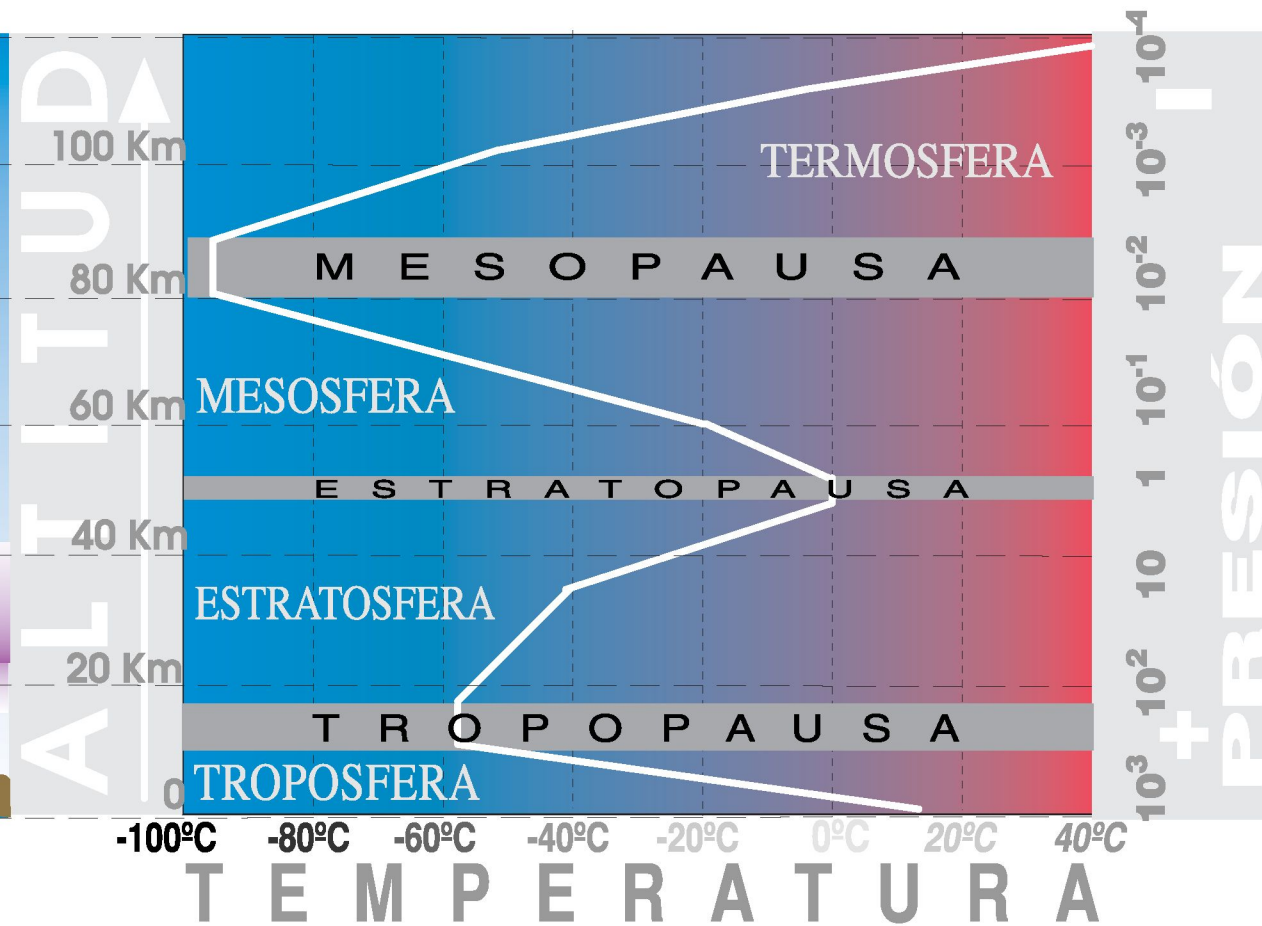


Distribución vertical de temperaturas en la atmósfera.

## Composición del aire limpio y seco

Constituyente	Fórmula	%
Nitrógeno	N <sub>2</sub>	78,084
Oxígeno	O <sub>2</sub>	20,94
Argón	Ar	0,934
Neón	Ne	18,18 x 10 <sup>-4</sup>
Helio	He	5,24 x 10 <sup>-4</sup>
Kriptón	Kr	1,14 x 10 <sup>-4</sup>
Xenón	Xe	0,0087 x 10 <sup>-4</sup>
Hidrógeno	H <sub>2</sub>	0,5 x 10 <sup>-4</sup>
Metano	CH <sub>4</sub>	2 x 10 <sup>-4</sup>

1%



## Estructura de la atmósfera

La importancia de la temperatura en la dinámica de la atmósfera permite estructurar esta en distintas capas. La más próxima a la superficie terrestre, la **troposfera**, posee las tres cuartas partes de la atmósfera y en ella se desarrollan todos los fenómenos biológicos (dispersión de semillas, vuelo de aves, etc) y la mayor parte de los meteorológicos.

La atmósfera presenta un elevado dinamismo debido a los cambios de presión y temperatura que se producen en sus capas. Una de las manifestaciones de este dinamismo son los fenómenos meteorológicos, la lluvia, el viento,...



J.C. Villegas Fernández.

Tornado.

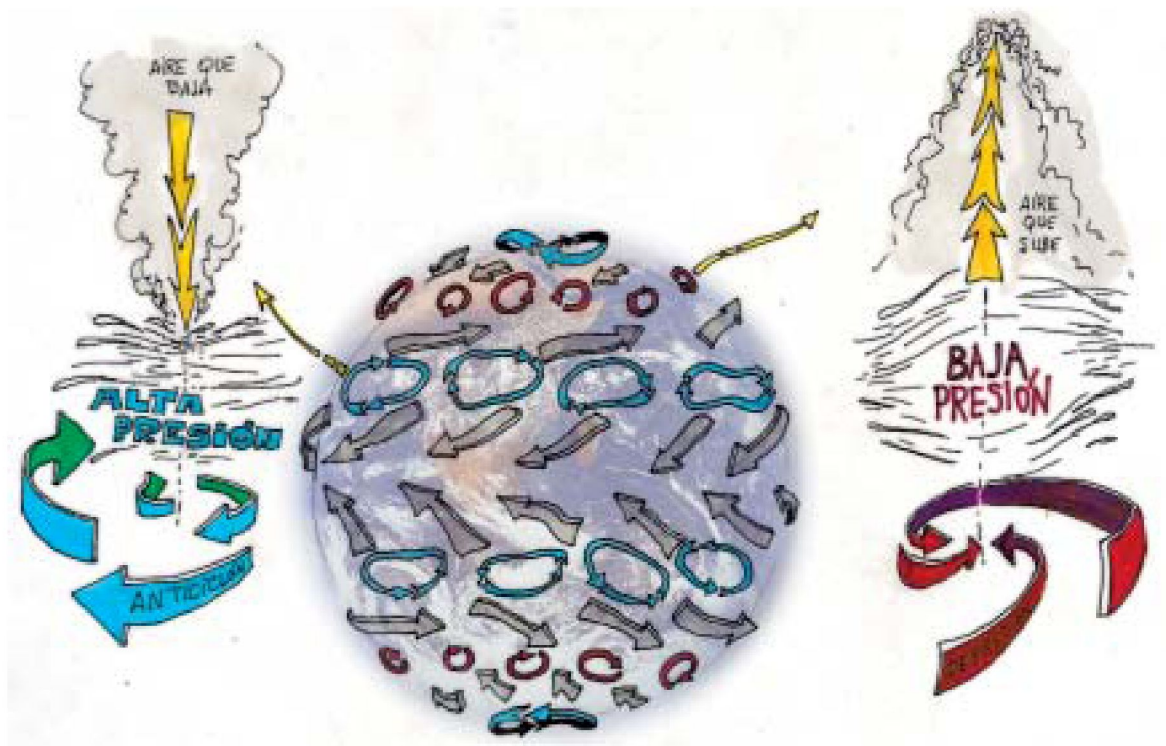
## El dinamismo del aire

Analicemos algunos fenómenos meteorológicos que se producen en la troposfera, que es la capa de la atmósfera más cercana a nosotros.

El origen del **viento**, que es el aire en movimiento horizontal, está en el desigual calentamiento de la superficie terrestre. Esta desigualdad térmica se transmite al

aire que está en contacto con la Tierra, de manera que se crean columnas de aire de distintas temperaturas.

El aire frío, un aire relativamente pesado corresponde a altas presiones, mientras que el caliente, mucho más ligero corresponde a bajas presiones, de modo que esta variación de presión junto con la variación de temperatura, que hace que el aire caliente ascienda y el frío baje, son las responsables del viento, que sopla de las altas a las bajas presiones.



*Debido a la rotación terrestre, al rozamiento del aire con el suelo y a la curvatura de las isobaras, en el Hemisferio Norte el viento se aleja de los centros de altas presiones, llamados anticiclones, girando en espiral en sentido horario y se acerca a las bajas presiones, llamadas depresiones o borrascas girando en espiral, pero ahora en sentido antihorario. En el hemisferio Sur los sentidos de giro son al revés.*

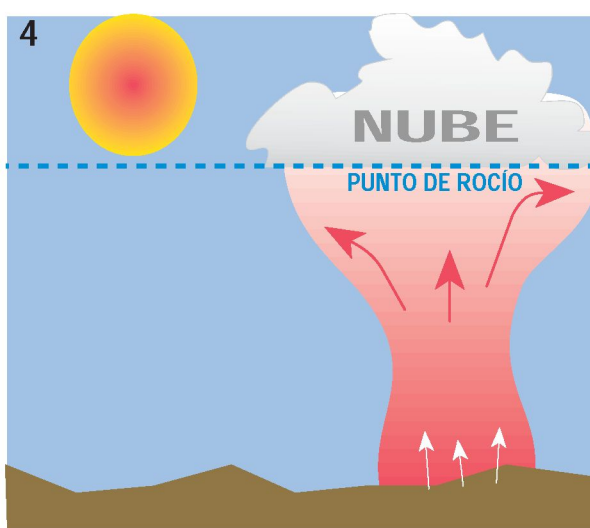
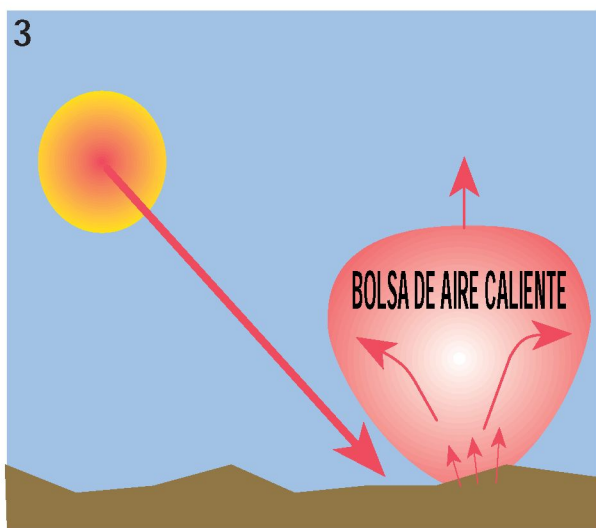
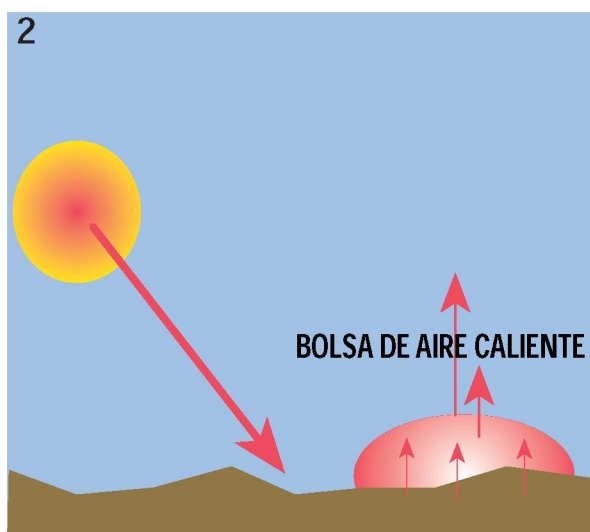


Las líneas que se observan en los mapas meteorológicos se denominan isobaras, líneas que unen los puntos de igual presión, son los caminos por los que fluye el viento. Cuanto más juntas están más fuerte soplará el viento.

Las borrascas provocan tiempos inestables y suelen ir acompañadas de nubes y lluvias. Las nubes están formadas por cientos de miles de gotas de aguas y partículas de hielo. Se forman al ascender masas de aire caliente, hasta una determinada altura, que provoca una condensación del vapor de agua sobre las partículas de humo, polvo o sales que flotan en la atmósfera.

El anticiclón por el contrario trae buen tiempo, aunque en invierno a pesar de que brille el sol, el frío puede ser intenso al no haber nubes que atrapen la radiación terrestre. Esta ausencia de nubes se debe a que el aire a medida que baja se va calentando por la radiación solar y las posibles gotas que transporta se evaporan.

No debe olvidarse que a pequeña escala, la topografía, el relieve, la vegetación, o la presencia de una pequeña sierra, intervienen en el comportamiento de la atmósfera y dan lugar a diversos microclimas. Por ello, en lugares de montañas para conocer el tiempo es conveniente preguntar a los habitantes de la zona.



Formación de una nube.

# El aire en la naturaleza

Los movimientos atmosféricos se producen por la energía, en forma de calor procedente del sol, que actúa sobre el aire atmosférico. Se estima que en ausencia repentina de radiación solar, los movimientos atmosféricos desaparecerían en un plazo de seis días. Por lo tanto, la atmósfera por su composición ha mantenido a los seres vivos, pero también absorbe una cierta cantidad de energía que se manifiesta en el movimiento del aire por los cambios de presión y temperatura, y que ha influido en el modelado de la tierra.

## El viento, un agente modelador

La acción del viento ha modelado paisajes como desiertos, costas y algunas esculturas caprichosas realizadas en las rocas más blandas. El viento actúa sobre aquellos materiales y partículas más finos de arena o arcilla que puede transportar en suspensión a cientos de kilómetros. Las tormentas de polvo Sahariano que a veces llegan a las ciudades y pueblos del sur peninsular en forma de polvo rojo y que se deposita sobre las calles en épocas estivales, son un buen ejemplo.

Los paisajes que son característicos de la acción transportadora del viento son aquellos en los que la intensidad y frecuencia del viento son elevadas, hay materiales sueltos de pequeño tamaño, y la vegetación es escasa. Estas características se dan en las zonas de desiertos y de costa.



*Acción del viento en la costa.*



*Duna en La Parrilla (Valladolid).*

En Castilla y León, aunque no tenemos zonas costeras, se pueden observar antiguas dunas en algunas zonas de los páramos de Valladolid, hoy día cubiertas por vegetación, pero que en su día sufrieron la acción eólica.

El viento también realiza una acción erosiva sobre las rocas al barrer los fragmentos finos y dejar desnudos los más pesados (deflación). Posteriormente las partículas finas que el viento transporta se proyectarán contra otros materiales que se erosionan al impactar sobre ellos (abrasión). Estos dos fenómenos han dado lugar a paisajes característicos de la erosión eólica en páramos y zonas montañosas.

Como ejemplos de este tipo de modelado se encuentran esculturas caprichosas sobre rocas de dureza desigual, que han dado lugar a formas singulares que han desarrollado la imaginación de los hombres como el paisaje de Las Tuerces en Palencia, u otros puntos singulares como la Ciudad Encantada en Cuenca.

## El aire, un medio de intercambio

El aire se manifiesta en la naturaleza como un medio de transmisión, de transporte y un medio

para vivir. El aire ha sido el último medio colonizado por los seres vivos a lo largo de la evolución, posiblemente por ser el más adverso de los tres. Esto ha llevado a extraordinarias adaptaciones y especializaciones de animales y plantas para desarrollar sus funciones en él.

Por el aire también se transmiten partículas (polvo), radiaciones (solares) y ondas mecánicas (sonido) que no observamos a simple vista.



*Erosión eólica en Las Tuerces (Palencia).*

## El aire, un medio de recepción

La atmósfera es un medio que recibe exportaciones de la tierra, en forma de partículas sólidas de diferente tamaño, así como del medio líquido por evaporación. Su composición puede estar sometida a variaciones en función de los cambios que se produzcan en el medio natural. Como ejemplos se pueden citar los incendios que se originaban de forma natural y aportaban una elevada tasa de contaminantes (CO<sub>2</sub>) y partículas sólidas.

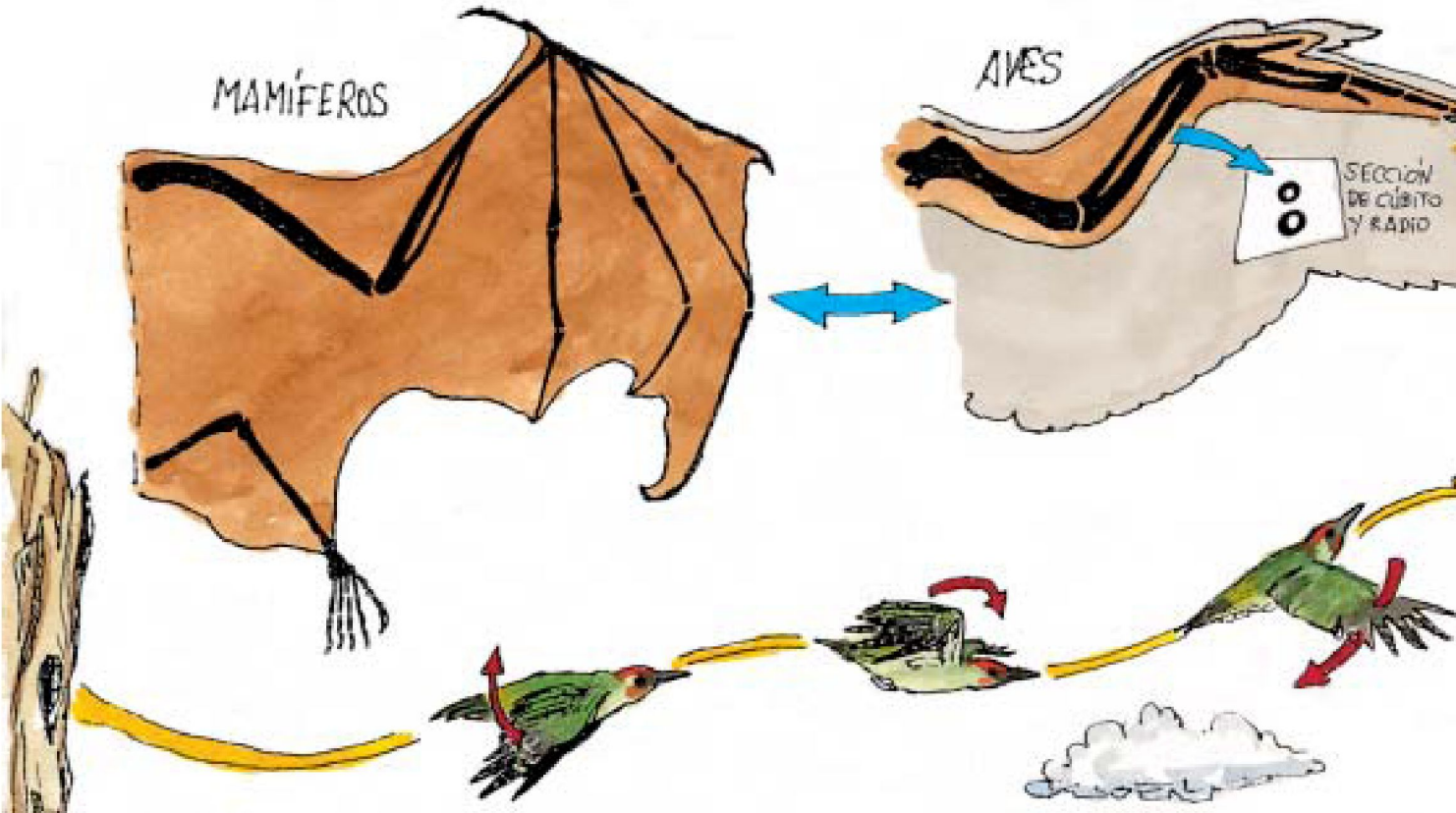
El aire es un medio que está en equilibrio con la tierra y el agua, produciendo continuos intercambios de sus elementos.



MAMÍFEROS

AVES

SECCIÓN DE CÚBITO Y RADIO



SONIDOS

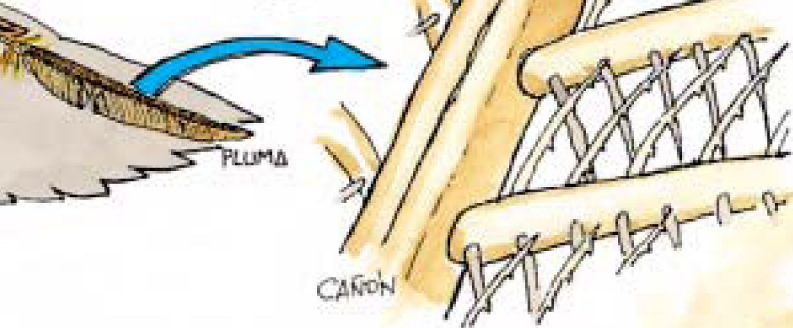


ARCE MENOR

FRUTO TIPO SAMARA

EL AIRE E Y ESPORAS. FRUTO

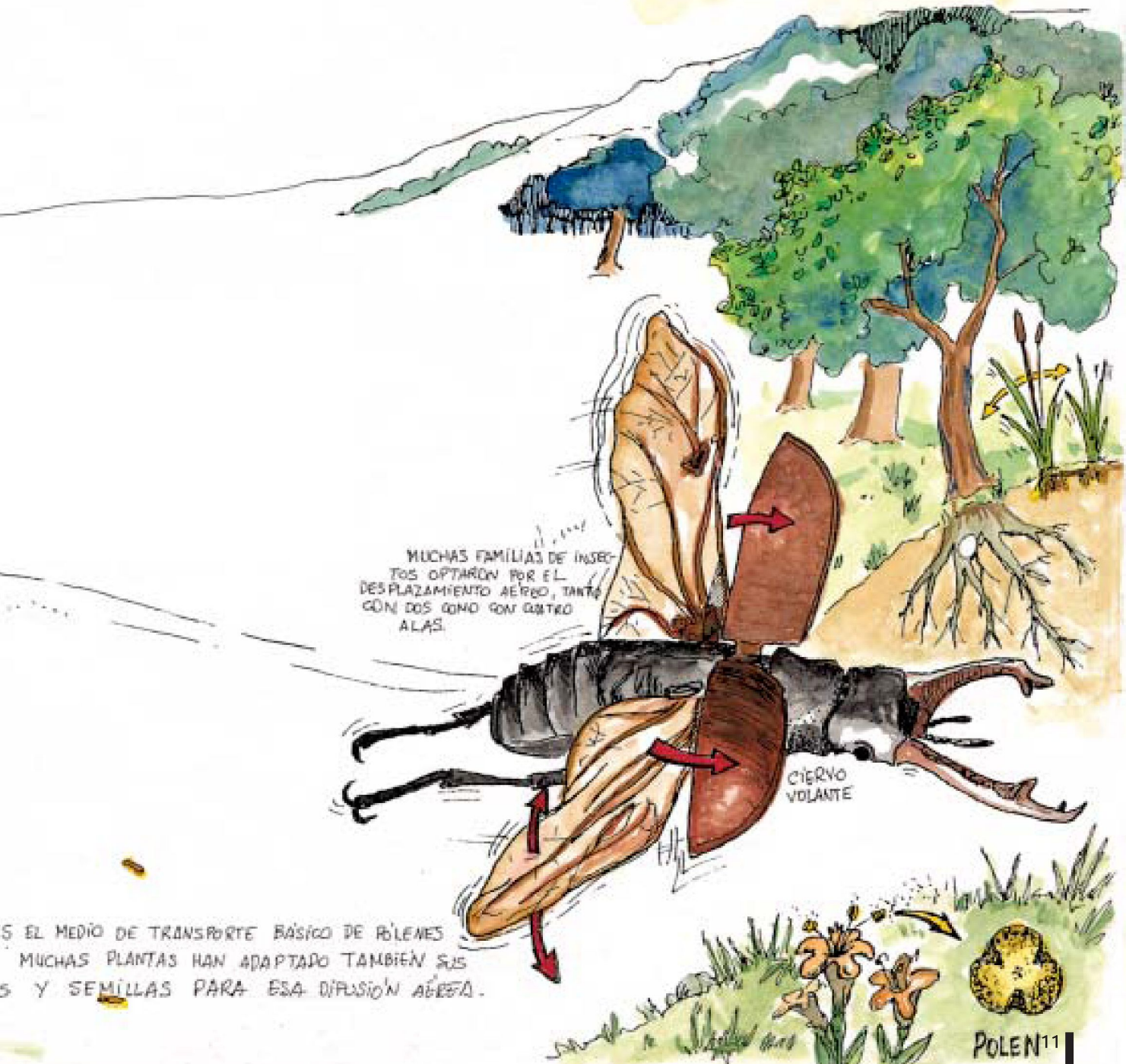
ESTRUCTURA DE UNA PLUMA



DE TODOS LOS VERTEBRADOS HAN SIDO LAS AVES LAS QUE MEJOR SE HAN ADAPTADO AL VUELO, CON ESTRUCTURAS MUY LIGERAS DE SUSTENTACIÓN (PLUMAS, HUESOS HUECOS) Y FORMAS AERODINÁMICAS.



LOS VEGETALES HAN CONSEGUIDO MANTENERSE ERIGIDOS POR MEDIO DE TALLOS FLEXIBLES COMO LAS ENEAS, GRAMÍNEAS, ETC., DE PORTE BAJO. OTROS, COMO LOS ARBOLES Y ARBUSTOS, HAN COLONIZADO ESTRATOS MÁS ALTOS MEDIANTE TRONCOS Y RAMAS DURAS Y RÍGIDAS.



MUCHAS FAMILIAS DE INSECTOS OPTARON POR EL DESPLAZAMIENTO AEREO, TANTO CON DOS COMO CON CUATRO ALAS.

EL MEDIO DE TRANSPORTE BÁSICO DE PLENES MUCHAS PLANTAS HAN ADAPTADO TAMBIÉN SUS Y SEMILLAS PARA ESA DIFUSIÓN AEREA.



POLEN<sup>11</sup>

# El hombre y el aire

El hombre siempre ha tratado de imitar a otras especies de seres vivos para conquistar el medio aéreo. Ya en los relatos mitológicos reconocemos personajes como Ícaro, que intentaba volar, imitando las formas de las aves.

El viento ha sido considerado como una fuente de energía, que se manifestaba en ciertas ocasiones con desmesurada virulencia. Por esta razón se le relaciona con poderes sobrenaturales que le atribuyen las primeras civilizaciones.

La fuerza del viento ha sido una manifestación constante en la historia del hombre, contra la que todavía lucha para evitar los efectos de tifones y huracanes, en las zonas tropicales o de fuertes tormentas en zonas más próximas.

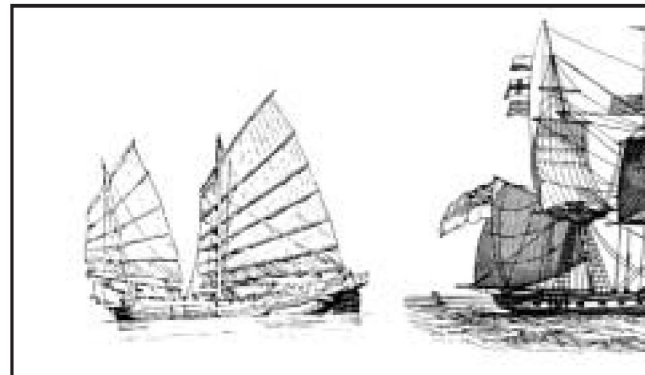
Como recurso energético también se ha empleado históricamente en otras máquinas, como son los molinos de viento de muy diversos tipos y formas, de los cuales podemos encontrar algunas construcciones ya en deshuso en Tierra de Campos, que funcionaron hasta la implantación de la energía eléctrica.



*Formación de nubes en una tormenta.*



Pero también la ha empleado de forma más beneficiosa. Los egipcios y los fenicios comenzaron a utilizar la energía del viento en la navegación. A lo largo de los siglos fueron mejorando las construcciones navales para aprovechar esta fuente de energía, que fue sustituida en el siglo XIX con máquinas de vapor.

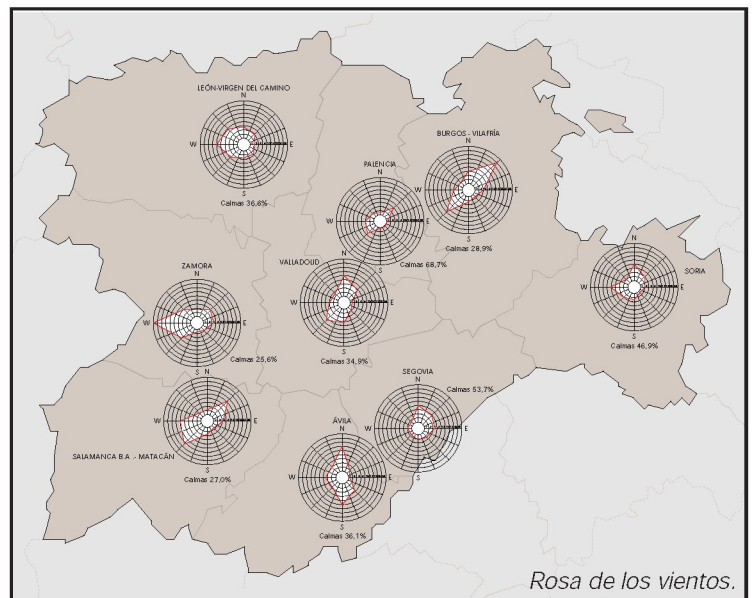


El desarrollo de fuentes de energía más eficaces durante el siglo XIX y el XX, como la hidroeléctrica, el carbón o los hidrocarburos, obligan al abandono de la energía eólica. En estos últimos 20 años, cuando el planeta sufre las consecuencias ambientales de un abuso de las energías no renovables, de nuevo se ha

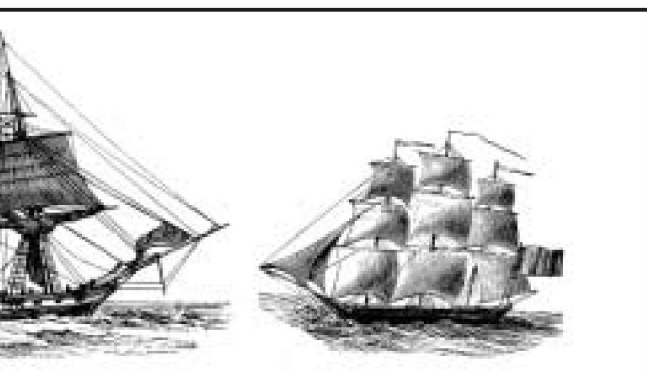
comenzado a utilizar las energías renovables: solar, eólica, hidráulica, geotérmica y biomasa.

La tecnología que se ha desarrollado en los últimos años en la construcción de aerogeneradores ha permitido obtener elevados rendimientos energéticos, llegando a tener aerogeneradores de 2 MW de potencia. En Castilla y León, en el año 2002, la producción energética de los 34 parques eólicos instalados ha sido de 1.077.737 MWh (el 12,2% de la producida en España mediante aerogeneradores).

*Antiguo molino en Tierra de Campos. Cuando los molinos de viento dejaron de utilizarse debido al uso de otras fuentes de energía muchos de ellos fueron convertidos en palomares.*



*Rosa de los vientos.*



*Aerogenerador.*

*Aerogenerador  
en una instalación  
agrícola.*

No hay que olvidar las soluciones locales con pequeños aerogeneradores que sirven de fuente de energía para casas aisladas, granjas o naves, con efectos beneficiosos sobre la contaminación del aire.

El hombre no sólo ha utilizado el aire como una fuente de energía, sino que también ha intentado conquistarlo como un medio adverso.

Mucho después de superar la navegación por la tierra y el mar, intenta también desplazarse por el aire.

El primer recurso tecnológico para desplazarse en el aire es un planeador diseñado por Leonardo Da Vinci en el siglo XVI, pero no será hasta el siglo XVIII y XIX con los viajes en globo y en los primeros planeadores donde se den los primeros pasos para conquistar el aire.

Hoy día se ha llegado a desarrollar una tecnología tan sofisticada que permite abordar viajes espaciales hasta prácticamente los límites del Sistema Solar como el telescopio espacial Hubble. Estas metas se han llegado a conseguir, entre otros aspectos, al utilizar motores de propulsión más complejos, que han comenzado a producir efectos muy negativos para el aire, debido a la contaminación procedente de los combustibles empleados.





La revolución industrial marca un punto de inflexión en el uso del hombre de un recurso natural como es la atmósfera. El consumo energético provoca un aumento de la emisión de sustancias contaminantes, que se vierten a un medio en equilibrio como es el aire. La última década del siglo XX, ha puesto de manifiesto la sobreexplotación de este recurso, y hoy en día es un problema ambiental sobre el que se está trabajando desde los gobiernos e instituciones internacionales, y en el que los ciudadanos no somos ajenos para buscar soluciones.

En 1997 se aprobó el Protocolo de Kioto, ratificado por España en el 2002, su principal objetivo es la reducción global de las emisiones de gases de efecto invernadero. Para conseguirlo se necesita la ratificación de dicho Protocolo por los países que producen más emisiones, lo cual no ha ocurrido todavía ya que Estados Unidos, China y Rusia no lo han hecho. Para lograr los objetivos propuestos se propone el reforzar o establecer políticas nacionales de reducción de las emisiones y la cooperación con las demás Partes contratantes del Protocolo.



Parque eólico.

### Producción de energía primaria

Fuente	tep	%
Petróleo y Gas Natural	9.112	0,23
Carbón	2.420.544	59,30
Nuclear	1.041.009	25,50
Hidráulica	517.950	12,69
Eólica	92.685	2,28
<b>Total</b>	<b>4.081.301</b>	<b>100</b>

tep: tonelada equivalente de petróleo (107 kcal)  
Fuente: EREN. Junta de Castilla y León. Castilla y León 2002.

### Consumo de energía primaria

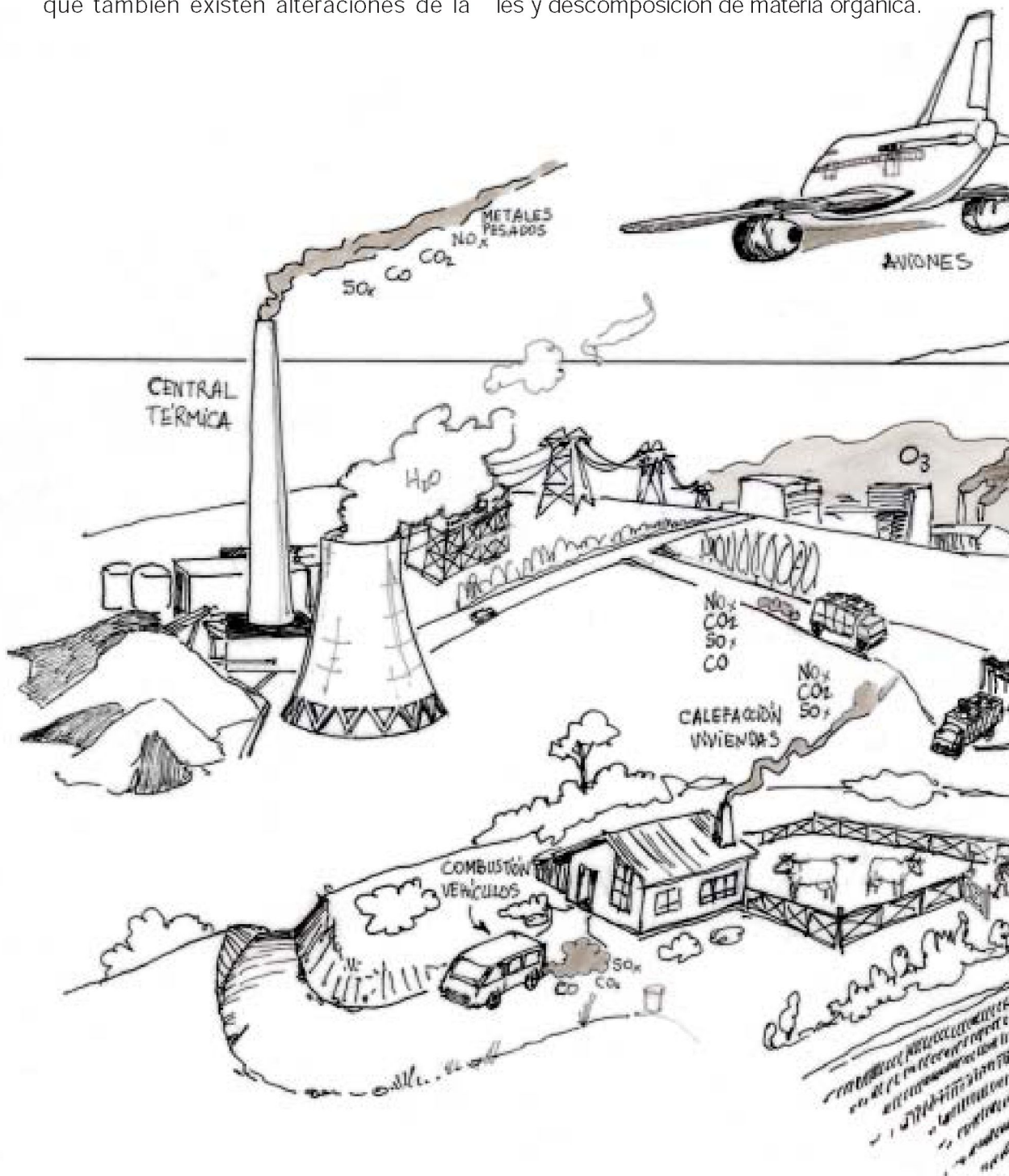
Fuente	%
Petróleo	52
Gas Natural	13
Carbón	15
Nuclear	13
Renovables	7

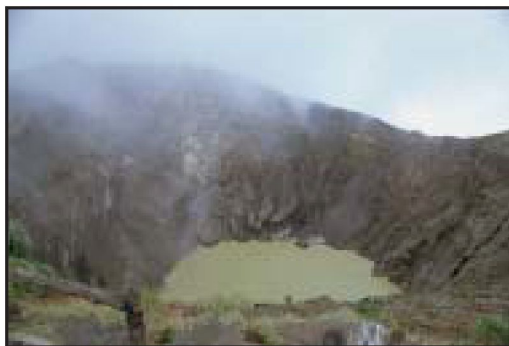
Fuente: IDAE. España 2001.

# Un aire contaminado, alterado

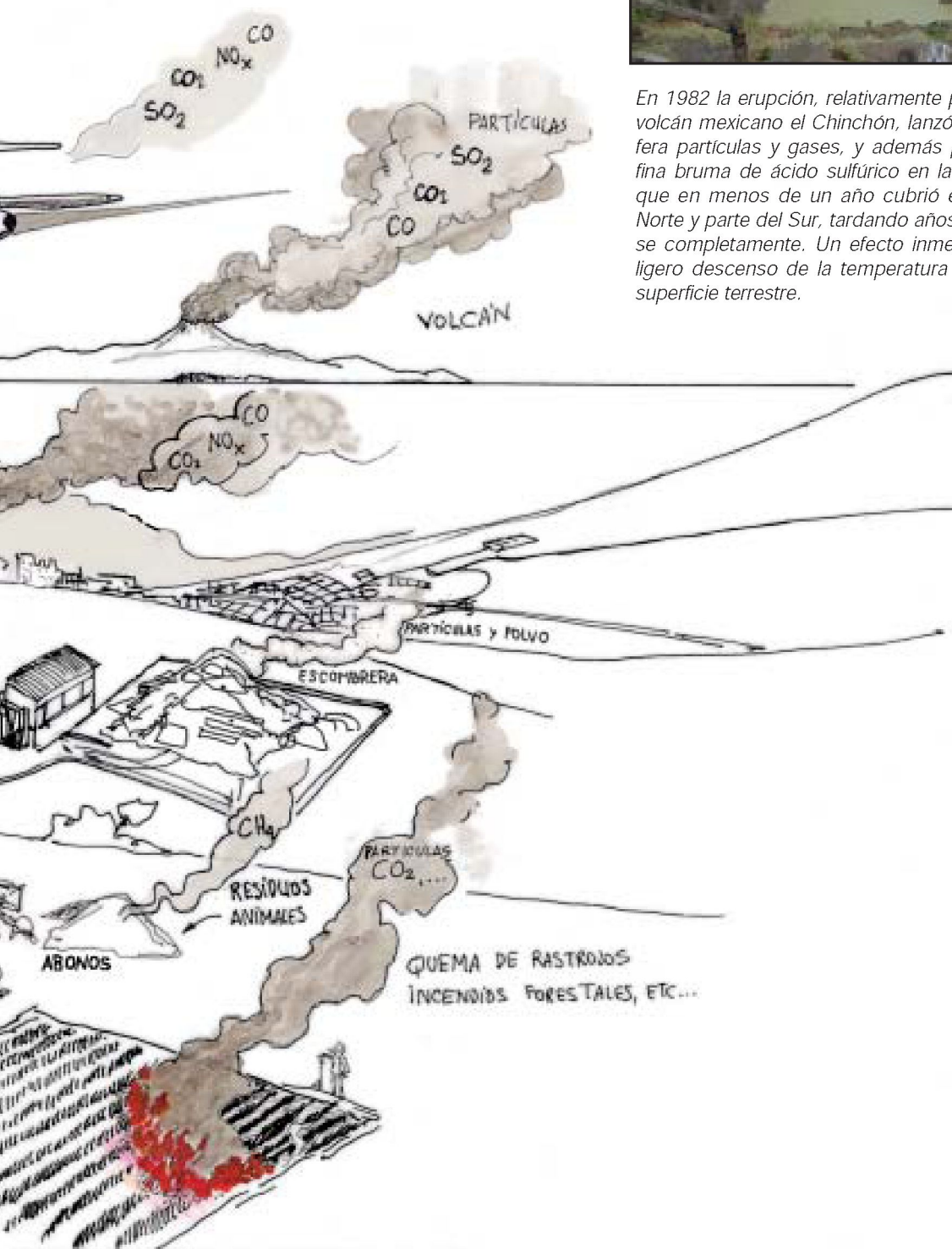
La calidad del aire puede verse afectada por la actividad humana que produce un problema ambiental denominado contaminación atmosférica. No se debe olvidar que también existen alteraciones de la

calidad del aire debido a fenómenos naturales. La mayor parte de la contaminación atmosférica natural se produce en erupciones volcánicas, incendios forestales y descomposición de materia orgánica.





En 1982 la erupción, relativamente pequeña, del volcán mexicano el Chinchón, lanzó a la troposfera partículas y gases, y además provocó una fina bruma de ácido sulfúrico en la estratosfera que en menos de un año cubrió el hemisferio Norte y parte del Sur, tardando años en eliminarse completamente. Un efecto inmediato fue un ligero descenso de la temperatura media en la superficie terrestre.



## Contaminación atmosférica

La historia de la contaminación antropogénica (originada por el hombre) es la historia de los combustibles, de la industrialización y del crecimiento urbano.

Al principio de la revolución industrial el carbón era prácticamente el único responsable de la contaminación atmosférica, pero la revolución tecnológica acarrea una gran demanda energética, y otros combustibles, como el petróleo, contribuyen a alterar la composición del aire. Por otra parte los nuevos hábitos, como el uso del automóvil, y el gran volumen de residuos generados, tanto industriales como urbanos, han añadido una nueva dimensión al problema.

### ¿Qué sustancias son contaminantes?

Los contaminantes atmosféricos, dependiendo de como se formen, se clasifican en primarios y secundarios. Los primeros son emitidos directamente a la atmósfera y por tanto son relativamente fáciles de controlar, ya que la rapidez de la sucesión causa-efecto permite un tratamiento eficaz.

Los secundarios son el resultado de las transformaciones físico-químicas que sufren los contaminantes primarios que se encuentran en la atmósfera (llamados ahora precursores), son contaminantes secundarios el ozono troposférico y el nitrato peroxiacetilo (denominado PAN). Su formación y efectos a largo plazo son todavía hoy motivo de investigación.

### ¿Dónde se producen? ¿Cuáles son sus fuentes?

Se suele utilizar como criterio de clasificación de la contaminación atmosférica los aplicados a las actividades del hombre, de modo que distinguiremos entre contaminación urbana, industrial y agrícola. Aunque habitualmente, debido al carácter global del medio ambiente, se da una combinación de las anteriores.



La **contaminación urbana** está producida fundamentalmente por el tráfico y las calefacciones. El **smog** es una mezcla de niebla con partículas de humo, formada cuando el grado de humedad en la atmósfera es alto y el aire está tan quieto que el humo se acumula cerca de su fuente. Cabe distinguir entre el *smog ácido* producido por la combustión de carbones y combustibles, y el *smog fotoquímico* producido por la acción de los rayos solares sobre los contaminantes de los combustibles produciendo a su vez contaminantes de tipo oxidante.

Las calefacciones domésticas llegan a ser reponsables del 30% de la contaminación urbana. Los contaminantes que producen dependen del combustible. Las de carbón, hoy día cada vez más en desuso, producen en su combustión principalmente anhídrido sulfuroso, óxidos de nitrógeno y partículas. Las que utilizan combustibles líquidos (fuelóleos o gasóleos) emiten principalmente óxidos de azufre, óxidos de nitrógeno, hidrocar-

#### Principales contaminantes atmosféricos

##### Primarios

Óxidos de azufre (SO<sub>x</sub>)  
Óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>)  
Aerosoles  
Monóxido de carbono (CO)  
Metales pesados  
Hidrocarburos (CH<sub>x</sub>)  
Sustancias radioactivas

##### Secundarios

Ozono troposférico (O<sub>3</sub>)  
Ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)  
Ácido nítrico (HNO<sub>3</sub>)  
PAN (nitrato de peroxiacetilo)

buros (CH<sub>x</sub>) y partículas. El gas natural que se está introduciendo en nuestras ciudades es el combustible más limpio de los que se disponen actualmente.

Los vehículos son los principales responsables del resto de la contaminación urbana (70%), emiten monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), hidrocarburos (CH<sub>x</sub>), partículas y algunos metales como el plomo (altamente tóxico), aunque afortunadamente éste casi haya desapareciendo de nuestras gasolineras.

En las grandes ciudades occidentales la contaminación por SO<sub>2</sub>, procedente del uso de combustibles fósiles, y por partículas tiende a decrecer, pero en cambio están en aumento los contaminantes secundarios debido fundamentalmente a la sustitución del carbón y petróleo por otros combustibles más limpios, aunque emitan más óxidos de nitrógeno e hidrocarburos.

La **contaminación de origen industrial** se caracteriza por la gran variedad y volumen de contaminantes emitidos. Estos dependen del tipo de industria, del combustible que utilicen, de la antigüedad de las instalaciones y del tipo de proceso de producción empleado.

Las centrales térmicas emiten grandes cantidades de dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), óxidos de nitrógeno, partículas y metales pesados. Por estos motivos, son las instalaciones que están obligadas a mantener un número máximo de controles para comprobar el correcto funcionamiento de sus instalaciones de depuración de gases. En Castilla y León hay 4 centrales térmicas, en España unas 50, y algunas contribuyen de manera importante a la contaminación transfronteriza: los vientos pueden trasladar los contaminantes a regiones y países vecinos.

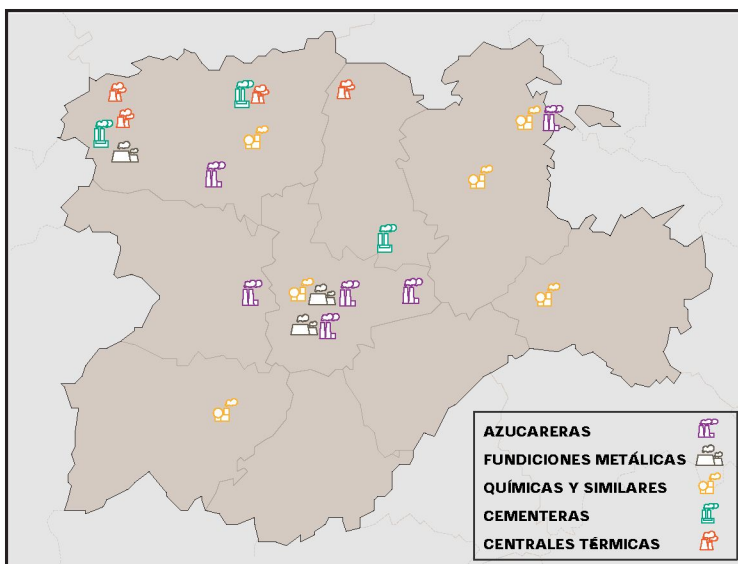
La industria química produce, dependiendo del tipo de proceso empleado, SO<sub>2</sub>, nieblas de ácidos sulfúrico, nítrico y

fosfórico y da lugar a la producción de olores desagradables. Las cementeras, fundamentalmente por la emisión de partículas sólidas y SO<sub>2</sub>, son otro sector industrial que en Castilla y León contribuye a los procesos de contaminación atmosférica, sin olvidar las azucareras, las fábricas de cerámica o las del sector del metal. Actualmente muchas de estas industrias han incorporado tecnología que reduce sus habituales emisiones y paralelamente aumentan sus niveles de control y vigilancia.

Los **contaminantes que genera la actividad agropecuaria** son principalmente metano y amoníaco procedentes de los residuos orgánicos del ganado, empleados habitualmente como abonos. También otros productos empleados en agricultura han resultado ser peligrosos, como los plaguicidas, los cuales se acordó mediante el Protocolo de Montreal eliminar su uso.

### Emisión de contaminantes por litro de combustible

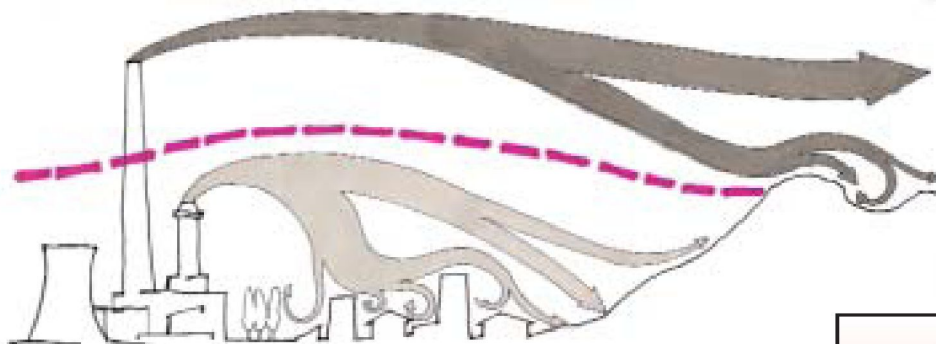
Contaminante	Vehículo con motor de gasolina (gramos)	Vehículo con motor diésel (gramos)
CO	360	7
NO <sub>x</sub>	15	20
Hidrocarburos	30	40
Partículas	1	14



Principales industrias potencialmente contaminantes en Castilla y León.

## Condiciones que incrementan o disminuyen la contaminación local

A la concentración de un contaminante en la atmósfera, se denomina **inmisión**, y depende de la cantidad vertida que se denomina **emisión**, de las reacciones que sufre, de la meteorología, de la topografía. Es por lo que al iniciar cualquier actividad potencialmente contaminante de la atmósfera, el estudio del impacto ambiental que debe realizarse debe reflejar las condiciones meteorológicas y topográficas del emplazamiento elegido.



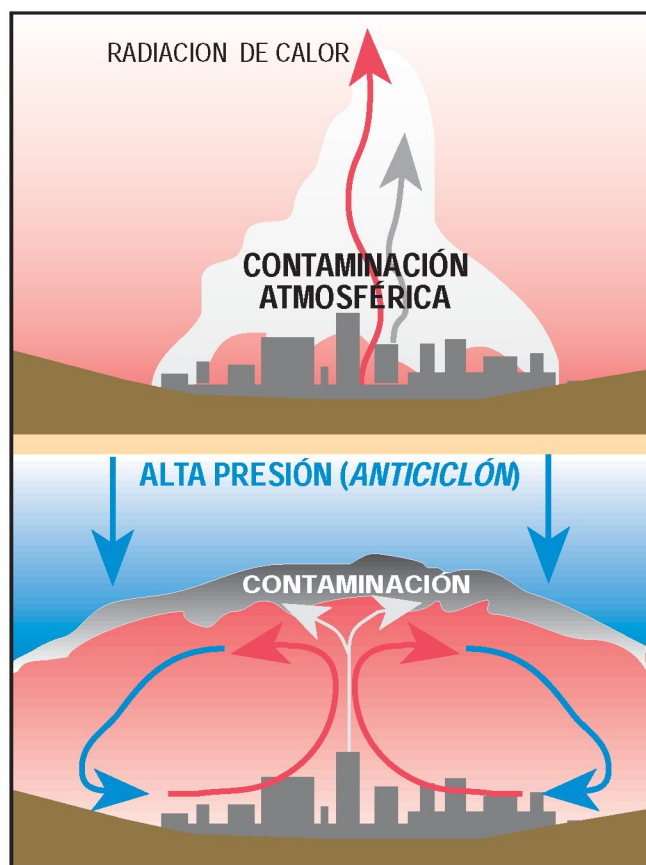
Un parámetro meteorológico determinante en contaminación atmosférica es el **viento**, encargado de dispersar horizontalmente los contaminantes. En general cuanto mayor sea la velocidad de éste más se dispersarán, lo que reduce la inmisión. La topografía puede producir circulaciones cerradas que provocan la acumulación de contaminantes en un punto, como en los casos de las brisas de valle y montaña y en ciertas construcciones en las ciudades.

Otro factor es la **lluvia** que elimina de la atmósfera una parte de su contaminación, trasladándola al suelo y aguas. Por el contrario los anticiclones, que suelen traer buen tiempo (calma y sol), favorecen la acumulación y producción de contaminantes secundarios como el PAN y el ozono troposférico. Hoy día ya sabemos que este último aparece en períodos esti-

vales, en las horas de máxima radiación y en condiciones anticiclónicas y que puede aparecer ligado a otros contaminantes secundarios más difíciles de detectar pero más peligrosos.

La dispersión vertical de los contaminantes está determinada por la **estabilidad atmosférica**. A mayor estabilidad atmosférica mayor concentración de contaminantes ya que dificulta su dispersión, por el contrario una mayor inestabilidad la favorece.

Un importante fenómeno por los episodios de contaminación que provoca, asociado con la estabilidad, es la **inversión térmica**. En una pequeña parte de la atmósfera, la temperatura del aire aumenta con la altura (lo habitual en la troposfera es lo contrario); este hecho impide que los contaminantes se dispersen verticalmente.



## Efectos de los contaminantes

Sustancias contaminantes	Efectos en los seres vivos	Efectos en la salud de las personas	Origen principal	Contribución a la problemática global
Monóxido de Carbono (CO)	No son significativos en los vegetales.	Disminuye el transporte de O <sub>2</sub> en la sangre. Puede causar la muerte a elevadas concentraciones.	Vehículos.	Efecto invernadero.
Óxidos de Nitrógeno (NO <sub>x</sub> )	Manchas y caída en las hojas de los vegetales. Retraso en su crecimiento.	Afecciones del sistema respiratorio.	Vehículos, algunas industrias e incineradoras.	Destrucción de la capa de ozono. Lluvia ácida.
Óxidos de azufre (SO <sub>x</sub> )	Decoloración de hojas en los vegetales. Parada de crecimiento.	Irritación del sistema respiratorio y tejido conjuntivo (ojos).	Combustión de fueles y carbón.	Lluvia ácida.
Ozono troposférico (O <sub>3</sub> )	Decoloración de hojas en los vegetales. Parada de crecimiento.	Irritación del sistema respiratorio y mucosas.	Contaminantes primarios, alta radiación y calor.	
Partículas	Retraso en el crecimiento de los vegetales.	Irritación del sistema respiratorio y tejido conjuntivo (ojos).	Incineradoras y algunas industrias. Acciones naturales: erupciones volcánicas, viento, incendios forestales.	Efecto invernadero.
Hidrocarburos (CH <sub>x</sub> )	En los vegetales, desprendimiento de alguna de sus partes.	No significativos los de cadena lineal. Los de cadena cíclica, afecciones a mucosas y cancerígenos.	Combustión de carburantes.	Efecto invernadero.

En condiciones normales, durante el día la superficie irradia calor, por lo que la zona más baja tiene mayor temperatura que las superiores (el aire se va enfriando a medida que ascendemos en la troposfera). Este movimiento ascendente ayuda a evacuar la contaminación atmosférica.

Cuando altas presiones crean una barrera de aire frío (pesado) que impide el ascenso del aire caliente (ligero) hablamos de inversión térmica. Sobre grandes ciudades, este techo tiende a acumular las partículas contaminantes creando una cúpula bajo la que se generan corrientes de convección que recirculan polución cada vez más concentrada.

### Efectos de los contaminante y problemas actuales

Los efectos de los contaminantes se manifiestan produciendo daños en los organismos vivos y materiales. Estos efectos pueden estar relacionados de forma individual con cada contaminante, y producir problemas de carácter global. La importancia de los problemas globales que afectan al planeta (destrucción de la capa de ozono, efecto invernadero, lluvia ácida...) no nos debe hacer olvidar que son el resultado sumativo de efectos locales producidos a pequeña escala, es decir, se deben tener presentes los efectos que cada contaminante produce en relación con los seres vivos, la salud de las personas y cómo contribuye a la problemática de dimensión planetaria.

## La lluvia ácida

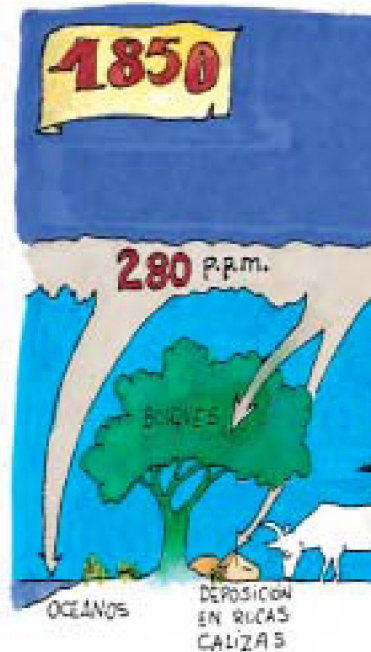
Los óxidos de azufre y de nitrógeno emitidos a la atmósfera sufren diversas reacciones dando lugar a ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) y ácido nítrico ( $\text{HNO}_3$ ); estos ácidos se disuelven en gotas de agua, formando iones de sulfato ( $\text{SO}_4$ ), de nitrato ( $\text{NO}_3$ ) y de hidrógeno (H), que son arrastrados a la superficie terrestre por la lluvia o nieve (**lluvia ácida**) o por la turbulencia del viento (**deposición seca**), provocando una acidificación del medio.

La lluvia ácida produce un aumento de la acidez del agua (ríos, lagos, etc.) provocando que aumente la concentración de iones de aluminio en la misma, siendo este ión muy tóxico para la mayoría de los organismos. Además otros metales pesados como el plomo y zinc se disuelven más fácilmente en medios acidificados, por lo que también aumenta su concentración, llegando al hombre a través de los alimentos ingeridos y a las distintas cadenas tróficas de seres vivos, con la alta toxicidad que presentan.



En Castilla y León no se han detectado, hasta el momento afecciones en las masas boscosas causada por este problema.

El efecto de esta contaminación sobre monumentos de indudable valor histórico y artístico se ha denominado "mal de la piedra", que ha afectado a casi todas las catedrales españolas y a otros monumentos de nuestro patrimonio. Paradigma de este mal es la Acrópolis de Atenas, que ha sufrido más en los últimos 50 años que en los mil años anteriores.



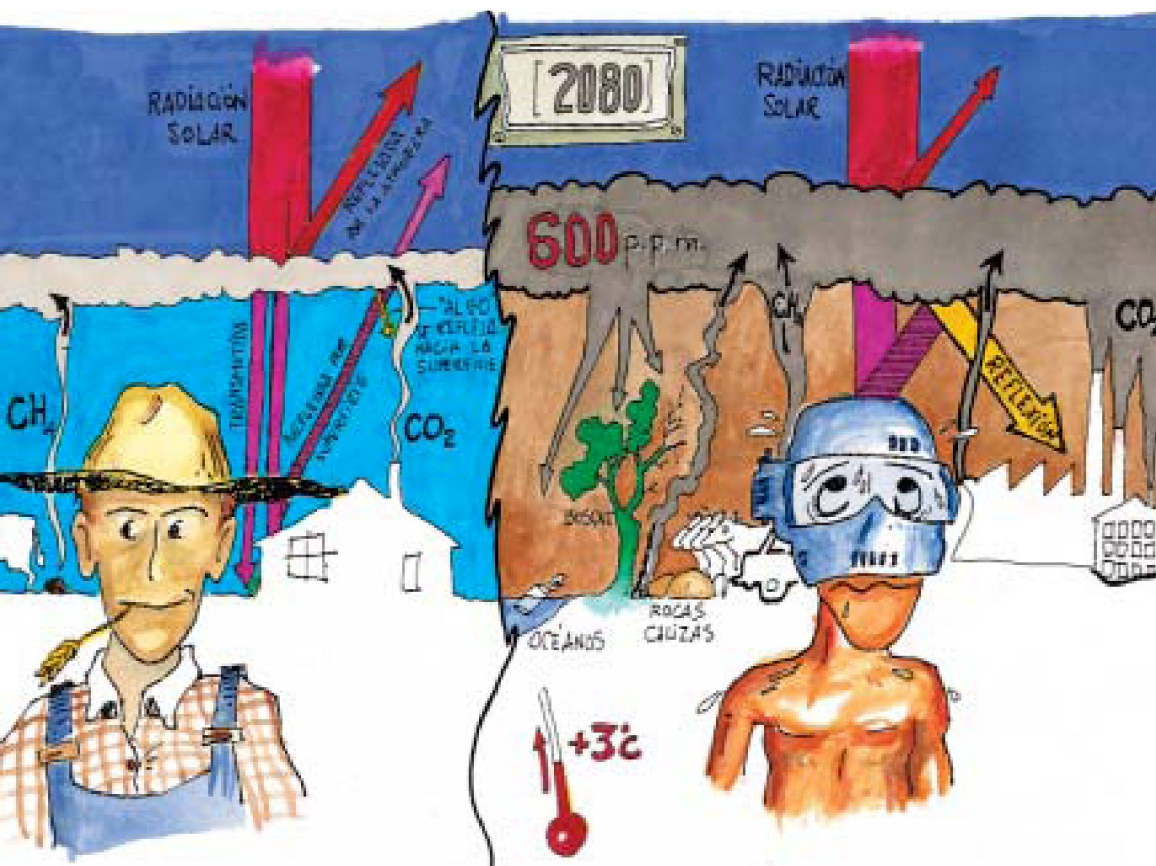
## Efecto invernadero

El vidrio de un invernadero permite el paso de la luz solar pero evita que escape el calor. De manera análoga actúan los llamados *gases invernadero*: el principal, por su gran volumen, es el dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), pero la contribución conjunta de otros gases como el metano ( $\text{CH}_4$ ), los clorofluorocarbonos (CFC), y el ozono troposférico, podría ser similar a la del  $\text{CO}_2$ .

Estos gases son transparentes a la radiación ultravioleta que proviene del sol pero son opacos a la radiación infrarroja que la tierra devuelve. Este hecho ha permitido que la Tierra sea un lugar habitable, pero actualmente la concentración en la atmósfera de dichos gases ha aumentado de forma preocupante.

Entre los científicos dedicados a la atmósfera casi ninguno pone en duda que el aumento de dichos gases produce un clima más cálido. Los sucesivos efectos de éste calentamiento serían: deshielo de los glaciares, aumento del nivel del mar e inundación de las actuales costas,





*Si no disminuye el ritmo actual de inmisión global de CO<sub>2</sub> y CH<sub>4</sub>, superiores al volumen de estos gases que pueden asimilar los océanos, los bosques y los depósitos de caliza, se provocará un aumento del efecto invernadero con el consiguiente aumento medio de las temperaturas en el planeta en las próximas décadas.*

salinización de parte de la reserva de aguas subterráneas, probable aumento de la desertización y bruscos cambios meteorológicos que acelerarían la erosión del planeta.

Aún sin conocer con precisión el problema la prevención debe imperar: debe reducirse la emisión del CO<sub>2</sub>, favoreciendo el uso de las energías renovables, debe cesar la deforestación y deben cumplirse los tratados internacionales para la desaparición de los CFCs, que están contribuyendo a destruir la capa estratosférica de ozono.

## Destrucción de la capa de ozono

Otro problema atmosférico mundial es la destrucción de la capa de ozono estratosférico (no el troposférico o de baja atmósfera que se está incrementando por la acción del hombre!), encargada ésta de atenuar casi en un 90% la radiación

ultravioleta solar. El espesor de la capa de ozono varía cíclicamente (diariamente y con las estaciones) ya que el ozono estratosférico sufre una serie de reacciones que continuamente producen y destruyen el mismo. Pero una vez más la actividad del hombre ha provocado la alteración del ciclo del ozono, lo que ha derivado en una disminución continua y alarmante de la capa de ozono. Las sustancias que se creen son responsable de esta destrucción son los clorofluorocarbonos (CFC), sustancias cuya larga vida hace que lleguen a la estratosfera. Se han utilizado en los sistemas de refrigeración (50%), en los propelentes de aerosoles (20%) y en menor medida en la fabricación de plásticos, utilizados en la empaquetación de alimentos, en vasos y platos de plástico. En 1994 la NASA responsabiliza también a los aviones comerciales que vuelan por encima de los 9.000 m. señalando que un 60% de los óxidos de nitrógeno que estos emiten llegan a la estratosfera e intervienen en el ciclo del ozono, disminuyéndolo.

# Medidas contra la contaminación

La contaminación atmosférica, como cualquier problema ambiental, debe solucionarse a través de la participación de los diferentes agentes implicados. Por una parte las instituciones deben ejercer una labor de control, seguimiento y aplicación de la legislación; la industria debe corregir y utilizar la mejor tecnología disponible desde el punto de vista ambiental; y los ciudadanos con sus actitudes y comportamientos pueden modificar sustancialmente el problema.

## ¿Qué podemos hacer nosotros?

Estas pueden ser algunas ideas para reducir la contaminación atmosférica que se pueden poner en práctica desde la vida cotidiana:

- **Minimiza el uso del coche**, al menos en la ciudad y atrévete con los transportes colectivos: Si no te queda más remedio que utilizarlo procura que el motor esté bien regulado (se ahorra hasta un 9% en consumo), los neumáticos correctamente hinchados (habrá menos rozamiento) y los filtros del combustible limpios. Si no tienes catalizador en tu coche, recuerda que poner en marcha el coche consume y contamina menos que dejarle al ralentí.



- En cuanto a la **calefacción** en los domicilios, debe controlarse su encendido evitándolo cuando no sea necesaria. Hay que comprobar que funciona eficazmente, las calderas de gas deben revisarse cada dos años y las de petróleo anualmente.

- Si vas a instalar un nuevo sistema de calefacción, procura utilizar los combustibles menos contaminantes. Ten en cuenta que la calefacción que no funciona eficazmente malgasta del 30 al 50% de la energía que consume. Se calcula que alrededor del 12% de las emisiones de dióxido de azufre y óxidos de nitrógeno, precursores de la lluvia ácida proceden de la calefacción doméstica.



- Cuanto más próximo esté el lugar de origen de cualquier producto que consumas menor será la energía utilizada en el transporte, de modo que indirectamente, el producto es menos contaminante. Recuerda siempre que cuanto menos energía se utilice menos se contamina.

- El transporte público mediante autobuses a gas, pila de combustible o biocombustibles consume menos, además puedes usar la bicicleta o ir andando.

- Descongela el frigorífico periódicamente: Una capa de 5 mm de hielo aumenta el consumo en un 30%.

- Consume productos que no hayan sido producidos con procesos contaminantes.



Central térmica de La Robla.

tres escalas:

- **Contaminación de fondo planetaria.**

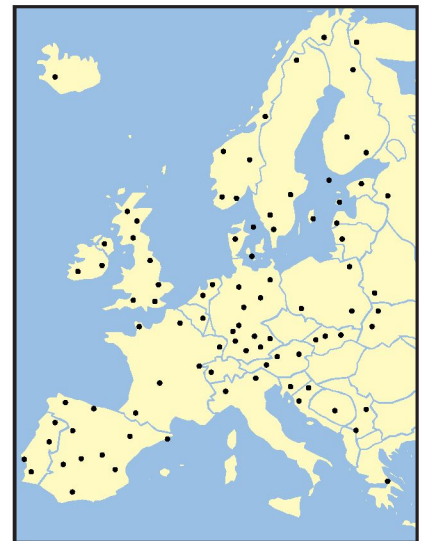
El objetivo es medir los distintos compuestos del aire en zonas supuestamente limpias, de modo que sirvan de referencia. Estas estaciones de medida se integran en la red internacional BAPMON (*Red de vigilancia de la contaminación atmosférica de fondo*). Su contribución es vital para distintos proyectos internacionales, encontrándose entre ellos los que estudian el cambio climático y la destrucción de la capa de ozono.

- **Contaminación a escala regional.** Las estaciones que miden esta contaminación forman parte de la red BAPMON y de la EMEP (*European Monitoring Evaluation Program*), esta última actúa sólo en Europa.

- **Contaminación a escala local.**

Las estaciones están situadas en el casco urbano y en los alrededores de las grandes industrias. Del control de la red urbana se encargan los Ayuntamientos, mientras que en las industrias y centrales térmicas hay un responsable que hace el seguimiento de las correspondientes estaciones, y envía los datos a la Junta de Castilla y León.

Red EMEP.



## ¿Qué debe hacer la industria?

El sector industrial está asumiendo progresivamente su responsabilidad en la lucha contra la contaminación atmosférica:

- Sustituyendo tecnología y procesos contaminantes, por otros menos contaminantes de acuerdo con la tecnología disponible.
- Aumentando la vigilancia y control de sus procesos productivos en cuanto a efectos contaminantes.
- Ofreciendo información de sus procesos y cargas contaminantes a la administración y a los ciudadanos.
- Desarrollándose para ofrecer al mercado productos que a lo largo de su vida útil contamine lo menos posible.

## ¿Qué debe hacer la administración?

La administración realiza el seguimiento, control y hace cumplir la legislación vigente. La calidad del aire se controla a



Red BAPMON.



Red de Vigilancia y Control de la Contaminación Atmosférica en Castilla y León.

La información de las estaciones se puede consultar en:

Red de la Junta de Castilla y León:

<http://www.jcyl.es/atmosfera>

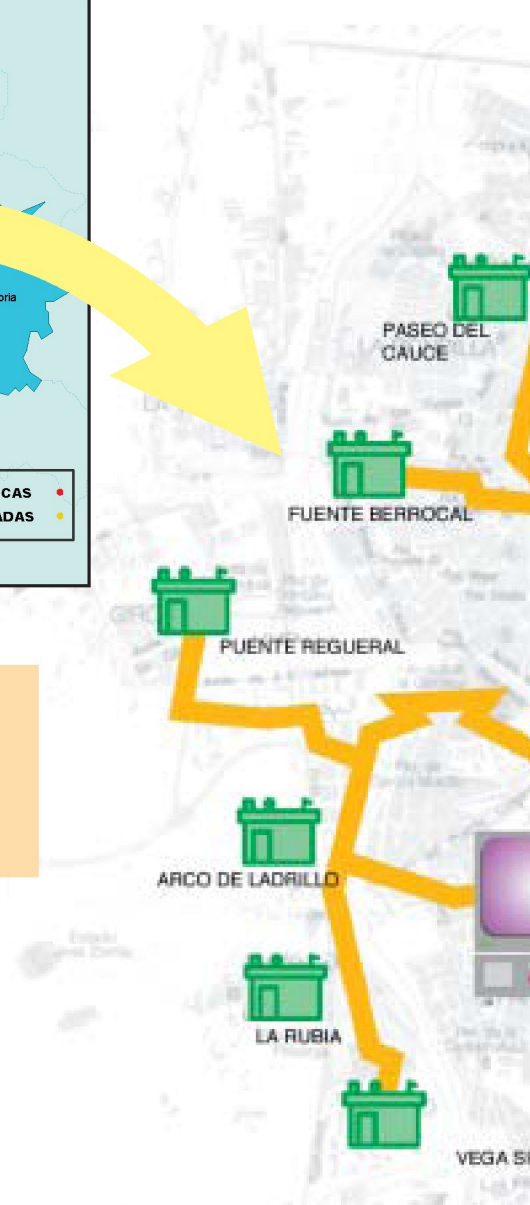
Red del Ayuntamiento de Valladolid:

<http://www.ava.es>

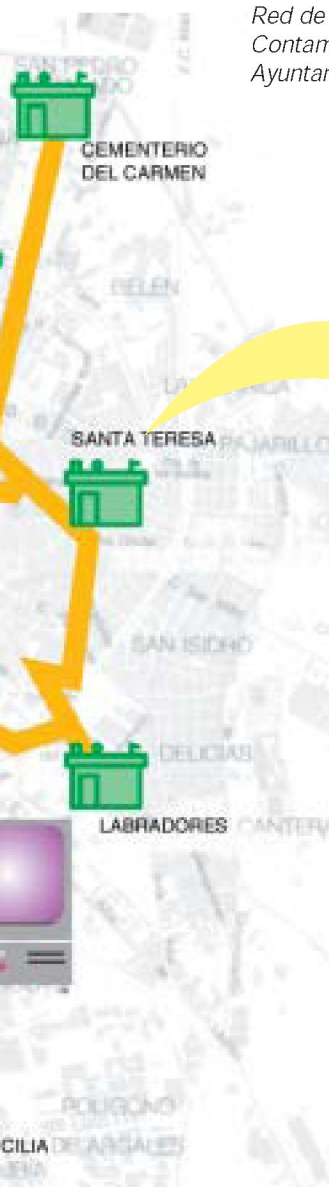
La Junta de Castilla y León aprobó en el año 2002 la Estrategia de Control de la Calidad del Aire, con el objetivo fundamental de la protección del medio ambiente y la salud humana, manteniendo y mejorando la calidad del aire. Con este propósito se han marcado las siguientes líneas de actuación:

- Mejora del conocimiento en relación a la contaminación del aire ambiente y diseño de acciones preparatorias en todo el ámbito de nuestra Comunidad.
- Desarrollo de nuevas herramientas y tecnologías.
- Control de las medidas que se implantan y cumplimiento de la normativa mediante la Red de Control y las inspecciones medioambientales.
- Difusión de la información mediante su acceso de forma inmediata y fiable y el desarrollo de actuaciones formativas.

La calidad del aire que respiramos, la inmisión, se puede conocer actualmente en Castilla y León, en tiempo real, gracias a la amplia red de equipos automáticos que analizan los valores de las distintas sustancias presentes en el aire y envían la información a los centros de control. Esta Red actualmente está formada por 66 estaciones de medición fijas y una estación móvil, distribuidas en las ciudades y zonas con problemas de contaminación atmosférica. Algunas de las estaciones dependen de administraciones públicas y

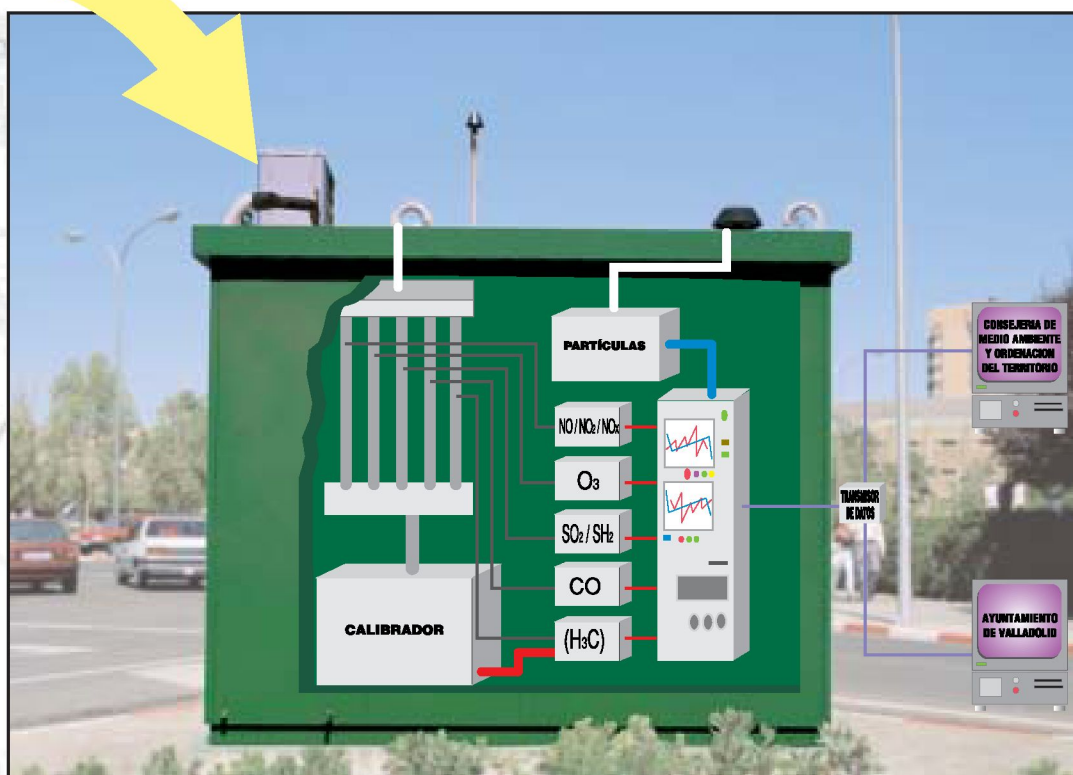


Red de Vigilancia y Control de la Contaminación Atmosférica del Ayuntamiento de Valladolid.



Qué contaminantes se miden en las estaciones:

- Concentración de  $SO_2$
- Concentración de  $NO$
- Concentración de  $NO_2$
- Concentración de Ozono
- Partículas en suspensión (PM10)
- Concentración de  $CO$



otras están integradas dentro de las redes de control de grandes instalaciones industriales. El control de las redes locales, como la de Valladolid, le corresponde a los Ayuntamientos, así como las medidas a adoptar en cada momento, y a la Junta de Castilla y León le corresponde la supervisión y seguimiento de los datos de toda la Red de Vigilancia y Control de la Contaminación del Aire, ofreciendo al ciudadano información sobre la calidad del aire en nuestra Comunidad en la página web oficial.

En lo que respecta a la emisiones, la Junta de Castilla y León a través del Laboratorio Regional de Medio Ambiente (LAREMA), realiza inspecciones periódicas a las instalaciones industriales donde se comprueban los niveles de emisión de contaminantes a la atmósfera. Para ello el laboratorio cuenta con los equipos necesarios, destacando una Unidad Móvil de Emisiones, que permite registrar en continuo los niveles de contaminantes que salen por una chimenea durante largos periodos de tiempo (horas y días).

## Legislación básica Unión Europea

- Directiva 96/62/CE, de 27 de septiembre, sobre evaluación y gestión de la calidad del aire ambiente. (DOCE L 296, 21.11.96)
- Directiva 2002/91/CE, del Parlamento y del Consejo, de 16 de diciembre, relativa a la eficiencia energética de los edificios. (DOCE L 1, 4.01.03).
- Reglamento (CE) nº 2037/2000 del Parlamento Europeo y del Consejo de 29 de junio sobre las sustancias que agotan la capa de ozono. (DOCE L 244, 29.9.00).
- Directiva 2001/80/CE, del Parlamento y del Consejo, de 23 de octubre, sobre limitaciones de emisiones a la atmósfera de determinados agentes contaminantes procedentes de grandes instalaciones de combustión. (DOCE L 309, 27.11.01).
- Directiva 2001/81/CE, del Parlamento y del Consejo, de 23 de octubre, sobre techos nacionales de emisiones de determinados contaminantes atmosféricos. (DOCE L 309, 27.11.01).
- Directiva 2002/3/CE, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 12 de febrero, relativa al ozono en el aire ambiente. (DOCE L 67, 9.3.02).
- Directiva 2003/87/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 13 de octubre de 2003, por la que se establece un régimen para el comercio de derechos de emisión de gases de efecto invernadero en la Comunidad y por la que se modifica la Directiva 96/61/CE del Consejo. (DOCE L 275, 25.10.03).

## Legislación básica Estado español

- Ley 38/1972, de 22 de diciembre de Protección del Ambiente Atmosférico. (BOE 26.12.72).
- Decreto 833/1975, de 6 de febrero que desarrolla la Ley 38/1972 de Protección del Ambiente Atmosférico. (BOE 22.4.75).

- Orden de 18 de octubre de 1976 del Ministerio de Industria sobre Prevención y Corrección de la contaminación atmosférica de origen industrial de la atmósfera. (BOE 03.12.76).
- Ley 16/2002, de 1 de julio, de prevención y control integrados de la contaminación. (BOE 02.07.02).
- Real Decreto 117/2003, de 31 de enero, sobre limitación de emisiones de compuestos orgánicos volátiles debidas al uso de disolventes en determinadas actividades. (BOE 07.02.03) (BOE 02.04.03).
- Real Decreto 653/2003, de 30 de mayo, sobre incineración de residuos. (BOE 14.06.03). Corrección de errores (19.09.03).
- Real Decreto 1073/2002, de 18 de octubre, sobre evaluación y gestión de la calidad del aire ambiente en relación con el dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno, óxidos de nitrógeno, partículas, plomo, benceno y monóxido de carbono. (BOE 30.10.02).
- Resolución de 17 de septiembre de 2003, de la Secretaría General de Medio Ambiente, por la que se dispone la publicación del Acuerdo de 25 de julio de 2003, del consejo de Ministros, por el que se aprueba el Programa nacional de reducción progresiva de emisiones nacionales de dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), compuestos orgánicos volátiles (COV) y amoníaco (NH<sub>3</sub>). (BOE 23.09.03)
- Real Decreto 1796/2003, de 26 de diciembre, relativo al ozono en el aire ambiente. (BOE 13.01.04)

## Legislación básica de la Comunidad de Castilla y León

- Acuerdo de 22 de agosto, de la Junta de Castilla y León, por el que se aprueba la Estrategia de Control de la Calidad del Aire de Castilla y León 2001-2010. (BOCyL 28.08.02).
- Ley 11/2003, de 8 de abril, de Prevención Ambiental de Castilla y León. (BOCyL 14.04.03).

## Tratados internacionales ratificados por España

- Ajustes del **Protocolo de Montreal relativo a las sustancias que agotan la capa de ozono**, hecho en Montreal el 16 de septiembre de 1987 (BOE 17.03.89), adoptados en la séptima reunión de las Partes del Protocolo de Montreal, celebrada en Viena el 7 de diciembre de 1995. (BOE 15.11.96).
- Instrumento de Ratificación del **Protocolo del Convenio sobre contaminación atmosférica transfronteriza a larga distancia de 1979** relativo a la lucha contra las emisiones de compuestos orgánicos volátiles, o sus flujos transfronterizos, hecho en Ginebra el 18 de noviembre de 1991. (BOE 19.09.97).
- Instrumento de Ratificación del **Protocolo del Convenio sobre contaminación atmosférica transfronteriza a larga distancia de 1979** relativo reducciones adicionales de las emisiones de azufre, hecho en Oslo el 14 de junio de 1994. (BOE 24.6.98).
- Ajustes del **Protocolo de Montreal relativo a las sustancias que agotan la capa de ozono**, hecho en Montreal el 16 de septiembre de 1987 (BOE 17.3.89), adoptados en la novena reunión de las Partes del Protocolo de Montreal, celebrada en Montreal el 17 de septiembre de 1997 (BOE 18.11.98).
- Instrumento de Aceptación de España de la **Enmienda del Protocolo de Montreal** de 16 de septiembre de 1987 (BOE 17.03.89), aprobado por la novena reunión de las partes de 17 de septiembre de 1997.(BOE 28.10.99).
- Ajustes del **Protocolo de Montreal relativo a las sustancias que agotan la capa de ozono**, hecho en Montreal el 16 de septiembre de 1987 (BOE 17.03.89), adoptados en la undécima reunión de las Partes del Protocolo de Montreal celebrada en Beijing (China) el 3 de diciembre de 1999 (BOE 18.01.01). Corrección de erratas (BOE 14.03.01).
- Decisión del Consejo, de 25 de abril de 2002, relativa a la aprobación, en nombre de la Comunidad Europea, del **Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático** y al cumplimiento conjunto de los compromisos contraídos con arreglo al mismo (DOCE L 130 15.05.02).

